

**CONDICIONANTES PARA AUMENTO DE
EFICIÊNCIA DE IRRIGAÇÃO
NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA ALTO TIETÊ - CABECEIRAS**

Márcia Maria do Nascimento

Dissertação apresentada à Faculdade de Saúde
Pública da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Saúde Ambiental

São Paulo

2005

**CONDICIONANTES PARA AUMENTO DE
EFICIÊNCIA DE IRRIGAÇÃO
NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA ALTO TIETÊ - CABECEIRAS**

Márcia Maria do Nascimento

Dissertação apresentada à Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Saúde Ambiental

Orientador: Prf. Associado Dr. Sérgio Eiger

São Paulo

2005

À minha mãe Odete
e aos meus filhos Murilo e Gabriela.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me dar a benção de desfrutar a vida e esta grande oportunidade.

À minha mãe Odete, pelo carinho, dedicação e ensinamentos de sabedoria.

Ao meu pai Ayrson, por investir em minha formação.

Aos meus filhos, pela paciência e colaboração.

À minha irmã Mara, pela força e ajuda.

Ao Fernando pelo incentivo e compreensão.

À Joana pela disposição e o cafezinho para animar.

Ao “sempre diretor” e amigo Horácio pelas dicas.

Ao meu orientador, Prf. Dr. Sérgio Eiger pela objetividade, paciência e orientação.

Ao Prf. Dr. José Antonio Frizzone pela disponibilidade, atenção e, principalmente, pelas preciosas informações.

Aos professores Wanderlei Paganini, Nelson Nucci e Dirceu D’Alckim Telles pelas oportunas contribuições e sugestões.

Ao colega José Luiz Albuquerque do IPT pela colaboração e importante indicação, a qual foi imprescindível para a realização do trabalho.

Aos agricultores da região pelo repasse das suas experiências e valiosas informações, em especial, Jorge Kanomata e Mário Okuyama.

Ao Júlio da CATI - Biritiba Mirim pelas informações e auxílio de campo.

Aos colegas de trabalho da Secretaria de Estado do Meio Ambiente pela ajuda e informações, especialmente, Lina, Benemar, Issao e Martinus.

RESUMO

O objetivo principal deste projeto de pesquisa é a avaliação preliminar da redução do consumo estimativo de água na atividade agrícola com aumento de eficiência no uso da água para irrigação, através da melhoria ou adoção de sistemas de irrigação mais eficientes em relação ao consumo hídrico, dentro da sub-bacia hidrográfica do Alto Tietê - Cabeceiras situada na Região Metropolitana de São Paulo – RMSP.

Tendo em vista a importância da manutenção da horticultura, cultivo predominante na região, próxima ao centro consumidor e a ocorrência de elevados consumos de água na agricultura, devido às perdas físicas pelo uso de técnicas e manejo inadequados dos sistemas de irrigação, a pesquisa considera que na hipótese de implantação de técnicas de irrigação mais eficientes, a redução no consumo de água alcançada poderia ser transferida para abastecimento de outras categorias de consumo hídrico na maior região metropolitana do país.

A justificativa mais relevante para escolha do tema é a necessidade de redução de perdas nas categorias de consumo de água para usos urbanos e uso rural, evitando-se desperdício de água na metrópole, onde a demanda hídrica ultrapassa sua disponibilidade natural de produção, devido à sua localização geográfica e dimensão populacional.

Os resultados obtidos neste trabalho sugerem que caso sejam utilizados métodos de irrigação mais eficientes nesta bacia, o valor estimado de vazão a ser reduzido no consumo agrícola de água e o correspondente número de habitantes equivalentes a serem beneficiados pelo remanejamento hídrico, podem ser altamente significativos.

SUMMARY

The main purpose of this research is to perform a preliminary assessment of the estimated agricultural water consumption reduction by increasing the irrigation efficiency through the improvement or adoption of more efficient irrigation systems, considering the case of the Alto Tietê – Cabeceiras watershed, located in the Sao Paulo Metropolitan Region.

Knowing the importance of keeping this produce fields close to the consumption region and considering the corresponding agricultural high water consumption, including the water losses due to the inadequate techniques and management of the irrigation systems, this research considers the adoption of more efficient irrigation systems such that the water saved by them could be used to supply other demands in this region.

The most important reason which led to approach this subject is the need to reduce urban and rural water losses by reducing the waste of water in the metropolitan region, where the water demand is greater than the natural water availability due to its geographic location and the large population demand.

The results here obtained suggest that the use of more efficient irrigation methods in this watershed, which can reduce the water demand for irrigation, it is alternatively able to supply a significant population number.

SUMÁRIO

Lista de figuras.....	i
Lista de tabelas.	ii
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. OBJETIVOS.....	04
2.1. Objetivo geral.....	04
2.2. Objetivo específico.....	04
3. MÉTODO.....	06
3.1. Objeto do estudo.....	06
3.2. Área objeto de estudo.....	06
3.3. Desenvolvimento da pesquisa	06
3.4. Metodologia de cálculos.....	08
3.5. Conclusões e Recomendações.....	09
4. DESENVOLVIMENTO DO TEMA.....	10
CAPÍTULO I – A função da irrigação.....	10
CAPÍTULO II – Caracterização dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Alto Tietê.....	21
CAPÍTULO III – A situação da agricultura na bacia hidrográfica do Alto Tietê.....	37
CAPÍTULO IV – Área de abrangência da pesquisa.....	44
CAPÍTULO V – Caracterização geral da sub-bacia hidrográfica Cabeceiras.....	58
5.1. Aspectos geológicos, geomorfológicos, de solo e de relevo.....	58

5.2. Clima.....	62
5.3. Uso e ocupação do solo.....	63
CAPÍTULO VI – Manejo da água na agricultura.....	76
6.1. Aspectos geológicos, geomorfológicos, de solo e de relevo.....	76
6.2. Métodos e sistemas de irrigação:vantagens e limitações.....	83
6.2.1. Irrigação por aspersão.....	86
6.2.1.1. Aspersão convencional de média e baixa vazão.....	86
6.2.1.2. Irrigação por mangueira.....	96
6.2.2. Irrigação localizada: microaspersão e gotejamento.....	97
CAPÍTULO VII – Cálculo estimativo do aumento de eficiência na irrigação por método de irrigação.....	106
7.1. Por aspersão convencional média vazão.....	115
7.2. Por aspersão convencional baixa vazão.....	117
7.3. Microaspersão.....	118
7.4. Gotejamento.....	120
7.5. Mangueira.....	123
7.6. Simulações entre os sistemas.....	127
7.7. Resultados por número de habitante equivalente.....	131
5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	136
5.1. Conclusões.....	136
5.2. Recomendações.....	140
REFERÊNCIAS.....	143

ANEXO I

Relatório fotográfico

LISTA DE FIGURAS

Figura 01- Área de abrangência da pesquisa.....	23
Figura 02 - Sistemas produtores de água da RMSP.....	27
Figura 03 - Sistema produtor e área de influência na RMSP.....	29
Figura 04 - Mapa esquemático das captações existentes na BAT.....	33
Figura 05 - Área de abrangência da sub-bacia hidrográfica Cabeceiras.....	45
Figura 06 - Mapa de localização do Sistema Produtor do Alto Tietê.....	46
Figura 07 - Microbacias hidrográficas projeto de pesquisa.....	55
Figura 08 - Área 1 do Sr. Kogi Roberto Fuziama.....	56
Figura 09 - Área 2 do Sr. Gilberto dos Santos Lima.....	57
Figura 10 - Formações geológicas presentes nas microbacias do estudo.....	59
Figura 11 - Foto área industrial e mineração	66
Figura 12 - Foto Fazenda Irohy em Biritiba Mirim.....	69
Figura 13 – Área da Mineração Horii Ltda e Reservatório Taiaçupeba.....	70
Figura 14 - Diagnóstico da atividade minerária na região.....	71
Figura 15 - Foto área de mineração desativada.....	72
Figura 16 - Vista geral das áreas cultivadas e de antigas minerações.....	73
Figura 17 - Vista geral da empresa de Mineração Horii Ltda.....	74
Figura 18 - Ciclo hidrológico.....	77
Figura 19- Área do Sr. Gilberto Lima do Santos, em Biritiba Mirim.....	95
Figura 20 - Dia 18.08.05 na área do Sr. Gilberto Lima	95
Figura 21 - Área com uso de irrigação por mangueirões.....	96
Figura 22 - Irrigação localizada em cultivo de alface.....	102
Figura 23 - Irrigação localizada por gotejamento em ambiente protegido.....	102

Figura 24 - Cultivo protegido em túnel alto com cobertura de plástico.....	104
Figura 25 - Mapa Agrometeorológico.....	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Consumo mundial de água por uso consuntivo.....	13
Tabela 02 - Quantidade de água por alimento.....	15
Tabela 03 - Consumo de grãos por habitante e seu equivalente em água.....	17
Tabela 04 - Consumo de água usos domésticos e produção de alimentos.....	19
Tabela 05 - Subdivisão do Comitê de Bacia do Alto Tietê - UGRHI nº 06.....	22
Tabela 06 - Índice de Comprometimento dos Recursos Hídricos.....	25
Tabela 07 - Capacidade de produção dos sistemas – 2004.....	30
Tabela 08 - Principais características demográficas da Bacia do Alto Tietê.....	38
Tabela 09 - Valores de área irrigada por Bacia Hidrográfica do Estado de SP.....	38
Tabela 10 - Área irrigada e consumo de água na Bacia do Alto Tietê.....	41
Tabela 11 - Estimativa de usuários da irrigação na Bacia do Alto Tietê.....	42
Tabela 12 - Áreas uso do solo de hortifrutigranjeiros na sub-bacia Cabeceiras.....	48
Tabela 13 - Perfil da área física irrigada na sub-bacia Cabeceiras.....	49
Tabelas nº 14 e 15 - População por município.....	50
Tabela 16 - Densidade rural por município.....	51
Tabela 17 - Área de cultivo com alface nos municípios da pesquisa.....	52
Tabela 18 - Sistema de irrigação utilizado em cada município.....	52
Tabela 19 - Tipo de relevo nas áreas de cultivo pelo número de irrigantes.....	61
Tabela 20 - Dados demográficos SEADE 2005.....	64
Tabela 21 - Situação fundiária das áreas cultivadas por município.....	68
Tabela 22 - Área física irrigada por tamanho de gleba.....	69
Tabela 23 - Sistemas de irrigação utilizados por município.....	84
Tabela 24 - Tipo de sistema de irrigação em cada município.....	107

Tabela 25 - Tipo de sistema de irrigação por tamanho de área irrigada	108
Tabela 26 - Área total irrigada e colhida por grupo de cultura.....	109
Tabela 27 - Tipo de sistema de irrigação aplicado na área de cultivo.....	110
Tabela 28 - Valores de áreas irrigadas agrupadas por tipo de sistema.....	111
Tabela 29 - Evolução da evapotranspiração potencial de referência.....	114
Tabela 30 - Lâmina bruta de água por tipo de sistema de irrigação.....	125
Tabela 31 - Valores isolados para sistemas de irrigação por mangueiras.....	126
Tabela 32 - Valor estimativo de consumo de água por área e tipo de irrigação....	127
Tabela 33 - Arranjos entre os sistemas de irrigação e limites de redução.....	128
Tabela 34 - Consumo estimativo de água em irrigação por mangueira.....	129
Tabela 35 - Limites estimativo máximo e mínimo com uso de mangueira.....	129
Tabela 36 - Consumo de água na área total por aspersão de média vazão.....	130
Tabela 37 - Limites estimativos máximo e mínimo de redução em aspersão	131
Tabela 38 - Limite por número de habitantes equivalentes SCBH-Cabeceiras.....	133
Tabela 39 - Limite por número de habitantes equivalentes da BAT.....	134

1. INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A escassez de água para atendimento da demanda para abastecimento público da Região Metropolitana de São Paulo - RMSP tem sido motivo de preocupação e empenho, por parte de administradores públicos e da sociedade civil, na busca de mecanismos e instrumentos de gestão que assegurem o manejo adequado dos recursos hídricos face aos seus usos múltiplos em locais de intensa ocupação, como a encontrada em grandes metrópoles (FUSP, 2002).

As poucas alternativas existentes de ampliação da produção e de pontos de captação de água para abastecimento da população desta região, na maioria das vezes, não se viabilizam devido aos elevados custos de investimentos, das dificuldades de ordem institucional ou operacional para execução das propostas. Dentre elas, podemos citar a necessidade de ações com o objetivo de redução de perdas de água, em grande parte, provenientes de vazamentos na rede de distribuição de água da SABESP para abastecimento público da RMSP (SABESP, 2002).

Como forma de solucionar ou minimizar perdas desta natureza são necessárias intervenções na rede de distribuição de água para identificação dos pontos de vazamento e, posterior troca ou substituição de dutos implantados em áreas de intensa ocupação urbana, como é o caso da RMSP. Uma solução viável a médio e longo prazo, porém de elevada complexidade operacional para sua execução, além dos altos custos financeiros e sócio-econômicos envolvidos na efetiva realização deste tipo de obra.

O presente trabalho pretende acrescentar a este universo de análises da situação dos recursos hídricos em áreas densamente urbanizadas uma visão voltada particularmente às características da atividade agrícola, desenvolvida na sub-bacia hidrográfica Cabeceiras pertencente a RMSP e conhecida historicamente como Cinturão Verde de São Paulo, tendo como princípio a necessidade de manutenção da atividade próxima ao centro consumidor e, desde que, com a adoção de práticas de conservação dos recursos naturais.

O manejo adequado da água para irrigação na agricultura, como recurso natural prioritário para sua própria manutenção independente das características do local em termos de recursos hídricos, assume maior importância dentro do contexto de baixa disponibilidade hídrica da RMSP (TELLES, 1999).

Mundialmente, os valores mais elevados de consumo de água são atribuídos à atividade agrícola (MENDES THAME, 2004). Por outro lado, é preciso reconhecer que uma parte desta demanda hídrica está associada à necessidade inquestionável de produção de alimentos para a população, porém outra parcela significativa está relacionada às perdas de água devido ao uso de sistemas de irrigação com baixa eficiência de aplicação e manejo inadequado à conservação deste recurso natural (CHRISTOFIDIS, 2004).

Em nível mundial, há vasto conhecimento do uso de métodos e tecnologias avançadas de irrigação e mais econômicos no uso da água em função do cultivo, os quais proporcionam redução hídrica significativa, mas com baixo nível de adesão pelos agricultores, principalmente, devido aos custos financeiros de implantação destas técnicas, exceto em produtos agrícolas de alto valor de comercialização no mercado consumidor (MENDES THAME, 2004).

No contexto da RMSP, a escassez hídrica e a crescente demanda para abastecimento público coloca a questão de redução de perdas de água nos diversos usos urbanos e no uso rural como uma alternativa importante de otimização dos recursos hídricos disponíveis.

Desta forma, o gerenciamento integrado dos recursos hídricos deve considerar a avaliação custo/benefício da implantação das alternativas de redução de perdas no consumo de água obtidas em função de intervenções em áreas urbanas e, também em áreas rurais, não deixando de considerar a importância social da atividade agrícola como atividade econômica e de geração de empregos, para definição de qual medida é mais apropriada para atingir a meta de redução de perdas

e aumento de disponibilidade hídrica para fins de abastecimento público, no âmbito da RMSP.

Devido à proximidade, a região se mantém como importante produtora de hortifrutigranjeiros para a metrópole de São Paulo. A pesquisa pretende abordar a importância da manutenção da atividade agrícola para produção de alimentos e suas necessidades hídricas intrínsecas, bem como contextualizar a agricultura desenvolvida sub-bacia hidrográfica Cabeceiras, abordando os aspectos físicos, sócio-econômicos e de uso do solo da região, contemplando parte dos conflitos que interferem no desenvolvimento e na continuidade da atividade e, principalmente, a discussão dos métodos de irrigação utilizados com vistas ao aumento de eficiência no consumo da água para irrigação dos cultivos praticados na região.

No intuito de subsidiar a tomada de decisão, em uma avaliação preliminar serão apresentados os índices máximo e mínimo a serem alcançados através de medidas de redução no consumo estimativo de água na irrigação, caso sejam implantadas melhorias nos sistemas de irrigação na atividade agrícola desenvolvida na RMSP e, conseqüentemente, a população equivalente a ser atendida como resultado da economia obtida em termos de consumo hídrico.

2. OBJETIVOS

2.OBJETIVOS

2.1.Objetivo Geral

O objetivo geral deste projeto de pesquisa é aprimorar o conhecimento da problemática do uso da água para irrigação, avaliando as condicionantes para aumento de eficiência e manejo adequado da irrigação e, conseqüentemente, obtenção de redução do consumo de água mediante melhoria ou substituição dos sistemas de irrigação utilizados na sub-bacia hidrográfica Cabeceiras situada na porção leste da Região Metropolitana de São Paulo, abrangendo Arujá, Biritiba-Mirim, Ferraz de Vasconcelos, Guarulhos, Itaquaquecetuba, Mogi das Cruzes, Poá, Salesópolis, Suzano e São Paulo, totalizando 10(dez) municípios da RMSP (FUSP, 2002).

2.2.Objetivo Específico

O objetivo específico deste projeto de pesquisa é quantificar a redução do consumo estimativo de água para irrigação na região da sub-bacia hidrográfica Cabeceiras e, em escala ampliada, para a bacia hidrográfica do Alto Tietê, através da melhoria ou adoção de técnicas de irrigação mais eficientes, reduzindo as perdas de água provenientes de métodos de irrigação de maior consumo hídrico e, muitas vezes, inadequados para o cultivo praticado na região, contribuindo assim para um melhor manejo da água para irrigação e otimização no aproveitamento dos recursos hídricos da RMSP.

Através da avaliação comparativa entre os sistemas de irrigação mais apropriados para o tipo de cultivo predominante na região será possível estimar, utilizando métodos de cálculo aproximativos, o volume de água a ser reduzido caso haja melhoria ou substituição dos sistemas de irrigação utilizados na região por métodos mais eficientes no consumo de água e, por extrapolação, verificar a sua proporcionalidade em termos de número de habitantes equivalentes a serem

atendidos pelo volume de água transferido da irrigação para outros usos urbanos na RMSP, a qual apresenta um crescente déficit hídrico.

Considerando que está em tramitação Projeto de Lei de Cobrança pelo Uso da Água PL n° 676/00, o qual define critérios gerais para a cobrança, nos aspectos de quantidade, de qualidade e estabelece a possibilidade de cobrança para quaisquer outros usos que afetem o regime e as condições do corpo d'água, espera-se que os resultados obtidos possam subsidiar a definição e elaboração de instrumentos de incentivo à manutenção da atividade agrícola, tendo em vista a importância e necessidade da sua permanência, desde que sejam atendidos critérios de manejo do uso da terra e dos recursos hídricos adequados à preservação e melhoria da qualidade ambiental da sub-bacia hidrográfica Cabeceiras.

3. METODOLOGIA

3 - MÉTODO

3.1 Objeto do estudo

O objeto do estudo é constituído por sistemas de irrigação utilizados na atividade agrícola da região da sub-bacia hidrográfica Cabeceiras pertencente à Região Metropolitana de São Paulo e qual o aumento de eficiência no uso da água com a substituição destes sistemas por métodos de irrigação mais indicados como de uso preferencial para o tipo de cultivo desenvolvido no local.

3.2 Área objeto do estudo

A área delimitada para avaliação está inserida na bacia hidrográfica do Alto Tietê, denominada sub-bacia hidrográfica Alto Tietê - Cabeceiras ou somente Cabecerias, com situação de déficit hídrico devido à baixa disponibilidade dos recursos hídricos associada à elevada demanda hídrica em decorrência dos altos índices de crescimento populacional na Bacia do Alto Tietê.

3.3 Desenvolvimento da pesquisa

A princípio, foi realizado um breve histórico do início da agricultura e a sua importância na evolução da civilização. Em decorrência do crescimento populacional, a crescente demanda por alimentos em nível mundial estabelece um novo enfoque para a atividade agrícola, incorporando tecnologias avançadas, tendo por objetivo o aumento da produção de alimentos, ocasionando maior exploração do uso de recursos naturais, e em especial, a água. Neste ponto, foi avaliada a quantidade de água necessária para atendimento às necessidades humanas, incluindo usos urbanos e industriais comparados ao consumo de água para irrigação.

A contextualização da situação dos recursos hídricos na Bacia do Alto Tietê buscou avaliar a disponibilidade dos recursos hídricos frente à demanda de abastecimento público da RMSP, verificando os limites de ampliação dos sistemas

produtores e os elevados índices de perdas de água no sistema de distribuição, bem como as dificuldades encontradas para redução das perdas físicas em áreas densamente ocupadas como a RMSP, apesar dos esforços da empresa de abastecimento público SABESP na redução de perdas (SABESP, 2002).

A revisão bibliográfica foi feita em planos e relatórios de avaliação da situação dos recursos hídricos, em escala estadual e regional, da Bacia do Alto Tietê. Considerando o tema principal da pesquisa, foram utilizados dados secundários constantes do Cadastro de Irrigantes da Bacia do Alto Tietê - HIPLAN 2002, com a adoção de informações gerais e as referentes ao tamanho das áreas irrigadas e cultivadas, tipos de sistemas de irrigação mais utilizados e tipos de culturas desenvolvidas na área de estudo.

Para comprovação de parte das informações obtidas no Cadastro de Irrigantes – 2002 e reconhecimento da atividade agrícola na sub-bacia hidrográfica Cabeceiras, foram estabelecidos critérios para escolha de dois municípios e, em seguida, em escala mais reduzida, duas microbacias destes municípios com características significativas da atividade agrícola praticada na região. Desta forma, foi possível o conhecimento em visitas a campo das técnicas de irrigação mais utilizadas, identificação das áreas cultivadas e os tipos de cultivos.

Tendo conhecimento do universo dos sistemas de irrigação utilizados por tamanho de áreas irrigadas, foram adotados para cálculos os valores de áreas colhidas, isto é, aquelas que são irrigadas e, portanto, onde há efetivamente consumo de água (HIPLAN, 2002).

3.4 - Metodologia de cálculos

Com isto, para conhecimento da eficiência de cada sistema de irrigação utilizado em termos de consumo hídrico, foi feita avaliação da série histórica mensal de 2003 a 2005, para definição da evapotranspiração potencial (ETP_p) existente na região, possibilitando o conhecimento da lâmina de água bruta (u) necessária para determinado cultivo nas condições de clima e de solo da região. A partir da eficiência média de cada sistema de irrigação, foi definido o consumo estimativo de água, em $m^3/ha.dia$, por sistema de irrigação utilizado. Conhecendo o valor de área irrigada (ha) por tipo de sistema de irrigação utilizado, foi calculado o volume de água (m^3/s) utilizado conforme a eficiência de cada sistema de irrigação.

Através de simulações de melhoria ou troca dos sistemas de irrigação identificados na região para métodos mais eficientes, por comparação entre os volumes calculados para os sistemas de irrigação utilizados e para aqueles de uso preferencial, supondo a aplicação sob a área total irrigada e colhida, foi possível verificar a redução de consumo estimativo, através das simulações, com a melhoria ou troca dos sistemas de irrigação, buscando a meta de aumento de eficiência no uso da água para irrigação. Isto possibilitou a definição estimativa de valores máximo, mínimo e intermediário a serem atingidos com os arranjos entre os sistemas de irrigação e redução de consumo estimativo de água, em m^3/s .

Como resultado final, foi feito o cálculo aproximado do número de habitantes equivalentes com capacidade de atendimento público de água devido à redução do consumo de água na irrigação praticada na sub-bacia hidrográfica Cabeceiras.

Desta forma, em uma avaliação numérica preliminar através de método de cálculo aproximado, será feita a análise da possibilidade de redução do consumo de água na atividade agrícola e, posteriormente, o remanejamento hídrico para abastecimento da população da RMSP.

3.5 – Conclusões e recomendações

Foram apontados os principais aspectos resultantes da pesquisa para sua aplicação, avaliação das formas de incorporação dos resultados nas práticas desenvolvidas na agricultura regional, recomendações e sugestões de temas para continuidade e aprimoramento do presente trabalho de pesquisa.

4. DESENVOLVIMENTO DO TEMA

CAPÍTULO I – A FUNÇÃO DA IRRIGAÇÃO.

Primeiramente, para melhor entendimento do uso da água na irrigação, convém definir conceitualmente o significado do termo irrigação.

Segundo SILVA W. e SILVA H. (1996), irrigar é “o processo de suprimento de água para as culturas, por meio artificial, em quantidade adequada e no momento oportuno”.

E complementando, HOUAISS (2001), irrigação é “a rega artificial feita por procedimentos diversos”.

Historicamente, o uso da irrigação é tão antigo quanto o início da civilização, no livro de Gênesis e no Código de Hammurabi foram constatadas citações de que civilizações antigas se desenvolviam através da prática da irrigação (MANTOVANI, 1996).

Nos 9º e 8º milênios a.C., os primórdios do cultivo de cereais nas terras baixas do Oriente originaram o aparecimento dos primeiros vilarejos. A expansão do povoamento e aumento da variedade de produtos para alimentação propiciaram importantes avanços e desenvolvimento de técnicas de irrigação. No 5º milênio, com o surgimento de vilarejos nas encostas próximas aos rios que atravessavam as planícies, foram construídas simples valas transversais desviando o curso da água para os campos próximos. Esta irrigação suplementar em pequena escala era usada de início como garantia contra a seca em regiões já alimentadas pela chuva. Mas, nos 5º e 4º milênios, permitiu a colonização de regiões áridas, antes fora do alcance das comunidades agrícolas. Em conseqüência, inúmeros pequenos povoados surgiram às margens da planície fluvial da Mesopotâmia, e extensos canais de irrigação mantinham comunidades agrícolas prósperas (PARKER, 1995).

Outras referências mais antigas aparecem em obras ligadas à civilização egípcia, há mais de 2.000 anos antes de Cristo, onde há notícias sobre a interligação do Rio Nilo por um canal de 20km com o Lago Maeris realizada pelos Sumérios,

possibilitando o fornecimento de água para as lavouras junto ao rio Nilo por ocasião das épocas de seca. Registros feitos a 500 anos antes de Cristo, também se referem à prática da irrigação através da construção de engenhosos túneis de água, conhecidos como “*knats*” de até 100km de comprimento, construídos pelos persas ainda no tempo de Dario (BARRETO, 1996).

Países como China e Índia desenvolveram grandes obras de irrigação para aproveitamento de suas terras áridas e semi-áridas. A China possui obras de irrigação com mais de 4.000 anos que funcionam até os dias de hoje, assim como as obras hidráulicas encontradas no Egito antigo (MANTOVANI, 1996).

Os árabes também desempenharam importante papel na história da irrigação, além de outros conhecimentos, levaram para Portugal e Espanha novas tecnologias para aproveitamento das águas, onde foram construídas estruturas hidráulicas de irrigação utilizadas durante muitos anos (MANTOVANI, 1996).

No Brasil, o desenvolvimento da irrigação se restringia ao Rio Grande do Sul com o uso de sistema de inundação nas culturas de arroz e, posteriormente, se estendendo para outras regiões como Minas Gerais, São Paulo e em alguns vales da Região Central do Brasil.

Segundo SANTOS e MANCUSO (2003), “estudando a história do homem, constatou-se que os vales fluviais férteis que dispunham de água em abundância foram os sítios iniciais da civilização, onde a maior parte da água utilizada destinava-se à irrigação e à agricultura, enquanto somente uma pequena parcela era consumida pela população.”

Nota-se que em vários pontos da evolução da civilização, a irrigação e sua história se confundem com a transformação da sociedade, pois a prática da irrigação resultou no aumento da produção de alimentos e seu armazenamento possibilitou às pessoas um maior tempo livre e a procura de outras atividades não – agrícolas.

Segundo MENDES THAME (2005), esse novo processo transformou a terra e a sociedade, ocasionando os primeiros estoques na produção de alimentos, seu conseqüente armazenamento e, posteriormente, seu comércio.

A produção agrícola deixa de ser uma atividade de subsistência para transformar-se em atividade econômica e comercial, com o aparecimento da figura do produtor rural para atendimento das necessidades alimentares, cada vez mais diversificadas, da população.

Como atividade comercial baseada na crescente demanda por alimentos provenientes do aumento populacional, o produtor rural buscou os recursos da irrigação para tornar produtivas zonas áridas e semi-áridas do globo, que constituem aproximadamente cerca de 55% de sua área continental total (DAKER, 1988).

Órgãos de pesquisa e entidades gestoras dos recursos hídricos de vários destes locais, continuamente, têm buscado novas fontes de recursos para complementar a baixa disponibilidade hídrica disponível nestas porções do globo. Nesta situação Israel, um dos países com maior escassez de água doce, têm contribuído mundialmente com o desenvolvimento de tecnologias avançadas em sistemas de irrigação para superar sua insuficiência hídrica.

Estima-se que mais da metade da população mundial depende de alimentos que só são produzidos em virtude da prática da irrigação e, devido à sua importância, tem sido ampliado o seu uso, assim como a busca pela melhoria tecnológica dos sistemas de irrigação utilizados (DAKER, 1988).

Com o objetivo principal de garantir a segurança alimentar mundial, a Revolução Verde na agricultura foi facilitada pela adoção maciça da irrigação, apesar de que estimativas da ONU atribuem perdas de água superiores a 70 % devido ao uso de métodos tradicionais de irrigação (ANONYMUS a, 2004).

Os avanços tecnológicos da humanidade como, por exemplo, o desenvolvimento de bombas a diesel e elétricas, a partir de 1950, possibilitou a captação de água nos aquíferos mais rápido do que a recarga natural, acentuando ainda mais o déficit hídrico de algumas regiões de produção agrícola (ANONYMUS a, 2004).

A Tabela 01, mostra os percentuais de captações de água para atendimento aos principais usos consuntivos em nível mundial, no Brasil e no Estado de São Paulo:

Tabela 01 - Consumo de água por uso consuntivo.

Uso consuntivo	Mundial	BRASIL	SP
	%	%	%
Abastecimento público domiciliar	6	18	32
Produção industrial	14	14	25
Produção de alimentos	80	68	43

Fonte: Hespanhol (2003)

Como podemos ver, o consumo hídrico para agricultura em nível mundial é bastante elevado e, em grande parte, associado a elevados níveis de perdas de água pelo uso de métodos de irrigação ou manejo dos sistemas inadequados. Mesmo considerando que uma parcela significativa da água retorna ao ambiente, sob a forma de percolação, evaporação ou infiltração no solo, mantendo o ciclo hidrológico e a recarga natural dos aquíferos, o percentual de uso da água para agricultura é bastante elevado. O consumo de água, nos diversos usos, é ainda fortemente influenciado pela cultura de abundância de recursos hídricos e como um recurso natural infinito.

Da análise do percentual de consumo de água e dados populacionais de alguns países é possível afirmar que, do ponto de vista da quantidade, muitos países e regiões do globo não têm água suficiente para uso na produção industrial e na obtenção de alimentos, pois a disponibilidade hídrica é baixa.

Em consequência, cresce a importação de alimentos seja de origem animal ou vegetal, pelos países desenvolvidos surgindo o conceito de “disponibilidade hídrica virtual”, como sendo aquela disponibilidade hídrica obtida através da “água virtual” contida nos alimentos importados.

Esta vertente de pensamento começou a ser difundida no 3º Fórum Mundial de Água, realizado no ano de 2003 em Kioto, Japão, onde foi avaliada a economia dos recursos hídricos sob a ótica da quantidade de água utilizada na produção de alimentos e bens industriais.

SACHS, citado por NOVAES (2002), verificou que os países em desenvolvimento assumem atualmente a função de importantes fornecedores de recursos naturais agregados a produtos primários, entre eles, produtos agrícolas responsáveis pelo fornecimento de 30% dos recursos naturais consumidos na Alemanha, 50% no Japão e 70% nos Países Baixos.

Em alguns países como indicador da sustentabilidade da produção agrícola está sendo adotado um novo parâmetro de eficiência associado ao manejo da água no cultivo, sendo medido em tonelada por metro cúbico de água utilizada na irrigação, substituindo a medida mais usual de tonelada por hectare (GOLDSTEIN, 2004).

Por ser insumo básico da produção agrícola e importante recurso natural, os agricultores aos poucos estão mudando a noção de fartura dos recursos hídricos e a água já não é vista como um recurso natural infinito, mas sendo um parâmetro de monitoramento da eficiência da produção agrícola e objeto de pesquisas para melhoria no manejo racional da água para irrigação.

Segundo TUNDUSI (2003), “o uso de novas tecnologias para irrigação pode reduzir de 30 a 70 % o consumo de água”.

Ainda segundo o autor, para produção de 1 quilograma (Kg) de arroz são gastos em seu cultivo 1.500 litros de água. A quantidade de água necessária para

produzir os principais alimentos, conforme Tabela 02, mostra a necessidade de grandes volumes de água para atendimento de uma dieta alimentar básica.

Tabela 02 - Quantidade de água para produzir alimentos.

PRODUTO	UNIDADE	ÁGUA (m³)
Bovino	Cabeça	4.000
Carne fresca de bovino	Kg	15
Carne fresca de frango	Kg	6
Cereais	Kg	1,5
Cítricos	Kg	1
Legumes, raízes e tubérculos	Kg	1

Fonte: UNESCO (2003).Tundisi. J. G .- 2003

Com base nestes valores se for adotada uma redução mínima de 30% no consumo de água para irrigação na produção de legumes, raízes e tubérculos, teremos uma redução de 300 litros de água por quilo de legumes, raízes e tubérculos produzidos.

LANNA (1999), o consumo médio nacional de água para um habitante de áreas urbanas é de 279 l/per capita/dia.

De acordo com os Planos Integrados Regionais da SABESP - PIR - 2002, para atendimento da demanda de abastecimento público de água na área de atuação da Unidade de Negócio Leste, com limites de abrangência praticamente coincidentes com a área da sub-bacia hidrográfica Cabeceiras, apenas excluindo os municípios de Guarulhos e Mogi das Cruzes os quais apresentam sistemas isolados de abastecimento de água e saneamento, foi constatado valor médio per capita, em 2000, de 122 l/hab.dia. Enquanto que a média entre os consumos médios per capita para todos municípios operados pela SABESP na RMSP foi de 167 l/hab.dia.

Cabe salientar que os valores registrados pela SABESP se referem aos consumos de água efetivamente medidos e faturados com sistemas de distribuição sob sua responsabilidade operacional, sendo provável que as diferenças entre os

valores de consumo nacional e o da RMSP, sejam justificadas, dentre outros fatores, pela incorporação dos dados estimativos de consumo de água de setores urbanos e rurais feitos por captação direta, através de captação superficial ou subterrânea, sem cadastro ou outorga para uso industrial e agrícola registrados nos órgãos responsáveis, respectivamente, a CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental e o DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica em São Paulo.

Na hipótese de ser alcançada uma redução mínima de 30% no consumo de água para produção de legumes, raízes ou tubérculos na região da pesquisa através da implantação de melhorias nos sistemas de irrigação e adequado manejo dos sistemas, considerando os dados da Tabela 02 de consumo de água para produção de alimentos, teremos que a redução hídrica de 300 litros obtida para produção de 1Kg de alimento, corresponde ao consumo de água de, pelo menos, dois habitantes equivalentes pertencentes à região da pesquisa, a sub-bacia hidrográfica Cabeceiras.

Sem desconsiderar a necessidade de adoção de metas de redução de perdas nos vários setores usuários de água, a redução do desperdício de água através da adoção de práticas e técnicas mais racionais de irrigação pode contribuir no desempenho da própria empresa agrícola.

Em nível mundial, o uso da água para irrigação tem assumido importante papel na sustentabilidade agrícola devido à sempre crescente demanda por alimentos e a demanda reprimida, isto é, considerando a população em condições de subnutrição e com necessidade de atendimento emergencial. No entanto, o aumento de produtividade agrícola não pode ser mais visto somente como simples expansão de terras aráveis.

Mundialmente, a terra arável se aproxima muito rapidamente de seus limites de expansão, a Índia já explorou praticamente 100% dos seus recursos de solo arável, enquanto Bangladesh dispõe de apenas 3% para expansão da agricultura (HESPANHOL, 1999).

Além da necessidade de otimizar o uso do solo, o cultivo de grãos tem alta repercussão no consumo de água para produção dos alimentos vegetais e na produção das rações dos animais que nos atendem com carne e demais subprodutos, pela conversão de ração necessária aos animais para produzir os alimentos utilizados na dieta humana.

A Tabela 03 abaixo mostra o consumo de grãos por habitante e seu equivalente em água.

Tabela 03: Consumo de grãos por habitante e seu equivalente em água.

PAÍSES	GRÃOS			ÁGUA	
	Origem Animal (kg/ano)	Origem vegetal (kg/ano)	Total (kg/ano)	Litros/ano	Litros/dia
Canadá	521	450	971	971.000	2.660
EUA	445	415	860	860.000	2.356
Itália	235	175	410	410.000	1.123
China	192	108	300	300.000	821
Brasil	178	99	277	277.000	758
Índia	118	82	200	200.000	547
Haiti	65	35	100	100.000	273

Fonte: Christofidis (2004)

Como se pode deduzir da Tabela 03, na hipótese de ser adotado o padrão alimentar de países como E.U.A ou Canadá a ascensão na cadeia alimentar da população mundial elevaria sobremaneira o consumo de água para produção de alimentos. O reflexo deste aumento, em uma primeira fase, se daria na produção de alimentos de origem vegetal, rações para consumo dos animais e, em uma segunda fase, o consumo de alimentos de origem animal pelos homens (CHRISTOFIDIS, 2004).

Associada à preservação dos recursos naturais, a prioridade que hoje se apresenta, é a de superar as deficiências alimentares atuando na produção maior de alimentos, porém observando a necessidade de otimizar o uso dos recursos naturais necessários para sua produção.

Desta forma, a agricultura para ampliação da produção de alimentos e atendimento à demanda reprimida depende de suprimento de água a um nível tal que a sua sustentabilidade não poderá ser mantida sem a adoção e desenvolvimento de novas tecnologias para manejo adequado do uso da água.

As elevadas perdas de água na irrigação ocorrem tanto na sua condução, como na baixa aplicação efetiva nos cultivos, devido às perdas associadas aos sistemas de irrigação, ocasionando desperdícios e elevados custos na produção. A otimização do uso da água com a adoção de sistemas de irrigação mais econômicos no consumo hídrico e de maior eficiência podem auxiliar no aumento da oferta de alimentos para a população e na redução do estado de subnutrição ainda encontrado mundialmente, sendo um dos mecanismos para solução deste problema, ligado a ações públicas de governo de caráter sócio-econômico.

Além da demanda de água para produção de alimentos, a urbanização e aumento populacional resultaram em aumento das demandas hídricas para abastecimento público, gerando diversos conflitos devido aos usos múltiplos da água, tais como doméstico, industrial, geração de energia, recreação e irrigação para atendimento dos grandes centros metropolitanos.

De acordo com GIBBONS (1987) e POSTEL (1997) citados por TUNDISI (2003, p.28), os dados abaixo relacionam o consumo diário por pessoa em usos básicos, adotando-se uma família de classe média em países desenvolvidos:

- Uso diário per capita de **560 litros**, sendo que:

1.1 – 280 litros se referem a consumo no interior da casa dividido em 126 litros para toaletes, 84 litros para banho e uso pessoal, 56 litros para lavanderia e cozinha, 14 litros de água para beber e cozinhar;

1.2 – 280 litros para consumo fora de casa como lavagem, irrigação de jardins e piscinas;

Para análise comparativa dos dados, a Tabela 04 mostra qual o consumo diário de água de um habitante para atendimento de suas necessidades básicas e de produção de alimentos, em um país de dieta alimentar de primeiro mundo, por exemplo, E.U.A em relação aos valores verificados no Brasil, adotando-se o valor de consumo médio nacional de água, segundo apresentado anteriormente de 279 l/(per capita.dia) (LANNA,1999).

Tabela 04– Consumo de água uso doméstico e produção de alimentos.

PAÍS	CONSUMO DE ÁGUA (Litros/ habitante.dia)		
	Necessidades diárias	Produção de alimentos	TOTAL
E.U.A	560	2.356	2.916
Brasil	279	758	1.037

O resultado mostra que a demanda hídrica de um único habitante de países classificados como de primeiro mundo é superior a três vezes a demanda de um habitante de um país em desenvolvimento. Há uma grande diferença entre os valores de consumo dos recursos hídricos agregados aos alimentos e de satisfação das necessidades diárias, dependendo do desenvolvimento do país. É sabido que, em termos de consumo de alimentos em países subdesenvolvidos, é bem evidente a necessidade de melhoria do padrão alimentar da população. Porém, supondo a adoção do padrão de consumo dos países desenvolvidos pela população mundial, o que atualmente já vêm ocorrendo em consequência do processo de globalização, teremos um aumento de demanda dos recursos hídricos incompatíveis com sua capacidade de reposição natural.

Para que sejam alcançadas metas de conservação deste recurso natural com programas de redução das perdas de água são necessárias políticas públicas nas várias categorias de consumo, que podem ser aplicadas tanto através de programas de preservação das florestas tropicais, as quais contribuem para a manutenção do ciclo hidrológico, como na gestão dos recursos hídricos em áreas urbanas.

Os esforços feitos pelos países desenvolvidos na preservação das florestas tropicais, também precisam ser melhores aplicados na implementação e avaliação dos resultados obtidos em programas de uso racional da água e redução de perdas, buscando a conservação deste recurso natural e evitando-se os elevados consumos de água apresentados em seus próprios países, para que este padrão de consumo, se for universalizado, seja com práticas de manejo sustentável dos recursos naturais do planeta, garantindo sua preservação para as gerações futuras.

Segundo colocado por VIANNA, citado por NOVAES (2002, p.02):

“as questões de meio ambiente tomarão conta da agenda do planeta de forma irreversível”,.... e complementando“a questão primordial hoje é saber se, para além dos Estados Nacionais, num plano supranacional, global, o poder destrutivo ecológico - bem como social e cultural - do capitalismo planetário pode ser posto novamente sob controle. Não se trata nem apenas nem exatamente de proteger o meio ambiente. Trata-se de preservar a espécie humana.”

CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO ALTO TIETÊ

A partir de 1997 com a aprovação da Lei Federal nº 9.433 o Brasil instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, com apenas 8 anos existência, e bem diferente de países como, por exemplo, a França aonde a estruturação e aplicação do sistema de gestão dos recursos hídricos vêm se desenvolvendo há pelo menos 27 anos, possibilitando um tempo bastante longo de implementação e ajustes no sistema para que os resultados se tornassem realidade. O modelo adotado para gerenciamento dos recursos hídricos do Estado de São Paulo foi fortemente influenciado pelo sistema de gestão desenvolvido e aplicado pela França (LANNA, 1995).

Anterior à política estabelecida em nível federal, o Estado de São Paulo iniciou a implantação da Política Estadual de Recursos Hídricos com a promulgação da Lei Estadual nº 7.663/91 que estabeleceu os objetivos, princípios, diretrizes e instrumentos de gestão das 22 bacias hidrográficas do Estado, incluindo a Bacia do Alto Tietê. Através destas regulamentações foram estabelecidos princípios básicos de planejamento e gestão do uso da água, os quais definiram a bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de planejamento, a implementação de gestão participativa e descentralizada, além do reconhecimento da água como um bem econômico.

O Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê - CBH-AT - Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos – UGRHI nº 06 área objeto da pesquisa, compreende uma extensão territorial de 5.894,22 km², abrangendo 36 municípios e inserido totalmente na Região Metropolitana de São Paulo (FUSP, 2002).

Devido à sua extensão territorial, características regionais específicas e diferentes níveis de complexidade na gestão dos recursos hídricos, o CBH-AT de acordo com a Lei Estadual nº 7663/91 e atualizado pelo Plano de Bacia do Alto Tietê 2000, foi subdividido em 05(cinco) sub-bacias hidrográficas, de acordo com sua área de drenagem. A Tabela 05 mostra cada uma das sub-bacias e suas características gerais.

Tabela 05 – Subdivisão do Comitê de Bacia do Alto Tietê - UGRHI nº 06.

Sub-bacia hidrográfica	Número de Municípios	Área de drenagem (Km²)	Percentual em relação ao total da BAT (%)
Cabeceiras	09	1.694,12	28,74
Juqueri-Cantareira	05	713,32	12,10
Billings-Tamanduateí	07	1.025,27	17,40
Cotia-Guarapiranga	07	962,89	16,34
Pinheiros-Pirapora	07	479,62	17,28
Penha-Pinheiros	01(SP)	1.019,00	8,14
TOTAL	36	5.894,22	100

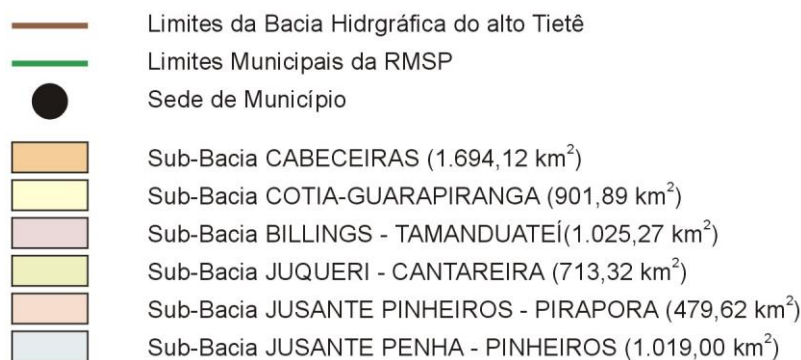
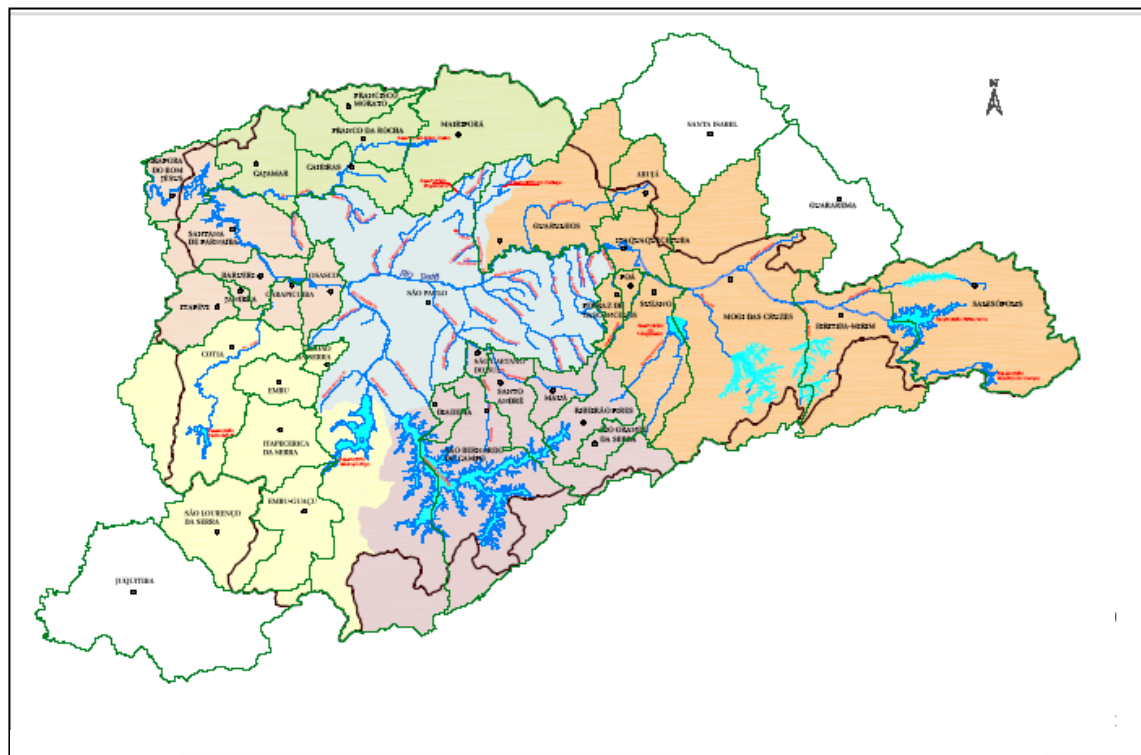
Fonte: FUSP 2002

Em cada uma das sub-bacias delimitadas verificam-se situações específicas de uso e ocupação do solo, assim como definidas prioridades de uso dos seus recursos hídricos. Podemos verificar que a maior área de drenagem corresponde à sub-bacia hidrográfica do Alto Tietê – Cabeceiras ou apenas identificado como Cabeceiras, também integrando o maior número de municípios em relação ao total da Bacia do Alto Tietê.

Em termos de disponibilidade hídrica média por habitante/ano o Estado de São Paulo apresenta 2.900 m³/hab/ano, porém existem situações críticas tais como a Bacia do Alto Tietê com disponibilidade hídrica de 240 m³/hab/ano, sendo a Região Metropolitana de São Paulo a mais precária em termos de disponibilidade hídrica resultante de sua situação física, geográfica, populacional e de uso e ocupação do solo (ESPANHOL, 2003).

A Bacia do Alto Tietê com limite praticamente coincidente com o da Região Metropolitana de São Paulo, conforme Figura 1, concentra 10% da população brasileira e tem apenas 0,06% dos recursos hídricos do país (FUSP, 2002).

Figura 01 - Áreas de abrangência das sub-bacias e Bacia hidrográfica do Alto Tietê.



Fonte: FUSP 2002.

A área urbanizada ocupa aproximadamente 37% da área da bacia e, apesar das taxas de crescimento populacional estarem sofrendo acentuada diminuição, isto não se reflete na contenção da expansão da mancha urbana, a qual avança sobre áreas ambientalmente frágeis ou de usos impróprios para ocupação urbana, como no caso das áreas de produção agrícola da sub-bacia hidrográfica Cabeceiras (FUSP 2002).

Caracteriza-se por apresentar regimes hidráulico e hidrológico extremamente complexos, em virtude dos usos múltiplos dos recursos hídricos, dos efeitos antrópicos de diversas ordens e das profundas alterações introduzidas por obras hidráulicas para suprir o déficit hídrico (FUSP 2002).

O processo urbano de expulsão da população de baixa renda para as zonas periféricas das cidades acentua a degradação ambiental pela expansão desordenada e ocupação em áreas de declividade acentuada ou áreas de proteção aos mananciais e de várzeas, gerando a necessidade de atendimento da população com infraestrutura urbana adequada, porém com elevados custos públicos para atendimento da demanda hídrica e implantação de sistemas de abastecimento de água e coleta de esgotos sanitários devido a sua localização.

A problemática dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Alto Tietê decorre, principalmente, do fato da RMSP ser uma das áreas de maior adensamento urbano no mundo, hoje abrigando uma população em torno de 18 milhões de habitantes (SEADE, 2005).

Estimativas de crescimento populacional para a região apontam que em 2010 a população será de 20 milhões de habitantes, apesar da taxa geométrica anual de crescimento populacional - TGCA apresentar diminuição nos últimos anos, estando hoje em 1,61% para o período de 1991/2000, segundo dados do Censo do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - ano de 2000.

HESPANHOL (2003), mostra que em termos de disponibilidade de recursos hídricos, a RMSP encontra-se em situação de estresse hídrico, com demanda superando sua disponibilidade hídrica, conforme Tabela 06.

Tabela 06 – Índice de Comprometimento dos Recursos Hídricos

ICRH	Disponibilidade Específica de Água (m³/hab.ano)	Problemas Associados ao Gerenciamento Hídrico
1	DEA ≥ 10.000	Sem problemas ou problemas limitados.
2	10.000 ≥ DEA > 2.000	Problemas gerais de gerenciamento.
3	2.000 ≥ DEA > 1.000	Grande pressão sobre recursos hídricos
4	1.000 ≥ DEA > 500	Escassez crônica de água.
5	DEA ≤ 500	Além do limite de disponibilidade.

Fonte: Hespanhol, 2003.

Como conseqüência da situação sócio-econômica desta região, a disponibilidade hídrica para abastecimento público é bastante afetada pela qualidade dos recursos hídricos, tendo em vista o uso múltiplo dos recursos hídricos em áreas densamente povoadas para diluição de efluentes, geração de energia, mineração e processos industriais, com conseqüente alteração na qualidade da água e redução da disponibilidade para abastecimento público e irrigação.

A falta de manejo integrado entre as diferentes demandas está resultando em um processo, muitas vezes sem possibilidade de reversão, de degradação dos corpos d'água superficiais e subterrâneos, diminuindo as possibilidades de uso para consumo humano destes corpos d'água, quer seja pelo lançamento e diluição de efluentes originados pelas diferentes atividades urbanas e rurais, quer seja pela pouca eficácia dos planos de gestão dos mananciais.

A SABESP, como empresa responsável pelo abastecimento público de água, opera em 31 do total de 39 municípios da RMSP. Em apenas um deles, no município de Santa Isabel existe sistema totalmente isolado e nos outros 07 municípios, dentre eles, Guarulhos e Mogi das Cruzes inseridos na área da pesquisa, a empresa fornece água por atacado e disponibiliza tratamento de esgotos sendo que, nestes casos, a

operação do sistema e gestão comercial ficam sob a responsabilidade dos municípios (AIROLDI, 2003).

Considerando a preservação do insumo principal da sua atividade comercial, a empresa tem se preocupado em manter programas e investimentos voltados à implementação de medidas estruturais e não estruturais para melhoria e otimização do sistema produtor de água do Alto Tietê.

Como medidas estruturais avaliadas, no intuito de solucionar a falta de mananciais de qualidade para abastecimento público para a RMSP, em alguns casos, são apresentados projetos de captação em locais cada vez mais distantes e fora da Bacia do Alto Tietê, com elevados custos de investimentos públicos e impactos ambientais, dificultando a implantação dos mesmos.

O sistema produtor Rio Claro, com produção de $4\text{m}^3/\text{s}$ é o mais distante se situando a 82 km da mancha urbana de São Paulo e o mais próximo, praticamente dentro da mancha urbana da cidade, é o sistema produtor Guarapiranga, ocupando o 2º lugar em produção de água com $14\text{m}^3/\text{s}$, porém apresentando sérios problemas de controle do uso e ocupação do solo e dificuldades de manutenção da qualidade e quantidade de água captada no reservatório, em consequência da sua proximidade da área urbana de São Paulo.

Na Figura 02, as fotos apresentam os sistemas produtores de água, suas datas de implantação e distância de cada um da RMSP operados pela SABESP.

Figura 02 – Sistemas produtores de água para abastecimento de água da RMSP.



Fonte: Airoidi E. 2003.

Segundo PDAA (2003), a produção total de água para abastecimento público para o ano de 2005 está em 65,40 m³/s, dos quais 31 m³/s são captações provenientes do sistema Cantareira e originados na Bacia Hidrográfica dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí localizada ao norte da Bacia do Alto Tietê, além de 2,0 m³/s de outras reversões menores dos rios Capivari e Guaratuba situados na Bacia Hidrográfica da Baixada Santista.

A Bacia do Alto Tietê apresenta como consumo de água para irrigação a captação de 2,61 m³/s (HIPLAN, 2002), enquanto a demanda de água total para fins industriais é de 10,14m³/s, sendo uma parcela atendida pela rede pública, porém parte deste consumo é proveniente de captações e extração de água subterrânea feitas diretamente pelas próprias empresas (FUSP, 2002).

Cabe ressaltar que os dados apresentados no PDAA (2003), de demanda de água se referem exclusivamente aos valores medidos e destinados ao abastecimento público, incluindo parcela destinada ao uso industrial.

Portanto, o consumo hídrico total da bacia pode ser ainda maior, pois não existe efetivamente cadastro do consumo de água para o setor industrial pela falta de adequado monitoramento da CETESB, órgão responsável pelo controle das atividades industriais na RMSP, e inexistência de cadastro completo das outorgas fornecidas pelo DAEE para as captações para fins agrícolas e poços de águas subterrâneas.

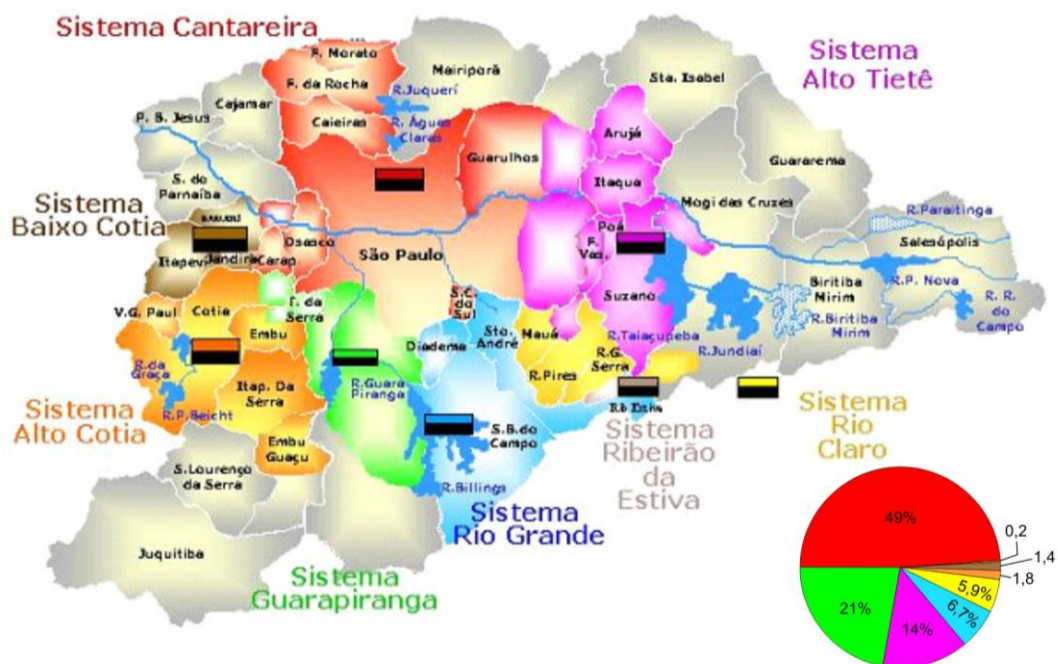
Os valores de demandas hídricas para abastecimento público, segundo categorias de consumo para o consumo total na Bacia do Alto Tietê, estão divididos da seguinte forma (PDAA, 2003):

- Residencial: 72%
- Comercial: 11%
- Industrial: 3%
- Público: 3%
- Usos Operacional, social e emergencial: 11%

Avaliações das possibilidades de ampliação da produção de água na RMSP apontam que devido às condicionantes ambientais e financeiras, as possibilidades de expansão dos sistemas produtores existentes são bastante limitadas, porém em curto prazo o Sistema Alto Tietê é o que apresenta maior possibilidade de expansão, pois sua produção, em termos hidrológicos, pode ainda fornecer mais 5 m³/s, além dos 10 m³/s que a empresa disponibiliza após tratamento na Estação de Tratamento de Água do Reservatório Taiacupeba (FUSP, 2002).

A Figura 03 mostra a divisão entre os sistemas produtores, área de influência e o percentual de produção de cada um deles.

Figura 03 – Sistema produtor e percentual de área de influência na RMSP.



Fonte: Airoidi E. 2003.

Nota-se pelo gráfico que o Sistema Ribeirão da Estiva responsável por pequena parcela, no valor de 0,2%, da produção total da SABESP.

A área de atuação da Unidade de Negócios Leste da SABESP, mencionada anteriormente, apresentou um consumo médio mensal de 11.405.895 m³/mês para atendimento de uma população de 3.184.758 habitantes e consumo médio per capita de 122 l/hab.dia para o ano de 2000.

Da análise dos Planos Integrados Regionais da SABESP, 2002, para a unidade supracitada, verificou-se que há diferenças significativas entre os consumos médios per capita nos setores regionais da RMSP atendidos pela SABESP, devido às características sócio-econômicas, físicas e de uso e ocupação do solo destes locais.

O valor de consumo médio per capita de água constatado na Unidade de Negócios Leste da SABESP é relativamente baixo e bastante diferenciado do restante da RMSP, com média per capita de 167 l/hab.dia (SABESP, 2002). Porém, para

efeito da pesquisa aquele valor de consumo médio per capita foi adotado para efeito das análises e cálculos comparativos por representar melhor a situação existente, em termos de consumo hídrico específico na área da pesquisa.

A diferença, dentre outros fatores, pode ser justificada pelo perfil da população local ser predominantemente de baixo poder aquisitivo, por apresentar menores índices de perdas de água em relação a outras unidades da metrópole paulista e conter um número significativo de habitantes residentes em porções do território de uso rural e nos municípios de Mogi das Cruzes e Guarulhos não operacionalizados pela empresa resultando em um valor inferior ao consumo médio per capita de água da RMSP, porém mais apropriado ao objetivo principal da pesquisa de quantificação da redução no consumo de água obtido na agricultura e seu remanejamento para uso no abastecimento público.

Com o objetivo de aumentar a margem de diferença entre os volumes de produção e o atendimento a demanda de água para a RMSP, além dos investimentos em obras estruturais, uma parte dos investimentos são destinados à adoção de instrumentos de gestão da demanda, de caráter não estrutural. A capacidade de cada sistema produtor para abastecimento público da RMSP, está representada na Tabela 07.

Tabela 07 - Capacidade de produção dos sistemas - 2004

SISTEMA PRODUTOR	Nominal (m³/s)	Máxima (m³/s)	Importância Relativa (%)
Cantareira	33,0	35,0	48,74
Guarapiranga	14,0	15,0	20,68
Alto Tietê	10,0	12,0	14,77
Rio Claro	4,0	4,0	5,91
Rio Grande	4,5	5,0	6,65
Baixo Cotia	0,90	1,0	1,32
Alto Cotia	1,20	1,5	1,78
Ribeirão da Estiva	0,1	0,1	0,15
TOTAL	67,5	73,60	100%

Fonte: Vanzo, 2004.

Verifica-se que a capacidade de produção nominal atual de todos os sistemas produtores de água para a RMSP é de 67,5m³/s, sendo que, conforme anteriormente descrito, a produção média de água para o ano de 2005 é de 65,4m³/s (PDAA, 2003).

Portanto se deduz que em 2005, a produção média necessária para atendimento da demanda de abastecimento público foi inferior à capacidade total de produção dos sistemas, sendo provavelmente consequência dos significativos investimentos feitos pela SABESP em campanhas de controle de perdas, redução do consumo em função do uso racional da água, resultados satisfatórios referente ao programa de tarifas bonificadas para usuários em decorrência da redução de consumo e melhorias no sistema produtor (PDAA, 2003).

Da análise dos dados constantes da Tabela 07, o sistema integrado de abastecimento de água para a RMSP devido à baixa disponibilidade hídrica é composto por todo e qualquer manancial com qualidade, quantidade e viabilidade financeira passível de aproveitamento para abastecimento público sendo considerado, inclusive, o sistema produtor Ribeirão da Estiva no Município de Rio Grande da Serra, com vazão de captação igual a 0,1m³/s, bastante reduzido se comparado com aos outros sistemas.

Também se verifica que a vazão proveniente de reversões de bacias limítrofes à Bacia do Alto Tietê correspondem a 33 m³/s da vazão total atual, ou 48,74% do total através de captação na Bacia Hidrográfica do Piracicaba, Capivari e Jundiáí sendo responsável pelo atendimento de, aproximadamente, 9 milhões de pessoas da RMSP.

No entanto, devido ao desenvolvimento populacional e sócio-econômico da bacia hidrográfica do Rio Piracicaba, resultando em menor qualidade da água em função do aumento da carga de diluição de esgotos, as captações para suprimento da Bacia do Alto Tietê estão se tornando cada vez mais problemáticas e com número maior de exigências e medidas compensatórias para que sejam feitas as reversões de água daquela bacia para a do Alto Tietê.

Na recente renovação da outorga dos direitos de uso da água pela RMSP, em 2004, as negociações foram realizadas dentro de uma visão de gestão compartilhada dos recursos hídricos, com definição de regras operativas e valores de vazão a ser aduzida de acordo com a época de estiagem e de chuvas, estando prevista a realização de revisões periódicas das regras operacionais para manutenção da transposição de água das bacias hidrográficas do Piracicaba, Capivari e Jundiá para a do Alto Tietê.

Para a gestão dos usos múltiplos da água serão necessárias novas reversões, captação em locais cada vez mais distantes e negociações, cada vez mais difíceis, com as bacias vizinhas em uma abordagem de gestão compartilhada deste recurso natural e, em alguns casos, com custos financeiros, sócio-econômicos e ambientais muito altos.

A Figura 04 mostra as bacias hidrográficas vizinhas à Bacia do Alto Tietê onde são feitas as captações atuais e as possibilidades de reversão futura, tais como sistemas Juquiá- Juquitiba, São Lourenço e Paraíba do Sul.

Figura 04 – Mapa esquemático das captações existentes e as avaliadas para a BAT.



Fonte: Airoidi E. - Instituto de Engenharia 2003.

Encontra-se em fase final de elaboração o Plano Diretor de Abastecimento de Água da SABESP – PDAA 2003 - estabelecendo diretrizes de atuação na RMSP. Neste estudo, a alternativa de captação através da implantação do sistema São Lourenço não foi viabilizada devido aos elevados custos de investimentos e, assim como, a referente à captação na Bacia do rio Paraíba do Sul apresentou dificuldades em relação a aspectos legais e institucionais, sendo portanto descartadas como mananciais nas propostas contidas no PDAA.

Foram também apontadas as principais ações a serem executadas para o atendimento à demanda pública com projeção de demandas de vazões para dois tipos de cenários, sendo um tendencial, caso não sejam adotadas medidas de redução de perdas e mantidos os programas de uso racional sem alteração e outro dirigido, com adoção de políticas de redução de perdas, aumento do percentual de implantação do programa de uso racional da água (PDAA, 2003).

Segundo AIROLDI (2003), a demanda total é composta pela somatória do consumo medido total mais o volume de perdas, sendo deduzidos os volumes correspondentes aos programas de uso racional, de reúso e de tarifas.

Verifica-se ainda com base nos dados apresentados que o grande desafio que se apresenta para a SABESP e para os órgãos estaduais e municipais responsáveis pela gestão dos recursos hídricos é o atendimento a cada 4 (quatro) anos de um acréscimo populacional da ordem de 1 (um) milhão de pessoas e, mesmo com o crescimento populacional, buscar atender a meta prevista de 25% de redução do consumo e de perdas de água na RMSP, no cenário dirigido.

Para alcançar as metas propostas pelo PDAA (2003) no cenário Dirigido, um dos aspectos prioritários se refere à redução das perdas.

Segundo SABESP (2003), as maiores perdas se referem às resultantes das perdas no sistema de distribuição com valores da ordem de 30% do total distribuído. O índice geral de perdas é composto por perdas físicas ou reais provenientes de vazamentos no sistema de distribuição, e por perdas aparentes relacionadas a submedições nos hidrômetros, fraudes e ligações clandestinas, sendo consideradas como consumo, porém não medido e cobrado (SABESP, 2003).

Segundo AIROLDI (2003), o índice geral de perdas pode ser dividido em 14,5% referente às perdas físicas, sendo que as perdas aparentes podem ser reduzidas em torno de 15,5% do total, através da revisão e melhoria do sistema de controle, medição e cobrança. Ainda assim, teremos um percentual de perdas significativo, sendo a maior parcela em relação às perdas físicas incorporando tanto perdas de volume água tratada como também financeiras, pois também devem ser considerados os custos envolvidos nos processos de captação, tratamento, adução e distribuição de água.

Níveis de perdas em sistemas de distribuição de água são mundialmente considerados aceitáveis pelas empresas de saneamento, tendo em vista a

complexidade de atuação neste sentido em regiões altamente adensadas. No entanto, países como a Europa apresentam índices de perdas em torno de 10%, sendo que alguns países em desenvolvimento como Cingapura na Ásia este índice ainda é menor, 6% de perdas [ANONYMUS b,2003].

Para uma verificação numérica dos valores em relação ao abastecimento público, em uma rápida simulação com base no valor estipulado de perdas físicas ou reais de água correspondente a 17%, aplicado ao valor de demanda referente ao ano 2005, o qual apresentou vazão de produção aproximada de 65,40m³/s, resulta que do total produzido, 11,18m³/s correspondem às perdas físicas no sistema de distribuição de água.

Desta forma, mesmo supondo que uma parte deste volume retorne de alguma forma ao ciclo hidrológico através de infiltração no solo, o volume representa perdas significativas de potencial hídrico em uma região onde devido à escassez de água são planejados e compartilhados mananciais de abastecimento em locais cada vez mais distantes, com elevados custos de investimentos públicos para viabilizar a captação de vazões muitas vezes inferiores ao valor verificado pelas perdas no sistema de distribuição.

A SABESP apresenta como prioridade em seus planos de ação medidas que visem redução de perdas na RSMP, porém é evidente a complexidade de execução de medidas corretivas para as perdas físicas, considerando que o local de intervenção é uma das maiores manchas urbanizadas do mundo, além de densamente ocupada.

Diante desta constatação, pode-se deduzir que as perdas no consumo de água não se restringem apenas aos usos agrícolas, sendo prioritária a adoção de medidas e programas de redução de perdas no sistema de distribuição e uso racional da água para fins urbanos com alcance e eficácia cada vez maiores, possibilitando uma margem maior de segurança no abastecimento público da RMSP, principalmente pelo fato de que os usos urbanos representam o setor de maior consumo hídrico da Bacia.

Portanto, muito diferente do conceito mundialmente difundido de ser a agricultura responsável pelos mais altos índices de consumo hídrico temos que, no contexto da Bacia do Alto Tietê e, menor escala, da sub-bacia hidrográfica Cabeceiras, a porcentagem destinada ao consumo de água para as categorias de usos urbanos, incluindo usos doméstico, industrial e de serviços, superam de longe os valores de demandas hídricas da região para a atividade agrícola.

No entanto, com o intuito de ampliar a capacidade de produção de água para a RMSP, a adoção de ações corretivas para redução de perdas nos setores doméstico, industrial, de serviços e agrícola podem assumir cada vez mais papel de relevante interesse público para o planejamento e gestão adequada dos recursos hídricos.

De acordo com o descrito no item 42 do documento “Água, fonte de vida”, tema adotado na Campanha da Fraternidade no ano de 2004 da Confederação Nacional de Bispos do Brasil – CNBB (OLIVEIRA 2004):

“Se existe um escasseamento progressivo, ele é fruto da depredação causada pela mão humana. O problema da água é mais uma questão de gerenciamento que de escassez”.

CAPÍTULO III – A SITUAÇÃO DA AGRICULTURA NA BACIA DO ALTO TIETÊ

Segundo Garrido (1998):

“o acelerado crescimento demográfico do país associado à opção por um modelo econômico que privilegia a concentração em núcleos urbanos, levou à desvalorização da vida rural e seus aspectos culturais e de tradição, tendo como consequência o desconhecimento por parte da população da disponibilidade dos recursos naturais.”

Como reflexo deste modelo temos a predominância do uso do solo para fins urbanos na Bacia do Alto Tietê, apesar da manutenção de áreas com atividades agrícolas isoladas e em outros pontos áreas mais concentradas, podendo inclusive incorporar grande parte do território de alguns municípios, em especial aqueles situados na porção leste da bacia.

Também se verifica, com áreas menores, a presença de cultivos na sub-bacia hidrográfica Cotia - Guarapiranga. Segundo HIPLAN (2002), do total de 35 municípios que compõem a bacia 20 apresentam atividades agrícolas, representando mais de 50% do total, um número expressivo considerando que se trata de unidade hidrográfica com elevada taxa de urbanização.

Conforme dados obtidos no Plano Estadual dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo-2004/2007(PERH 2002), a Tabela 08 mostra as principais características demográficas da Bacia do Alto Tietê, incluindo dados de população rural da Bacia, onde se verificam as altas taxas de densidade demográfica associada ao elevado grau de urbanização encontrados na bacia.

Tabela 08 - Principais Características Demográficas da Bacia do Alto Tietê.

POPULAÇÃO (hab) Ano 2000				Grau de urbanização (%)	Densidade demográfica (hab/ha)	Taxa de crescimento populacional (% a.a)	
Urbana	Rural	Total	% Estado SP			1980/ 1991	1991/ 2000
16.963.693	744.822	17.708.515	47,82	95,72	3.023,25	1,86	1,62

Fonte: PERH (2002). IBGE (2000). SEADE (2000)

Mesmo apresentando grau de urbanização elevado e população rural em torno de 4% da população total, conforme dados de evolução da área irrigada apresentados no PERH 2004/07, a Bacia do Alto Tietê apresenta extensão do território para uso agrícola superior à existente em algumas regiões do Estado de São Paulo predominantemente agropecuárias como, por exemplo, as regiões das bacias hidrográficas do Alto Paranapanema ou do Peixe, denotando que a agricultura ainda ocupa um papel representativo da atividade, mesmo não sendo o uso do solo preferencial dentro do contexto da bacia. A Tabela 09 mostra dados do Censo Agropecuário do IBGE 1995/96 com a evolução da área irrigada nas supracitadas Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo.

Tabela 09 – Valores de área irrigada por bacia hidrográfica do Estado de SP.

Bacia Hidrográfica	Área Irrigada(ha)				
	1970	1975	1980	1985	1995/96
Alto Tietê	8.900	8.893	9.916	12.702	8.050
Pontal do Paranapanema	2.215	5.710	8.437	5.162	6.504
Peixe	1.069	3.334	5.206	3.646	6.194
Estado de SP	90.955	150.064	180.375	283.862	438.625

Fonte: PERH (2002); Censo Agropecuário do IBGE 95/96

Na Bacia do Alto Tietê, a manutenção destas áreas cultivadas em sua maior parte está vinculada à área denominada como “Cinturão Verde” de São Paulo, localizado na sub-bacia hidrográfica Cabeceiras onde tradicionalmente se

concentram os cultivos de legumes e verduras devido à proximidade com o mercado consumidor da metrópole. As olericulturas apresentam diferentes características de perecibilidade e resistência ao transporte, sendo que a alface e folhosas em geral, maior produção da região, apresentam porcentagens mais elevadas de perdas em relação ao volume comercializado devido à baixa resistência ao transporte e ser altamente perecível. Desta forma, a proximidade da horticultura ao centro consumidor adquire uma função estratégica de manutenção da qualidade destes produtos.

Associado à localização, outro fator de influência na permanência da atividade o local se refere à qualidade dos recursos hídricos, pois a qualidade da água de irrigação é um fator decisivo no processo de produção de hortaliças, em especial aquelas consumidas em estado natural. Em CETESB (2004), são apresentados índices de qualidade de água, os quais indicam que na região da sub-bacia hidrográfica do Alto Tietê, a qualidade se mantém satisfatória, avaliação ratificada pela presença do Sistema Produtor do Alto Tietê - SPAT, atualmente em ampliação para aumento da captação de água para abastecimento público da RMSP, devido à manutenção de condições satisfatórias de quantidade e qualidade dos recursos hídricos.

Especificamente, em relação ao aproveitamento hidráulico do reservatório Biritiba Mirim além da função prioritária no uso para abastecimento público, também está prevista a sua destinação para uso na irrigação, em consequência da existência de atividades de hortifrutigranjeiros à jusante e no entorno do reservatório, sendo em conjunto com o reservatório Ponte Nova os únicos com esta finalidade hídrica na Bacia do Alto Tietê (PERH, 2004).

Portanto, as condições satisfatórias de clima, dos aspectos físicos e de recursos hídricos aliadas à proximidade ao mercado consumidor justificam a permanência da atividade agrícola de horticultura na região da sub-bacia hidrográfica Cabeceiras.

Segundo UENO(1985), a atividade de produção de hortaliças tende a se afastar menos do mercado consumidor, em decorrência da necessidade de consumo deste tipo de produto em curto espaço de tempo após a colheita, sem a possibilidade de percorrer grandes distâncias para abastecimento da população.

Em HIPLAN (2002) foi verificado que a área física irrigada e o número de irrigantes correspondem, respectivamente, a 7.561ha e 1.984 irrigantes responsáveis pelo consumo hídrico de 2,61m³/s ou 0,345 l/s/ha. A produção se divide em horticultura, com predominância das folhosas tais como alface, hortaliças de frutos e leguminosas, fruticultura, em especial, o caqui e floricultura diversificada. Este tipo de agricultura é intensivo, com pequenas áreas e de ciclo curto, proporcionando vários cultivos anuais em uma mesma área física irrigada a cada ciclo de produção.

Quanto ao consumo de água médio para irrigação na Bacia do Alto Tietê, as estimativas têm apresentado variação durante os períodos registrados.

No Plano HIBRACE, em 1968, foi apontado o consumo de 0,237 l/s/ha, o Plano Estadual de 1990 indicou 0,328 l/s/ha e, finalmente, o Consórcio HIDROPLAN, em 1994, estimou em 0,287 l/s/ha e em HIPLAN (2002), no Cadastro de Irrigantes da Bacia do Alto Tietê indicou 0,345 l/s/ha.

Em uma análise comparativa entre os dados de valores de área irrigada (ha) e consumo médio de água na irrigação (l/s/ha) em anos próximos, conforme Tabela 10, se verifica que os valores de vazões apresentados nem sempre estão acompanhando o aumento de áreas irrigadas, o que pode ser interpretado como inconsistência dos dados ou a demanda hídrica foi definida sem considerar a área efetiva a ser irrigada, acarretando um valor de consumo superior ou inferior ao necessário.

Tabela 10 - Área irrigada e consumo de água na Bacia do Alto Tietê.

Bacia Alto Tietê	1968	1970	1985	1990	1994	1995	2002
Área Irrigada (ha)	-	8.900	12.702	-	-	8.050	7.561
Consumo de Água (l/s/ha)	0,237	-	-	0,328	0,287	-	0,345

Fonte: HIBRACE (1968); HIDROPLAN (1994); IBGE (1995/96) e HIPLAN (2002).

Por exemplo no ano de 2002, apesar da redução de área irrigada encontramos o valor mais elevado de consumo médio de água na irrigação. Mesmo sendo dados referentes às médias de consumo de água na agricultura na Bacia do Alto Tietê são necessárias medições e informações mais detalhadas para o setor agrícola da região.

Em termos de informações referentes à atividade agrícola na Bacia do Alto Tietê, um dos trabalhos exclusivamente elaborado para esta finalidade se refere ao Cadastro dos Irrigantes da Bacia do Alto Tietê, realizado pela empresa HIPLAN em 2002, contendo o maior número de dados e informações gerais e específicas sobre a atividade agrícola na Bacia, sendo adotado em grande parte das referências citadas nesta pesquisa.

Conforme HIPLAN (2002), foi verificada que na Bacia do Alto Tietê a área total física irrigada e número de irrigantes correspondem, respectivamente, a 7.561 ha e 1.984 irrigantes, responsáveis pelo consumo hídrico de 2,61 m³/s ou 0,345 l/s/ha.

A produção se divide em horticultura, com predominância das folhosas tais como alface, hortaliças de frutose e leguminosas, fruticultura, em especial, o caqui e floricultura diversificada. Este tipo de agricultura irrigada é intensivo, com pequenas áreas e de ciclo curto, proporcionando vários cultivos anuais em uma mesma área física. A intensidade de uso do solo da região verificada é de, em média, 3,2 plantios por ano na mesma área física elevando o valor de área total irrigada e colhida para 24.419,80 ha (HIPLAN, 2002).

Nota-se que a área cultivada apresenta-se em processo de estabilização e ligeiro declínio, no entanto tal fato não deve ser considerado como um indicativo da redução da atividade agrícola, pois não ocorre o mesmo em relação ao número de agricultores da região tendo, inclusive, ocorrido um acréscimo no número destes nos últimos anos com cultivo de áreas cada vez menores, ratificando a prática de agricultura intensiva.

A Tabela 11 apresenta dados estatísticos do número de irrigantes na Bacia do Alto Tietê.

Tabela 11 - Estimativa de usuários da irrigação na Bacia do Alto Tietê.

	IBGE	Projeto LUPA	Cadastro dos Irrigantes
Nº estimativo de usuários de irrigação na Bacia	1.681	1.858	1.984

Fonte: HIPLAN (2002); IPT (1999) e SAA (1996)

Se analisarmos os valores fornecidos anteriormente pela Tabela 10, verifica-se que ocorreu uma redução do tamanho da área irrigada sendo que, segundo o IBGE no ano de 1995/96 a área física irrigada foi de 8.050 ha e 1.681 irrigantes, enquanto que foi identificada, em HIPLAN (2002), uma área de 7.561 ha e 1.984 irrigantes resultando em uma área física irrigada em média para estes períodos de, respectivamente, 4,7 e 3,8 ha por produtor da Bacia do Alto Tietê.

As dimensões de áreas cultivadas são de pequeno porte e limitadas, dentre outros fatores, pela pressão urbana, com conseqüente valorização da terra para usos urbanos, situação esta agravada pelo fato de grande parte dos agricultores serem arrendatários e não possuírem capital de investimento suficiente para mudança ou ampliação das áreas produtivas, levando a uma agricultura intensiva com elevadas taxas de uso da terra, repetidos cultivos e consumos de água em uma mesma área para desenvolvimento das culturas, conforme já mencionado.

Desta forma, a atividade agrícola na Bacia do Alto Tietê enfrenta dificuldades tanto em termos de disponibilidade de recursos hídricos quanto de uso do solo, pois são insumos básicos para sua permanência. Por outro lado, a importância da atividade agrícola e suas demandas hídricas intrínsecas, mesmo que menores se comparadas com outros usos setoriais de água e atividades desenvolvidas na Bacia do Alto Tietê, devem considerar o aspecto de manutenção da produção de hortifrutigranjeiros próxima ao centro consumidor, com a necessidade de realização de planejamento territorial destinando áreas exclusivas ou com incentivos à permanência das culturas existentes devido à sua importante função no abastecimento de hortaliças, bem como buscando uma produção sustentável com a conservação do seu insumo básico, a água.

Sabendo que, em termos de produção de água para a SABESP, são realizadas captações de água inclusive de mananciais com produção da ordem de $0,1\text{m}^3/\text{s}$, conforme apresentado no Capítulo II, na hipótese de ser alcançada pequena redução no consumo de água na agricultura poderá ser um volume suficiente para ampliar a capacidade de atendimento da demanda hídrica da RMSP, resultando em um aumento de eficiência no uso da água para a atividade agrícola e contribuindo, através do remanejamento hídrico, para o abastecimento da população da RMSP.

CAPÍTULO IV - ÁREA DE ABRANGÊNCIA DA PESQUISA

O Subcomitê Cabeceiras objeto de estudo, está situado na porção leste da Região Metropolitana de São Paulo, abrangendo Arujá, Biritiba-Mirim, Ferraz de Vasconcelos, Guarulhos, Itaquaquecetuba, Mogi das Cruzes, Poá, Salesópolis, Suzano e São Paulo, totalizando 10(dez) municípios da RMSP.

Com extensão territorial de, aproximadamente, 1.709km² representa 21% do total da RMSP de 8.051km (FUSP, 2002).

A região se destaca pela presença de um sistema interligado de (05) cinco reservatórios cujo uso principal se destina ao uso prioritário para produção de água para abastecimento público da porção leste da RMSP (SABESP,2002).

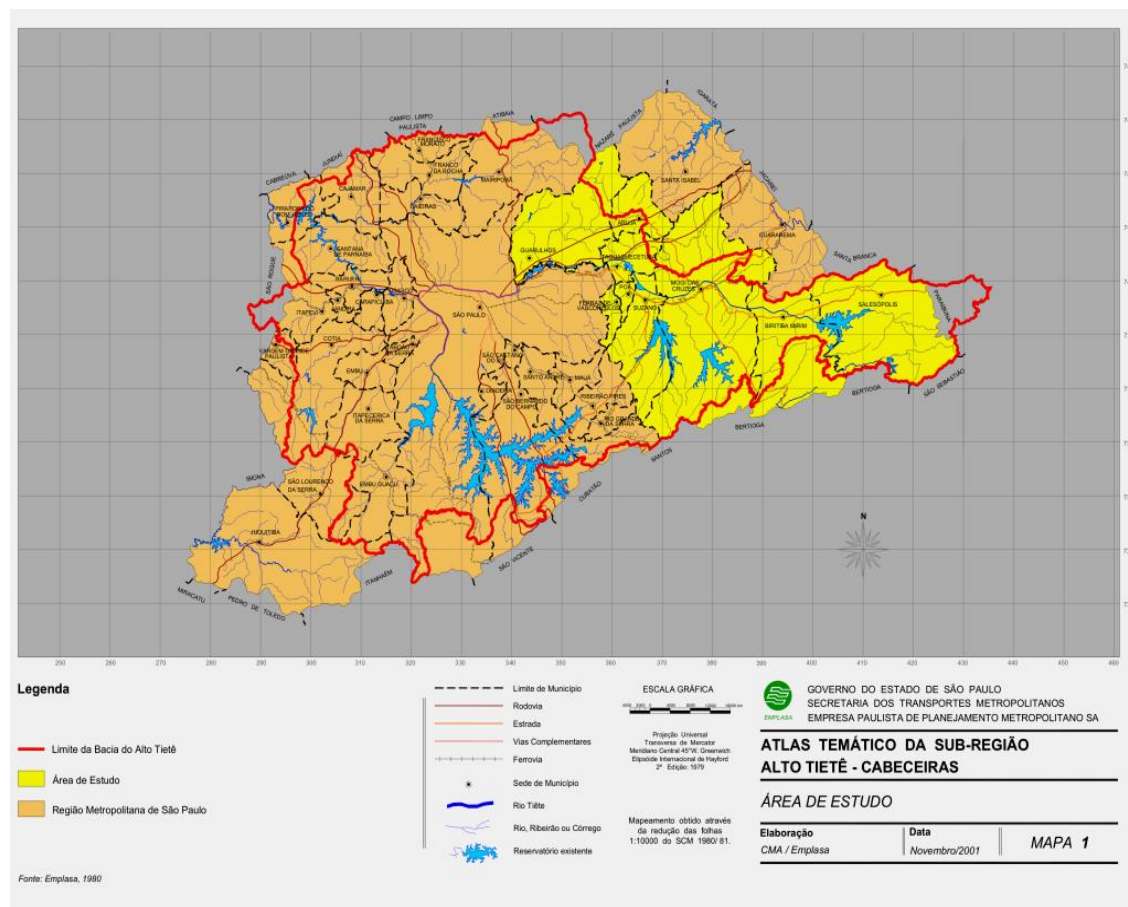
Fazem parte do sistema interligado denominado Sistema Produtor do Alto Tietê – SPAT um conjunto de reservatórios interligando os reservatórios Taiaçupeba, Jundiaí e Ponte Nova em operação, além de Biritiba-Mirim e Paraitinga que se encontram em fase final de preenchimento com previsão de início de operação para o final de 2005, segundo informado pela empresa responsável pela manutenção do sistema, o Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE

Associada à localização do Sistema Produtor do Alto Tietê, o território da sub-bacia apresenta cerca de 60% de seus limites em Área de Proteção aos Mananciais sendo aplicada a Lei Estadual nº 1172/76 com o objetivo principal de disciplinar o uso e ocupação do solo com vistas à proteção e uso prioritário dos cursos d'água e reservatórios para abastecimento público da RMSP, incentivando atividades e práticas sustentáveis de ocupação, tendo sido um importante instrumento de planejamento aplicado na preservação destes locais, mesmo diante dos conflitos inerentes do crescimento populacional da RMSP nas últimas décadas, desde a

promulgação da lei, e a conseqüente pressão por ocupação urbana em locais de preservação ambiental.

A Figura nº 05, a seguir, mostra a localização da área de estudo dentro da Região Metropolitana de São Paulo, onde a sub-bacia está quase inteiramente contida e em relação à Bacia Hidrográfica do Alto Tietê.

Figura 05 - Área de abrangência da sub-bacia hidrográfica Cabeceiras.



Fonte: EMPLASA – 2001.

A SABESP em conjunto com o responsável pela operação dos reservatórios, o Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE, é responsável pela produção e suprimento de 14% da demanda de água da RMSP produzindo 10 m³/s, sendo que o SPAT ainda apresenta maior possibilidade de expansão de produção de água, pois em termos hidrológicos, pode ainda fornecer mais 5 m³/s, devido às suas condições físicas e ambientais favoráveis para produção hídrica. (SABESP e FUSP 2002)

A Figura 06 mostra o sistema interligado de reservatórios construídos na subbacia denominado Sistema Produtor do Alto Tietê – SPAT.

Figura 06 - Mapa de localização do Sistema Produtor do Alto Tietê.



Fonte: SMA/CNEC - 2001

Em comparação ao total da bacia hidrográfica do Alto Tietê, uma porção significativa do território que compreende a sub-bacia hidrográfica Cabeceiras caracteriza-se por baixa ocupação urbana permanecendo, ainda, o perfil de sua condição histórica de fornecedor de hortaliças para consumo na Grande São Paulo. Alguns locais mais favoráveis à agricultura e de baixa ocupação, como as bacias de contribuição dos reservatórios Taiaçupeba e do Paraitinga, respectivamente, em Mogi das Cruzes e Biritiba Mirim, incluindo o trecho final do rio Biritiba são locais de desenvolvimento da atividade agrícola com emprego de técnicas de irrigação (SMA/CNEC 2001).

As áreas de produção agrícola estão presentes na maior parte dos municípios objetos da pesquisa em especial nos municípios de Suzano, Mogi das Cruzes e Biritiba Mirim.

Cabe salientar que a atividade agrícola praticada, a horticultura é um cultivo exigente tanto em termos de qualidade como de quantidade de água, necessitando de elevado consumo hídrico durante todos os seus estágios de crescimento para obtenção de produtos de boa qualidade. Portanto, aspectos físicos favoráveis justificam a manutenção da atividade agrícola neste local.

Para constatação das práticas desenvolvidas na atividade agrícola da região, foram escolhidos dois municípios da sub-bacia hidrográfica e, em escala menor uma microbacia para cada município, através de critérios de enquadramento baseados nos objetivos principais deste estudo, conforme abaixo descritos:

1º - Apresentar maior área com atividade agrícola dentre os municípios da sub-bacia;

2º - Maior densidade populacional rural;

3º - Predominância de cultivo de hortaliças folhosas, dentre elas a alface, pela elevada demanda hídrica necessária para sua produção;

4º - Maior uso de sistemas de irrigação por aspersão convencional, tendo em vista seu maior consumo hídrico em relação a métodos de irrigação mais eficientes e de uso preferencial na horticultura.

Para verificação do primeiro item, referente à porção do território municipal em relação à maior presença do uso do solo destinado a hortifrutigranjeiros, foram feitas análises dos dados a partir do Mapa de Uso e Ocupação do Solo – 2005, realizado pela EMPLASA com interpretação de imagens de satélite IKONOS, ano 2002, resultando nos valores de áreas por município conforme Tabela 12.

Tabela 12 - Áreas uso do solo de hortifrutigranjeiros na sub-bacia Cabeceiras.

Município	Hortifrutigranjeiro (ha)	Área Total do município (ha)	Percentual em relação ao total do município (%)
Arujá	503	9.626	5,22
Biritiba Mirim	3.531	31.819	11,10
Ferraz de Vasconcelos	26	2.957	0,88
Guarulhos	546	31.784	1,71
Itaquaquecetuba	510	11.693	4,36
Mogi das Cruzes	8.086	71.329	11,34
Poá	19	1.748	1,08
Salesópolis	488	42.357	1,52
Suzano	2.357	20.527	11,48
São Paulo (estimativo)	4	6.500	0,06
TOTAL GERAL	16.070	230.340	6,97

Fonte: Mapa de Uso e Ocupação do Solo - EMPLASA - Julho de 2005.

Convém esclarecer que a identificação das áreas na categoria de hortifrutigranjeiros pela EMPLASA foi baseada no critério de interpretação de feições ou padrão de imagens de cultura perenes ou anuais e horticultura, além de áreas destinadas a instalações de granjas, piscicultura ou pesqueiros. Enquanto que o Cadastro dos Irrigantes, efetuou o registro somente das áreas efetivamente irrigadas e de cultivos, a partir de informações obtidas diretamente com os agricultores, sendo um valor bem menor comparado ao apresentado pela EMPLASA, o que pode ser atribuído, dentre outros fatores, às diferenças entre as datas de realização dos levantamentos, a fonte de origem dos dados e o enquadramento da categoria da atividade agrícola adotada em cada levantamento.

Como a pesquisa tem por objetivo principal a avaliação de dados referentes mais especificamente às áreas com produção agrícola com uso de irrigação foi estabelecida a área de abrangência como sendo a constante do Cadastro dos Irrigantes, por se apresentar mais apropriada à avaliação proposta na pesquisa.

A Tabela 13 apresenta valores de áreas irrigadas constantes no Cadastro dos Irrigantes 2002.

Tabela 13 – Perfil da área física irrigada na sub-bacia Cabeceiras

Município	Nº de irrigantes por município	% de irrigante BAT	Área física irrigada	% da área BAT
Arujá	80	4,03	213,50	2,82
Biritiba Mirim	321	16,2	1.232,40	16,30
Ferraz de Vasconcelos	5	0,25	16,20	0,21
Guarulhos	4	0,2	10,90	0,14
Itaquaquecetuba	92	4,62	310,70	4,10
Mogi das Cruzes	728	36,7	2.886,10	38,17
Poá	1	0,05	0,5	0,006
Salesópolis	160	8,06	596,20	7,88
Suzano	361	18,2	1.308,70	17,30
São Paulo*	20	1	139,30	0,92
Total sub-bacia	1.771	89,26	6.714,00	87,84
Total da BAT	1.984	100	7.561,00	100

Fonte: Cadastro de Irrigantes da Bacia do Alto Tietê – HIPLAN (2002)

Como resultado tem-se que, para a sub-bacia hidrográfica Cabeceiras, os valores de áreas destinadas a hortifrutigranjeiros pela EMPLASA e as áreas irrigadas constante do Cadastro são, respectivamente, de 16.070 ha e 6.714 ha, sendo que a diferença de 9.356 ha pode ser atribuída, dentre outros fatores, à diferença entre as datas de realização e a origem diversa das fontes das informações sendo que a EMPLASA utilizou uma legenda mais ampla, incluindo as áreas destinadas a granjas, pesqueiros ou pisciculturas.

Embora não exista uma padronização de valores e critérios nos levantamentos disponíveis e analisados, nos municípios de Mogi das Cruzes, Biritiba Mirim e Suzano nota-se que a proporção de áreas agrícolas identificadas é a de maior percentual de área municipal com desenvolvimento de atividades de hortifrutigranjeiros e áreas irrigadas.

Com base na definição dos municípios de maior área com atividade de hortifrutigranjeiro, foi feito o cálculo da densidade rural para Biritiba Mirim, Mogi das Cruzes e Suzano, os três municípios com maior área destinada ao uso de hortifrutigranjeiros e avaliação dos dados populacionais do IBGE, Censo 2000 e Fundação SEADE (2005), conforme Tabelas nº 14 e 15.

Tabelas nº 14 e 15 - População por município.

Município	Censo IBGE 2000	SEADE Projeção 2005	TGCA(%) 2000/2005
Biritiba Mirim	24.653	28.760	3,19
Mogi das Cruzes	330.241	361.350	1,85
Suzano	228.690	270.566	3,49
TOTAL	583.584	660.676	-

Município	População urbana SEADE 2005* (hab)	População rural (hab)	
		Censo 2000	SEADE 2005*
Biritiba Mirim	24.791	3.881	3.969
Mogi das Cruzes	332.505	28.129	28.845
Suzano	263.125	6.647	7.441
TOTAL	620.421	38.657	40.255

Fonte: IBGE 2000; *projeção SEADE 2005

Verifica-se que a projeção de aumento de população rural em Mogi das Cruzes e Suzano são bem superiores ao do município de Biritiba Mirim, sendo refletido nos valores encontrados de densidade populacional rural calculada como sendo o número de habitantes rurais dividido pela parcela do município com atividade agrícola, resultando nos seguintes valores mostrados na Tabela 16 abaixo:

Tabela 16 – Densidade rural por município.

Município	População Rural SEADE 2005 (hab)	Área para uso agrícola (ha)	Densidade rural (hab/ha)
Biritiba Mirim	3.969	3.531	1,12
Mogi das Cruzes	28.845	8.085	3,57
Suzano	7.441	2.356	2,82

Fonte: IBGE-Censo 2000; EMPLASA-2005.

Dos valores obtidos verifica-se que Mogi das Cruzes apresenta a maior densidade rural, seguido de Suzano e Biritiba Mirim ratificando a projeção de crescimento da população rural e participação dos municípios em atividades voltadas a produtos do setor primário.

Comparando-se os resultados obtidos para Suzano e Biritiba Mirim, apesar da área destinada a hortifrutigranjeiros em Suzano ser bem inferior à de Biritiba Mirim, os dados evidenciam valores de densidade rural maior no município de Suzano, em consequência da forte pressão por ocupação urbana existente neste município pressionando a população rural a utilizar áreas de cultivo cada vez menores, justificando a prática de agricultura intensiva na região.

Quanto ao item referente à predominância de cultivo de hortaliças foram pesquisados dados fornecidos pelo Centro de Fiscalização de Insumos e Conservação do Solo da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) e do Instituto de Economia Agrícola (IEA), resultando na sistematização dos dados conforme Tabela 17, sobre os cultivos de maior produção na região, subsidiando a aplicação do critério referente à predominância de cultivo de alface nos municípios a serem selecionados para a pesquisa.

Tabela 17 - Área de cultivo com alface nos municípios da pesquisa.

Cultura	Área cultivada (ha)			Área cultivada por cultura (ha)	%
	Suzano	Mogi das Cruzes	Biritiba Mirim		
Alface	340	2.000	910	3.250	44,56

Fonte: CATI e IEA.

Adotando-se o critério de possuir a maior produção de alface, por ser um cultivo exigente em termos hídricos durante todo o seu crescimento, foi identificado que os municípios de Mogi das Cruzes e Biritiba Mirim apresentam as maiores áreas cultivadas por esta hortaliça.

Em HIPLAN (2002), foram obtidos os dados constantes da Tabela 18, em relação aos métodos de irrigação utilizados nos três municípios avaliados, sendo que 81% dos irrigantes utilizam aspersão convencional, seguido pelo uso de mangueiras.

Tabela 18 - Sistema de irrigação utilizado em cada município.

Município	Nº de irrigantes	Aspersão convencional		Gotejamento		Microaspersão		Mangueira	
		qtde	%	qtde	%	qtde	%	qtde	%
Biritiba Mirim	321	312	22	3	0	3	0	3	0
Mogi das Cruzes	728	555	39	9	1	19	1	145	10
Suzano	361	280	20	3	0	0	-	78	6
TOTAL	1410	1147	81	15	1	22	1	226	16

Fonte: Cadastro dos Irrigantes da Bacia do Alto Tietê – HIPLAN 2002

Mogi das Cruzes se mantém no atendimento dos critérios em primeiro lugar, sendo seguido por Biritiba Mirim.

É importante notar o número elevado de irrigação feita por mangueira de PVC semelhantes a mangueiras de jardim, em geral aplicadas em pequenas

explorações diversificadas de hortaliças de cultivo intensivo e, coincidentemente, ocorrendo em Mogi das Cruzes e Suzano onde também a densidade populacional rural por hectare de terra cultivada é mais elevada, apresentando valores respectivamente de 3,57 e 2,82 ha/hab., de acordo com Tabela 15.

Da análise conjunta resultou que Mogi das Cruzes obteve o melhor enquadramento em todos os critérios adotados, sendo desta forma um dos municípios selecionados para análise na pesquisa. Em relação aos municípios de Biritiba Mirim e Suzano, verifica-se que apesar de Suzano apresentar no critério densidade populacional rural um valor superior ao encontrado em Biritiba Mirim, verifica-se que neste município o critério valor de área com cultivo de alface é superior ao de Suzano.

Considerando que o cultivo desta hortaliça é um critério de relevante interesse para a pesquisa, pois seu cultivo apresenta alta demanda hídrica possibilitando um melhor resultado em termos de avaliação da eficiência dos métodos de irrigação, foi adotado o município de Biritiba Mirim como segunda área de estudo da pesquisa, por representar um maior número de características representativas da produção agrícola na sub-bacia hidrográfica analisada.

Após a definição dos municípios, foram escolhidas duas microbacias de forma a reduzir a área de abrangência e possibilitar uma melhor contextualização da situação da irrigação nos municípios selecionados.

Foi utilizado como pré-requisito de escolha das microbacias sua participação no projeto “Proteção e Conservação dos Mananciais de Abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo” estabelecido pelo Programa Nacional do Meio Ambiente – PNMA II, sendo coordenado pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo contemplando ações em que se destaca a componente gestão integrada do ativo ambiental água, em especial a redução do consumo de água na irrigação e, desta forma, com tema semelhante ao ora apresentado neste estudo e será importante subsídio na avaliação da situação atual da agricultura na região, assim

como as práticas e manejo dos sistemas de irrigação em uso e após a implantação das ações propostas nas microbacias selecionadas (SMA 2002).

Na função de co-executor temos também a importante participação da Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento, por meio da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI, através da Regional de Mogi das Cruzes e Biritiba Mirim, contribuindo na consecução dos objetivos do projeto e no desenvolvimento de atividades específicas, planejadas com seu apoio e orientação técnica.

A área de implantação do projeto PNMA II (2002) incorpora a maior parte dos municípios da sub-bacia hidrográfica Cabeceiras. Para viabilizar o acompanhamento do projeto foram definidas as microbacias do Irohy e Pindorama situadas, respectivamente, em Mogi das Cruzes e Biritiba Mirim.

Como unidades de demonstração definidas pelo PNMA II (2002), estão previstas a implantação de técnicas de irrigação mais eficientes no consumo de água, possibilitando a verificação em campo das principais características dos métodos de irrigação empregados.

A Figura 07 apresenta a localização das microbacias definidas para avaliação do consumo de água para irrigação na pesquisa.

Figura 07 – Microbacias hidrográficas definidas para o projeto de pesquisa.



Fonte: PNMA II (2002).

A microbacia Pindorama está situada em Mogi das Cruzes, próxima ao reservatório Taiapuêba, tendo do outro lado da microbacia, ao leste, o reservatório Jundiá, situando-se em área de meia encosta e colinas baixas. Dentro desta microbacia foi definida a Unidade de Demonstração do Sr. Koji Roberto Fuziama para análise do uso racional da água na irrigação.

Segue Figura 08, com foto ortorretificada para visualização da gleba.

Figura 08 - Área 1 do Sr. Koji Roberto Fuziama
coordenadas do local UTM: 7.381.929 x 373.468.



Fonte: SMA (2005).

A microbacia do Irohy no município de Biritiba Mirim abrange as duas margens do rio Tietê, com nível de água muito próximo da superfície variando de 2m até 5m, indicando tratar-se de áreas de várzeas (RAIJ, 2004). A Unidade de Demonstração escolhida foi a do Sr. Gilberto Lima dos Santos, com o objetivo de verificar a eficiência dos sistemas e redução do consumo de água para irrigação. Segue Figura 09 com foto ortorretificada para visualização da gleba.

Figura 09 - Área 2 do Sr. Gilberto dos Santos Lima.
coordenadas do local UTM: 7.394.880 x 388.790



Fonte: SMA (2005).

Com o intuito de melhor conhecimento da região, no próximo Capítulo será feita a caracterização do meio físico com avaliação das potencialidades físicas naturais do local para o desenvolvimento da agricultura irrigada, contendo informações referentes às condições de clima, solo, relevo, recursos hídricos superficiais, geologia, geomorfologia e de uso e ocupação do solo da sub-bacia hidrográfica Cabeceiras.

CAPÍTULO V - CARACTERIZAÇÃO GERAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA CABECEIRAS.

Como condicionantes de um programa de uso racional da água para irrigação devem ser necessariamente analisados aspectos da geografia física e fisiografia, pois as características do local a ser irrigado definem a capacidade de armazenamento de água no solo e indicam os níveis de eficiência a serem obtidos com cada método de irrigação. Em termos gerais, a geologia expressa pelas rochas, sedimentos e relevo de uma região, tem importância na captação e armazenagem de água, com destaque para águas subterrâneas. O solo tem papel preponderante no ciclo da água e o clima define a quantidade de água que entra em uma região e a que volta à atmosfera pela evapotranspiração.

A caracterização geral do território que abriga a Bacia do Alto Tietê e a sub-bacia hidrográfica Cabeceiras, enfocando os municípios da pesquisa é tratada neste capítulo através de seus aspectos físico-bióticos, territoriais e, especialmente, de seus recursos hídricos, abordando-se os temas relacionados à Geologia e Geomorfologia, a Caracterização dos Solos; ao Clima, Recursos Hídricos e Uso e Ocupação do Solo.

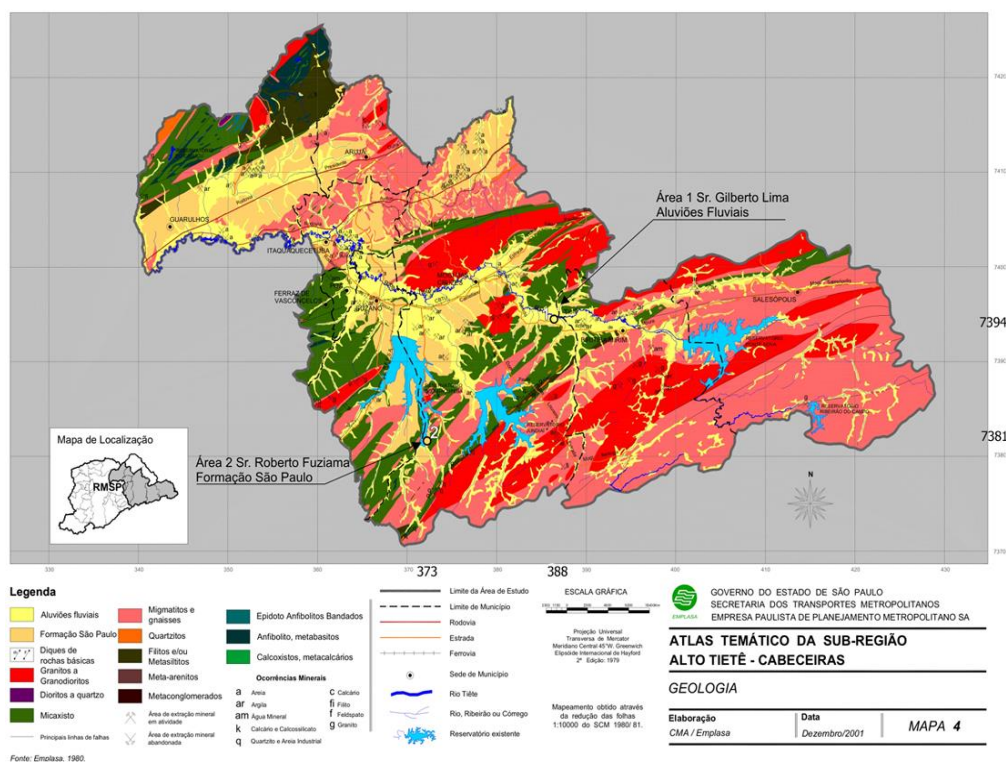
5.1- Aspectos Geológicos, Geomorfológicos, de Solo e Relevo

As informações originais para este tema no que diz respeito às unidades geológicas e de geomorfologia foram extraídas do Relatório nº 44.667/98 da publicação do IPT (1998), e completadas com análises e interpretações voltadas à capacidade do território para uso agrícola e disponibilidade hídrica das áreas.

Do ponto de vista da geologia, toda Bacia do Alto Tietê situa-se na região do cristalino, existindo basicamente dois aquíferos nesta região: o cristalino e o sedimentar. Parte do cristalino não apresenta aquíferos de envergadura e, dessa forma, além da água subterrânea, é importante reter, na época das chuvas mais intensas, parte da água superficial, sendo uma das justificativas técnicas para implantação do Sistema Produtor do Alto Tietê constituído de um conjunto de

reservatórios interligados para armazenamento da água. As maiores concentrações de atividade agrícolas ocorrem na Formação São Paulo, adequadas ao desenvolvimento desta atividade, situando-se mais especificamente na região dos municípios de Mogi das Cruzes, Biritiba Mirim, Salesópolis e Suzano. Para identificação das formações geológicas, a **FIGURA nº 06** abaixo mostra a localização das microbacias de acordo com as coordenadas de cada uma das áreas avaliadas (IPT 1998).

Figura 10 - Formações geológicas presentes nas microbacias do estudo.



Fonte: EMPLASA 2001

Área nº 1 - Proprietário Sr. Gilberto dos Santos Lima:

Coordenadas UTM: 7.394.880 x 388.790

Área nº 2 - Proprietário Sr. Roberto Fuziama:

Coordenadas UTM: 7.381.929 x 373.468.

De acordo com as coordenadas dos locais estabelecidos para estudo o mapa indica dois tipos de formações geológicas, a **Área 1** encontra-se inserida na classificação de Aluviões Fluviais e a **Área 2** na Formação São Paulo.

A Formação São Paulo são subzonas geomorfológicas com relevos menos acidentados ocorrem principalmente nas porções central e extremo leste da bacia do Alto Tietê, aproximadamente, entre as coordenadas norte 7.380 e 7.390 km. Apesar da textura argilosa a muito argilosa são normalmente porosos, o que permite boa infiltração de água ao longo de seu perfil, quando devidamente drenados apresentam boa potencialidade agrícola, constituindo locais adequados para uso com olericultura, em especial se localizados próximos aos grandes centros consumidores.

Solos com boa capacidade de infiltração facilitam o uso de irrigação por aspersão e gotejamento, por permitirem irrigações com maior intensidade de aplicação, diminuindo assim o tempo de irrigação por posição devido à rápida absorção pelo solo e planta.

Em termos de geomorfologia, o Planalto Paulistano é a zona geomorfológica que predomina na bacia, abrangendo mais de 60% do território metropolitano, e corresponde a uma área de relevo suavizado, organizado em formas de morros e espigões divisores de alturas moderadas, que variam entre 715 e 900m. Os sistemas de relevo e a natureza do substrato geológico permitem a subdivisão do Planalto Paulistano em duas subzonas geomorfológicas: Morraria do Embu e Colinas de São Paulo (IPT, 1998).

As Colinas de São Paulo local onde se situa a Área 2 do estudo, são caracterizadas pelo sistema de colinas pequenas com espigões locais. Nesta unidade predominam formas de relevo cujo modelado é constituído basicamente por colinas e patamares aplainados, destacando-se vales com cabeceiras bastante entalhadas, enquanto os patamares apresentam entalhamento pequeno, em torno de 20m (SMA/CNEC, 2000).

A litologia é constituída por argilas, areias e os solos são do grupo do Latossolo Vermelho Amarelo e do Latossolo Vermelho Escuro (RAIJ, 2004).

Os Latossolos Vermelho-Amarelo são geralmente muito profundos e bem drenados. O Latossolo Vermelho-Escuro difere do Vermelho-Amarelo devido aos teores mais elevados de Ferro, apresentam cor mais avermelhada (SMA/CNEC, 2000).

Apesar da textura argilosa são normalmente porosos, o que permite boa infiltração de água ao longo de seu perfil, proporcionando alta resistência aos processos erosivos, quando devidamente vegetados (RAIJ, 2004).

O outro compartimento se refere às Planícies Aluviais estando relacionadas à ação construtiva fluvial dos principais rios que fazem parte da Bacia do Alto Tietê (Tietê, Pinheiros e Tamanduateí). Inúmeras manchas menores de planícies aluviais e terraços fluviais ocorrem espalhadas ao longo da rede de drenagem. Correspondem a terrenos planos, de natureza litológica sedimentar fluvial quaternária, encontram-se dispostas nas margens dos rios e, por serem áreas baixas e planas, estão sujeitas às inundações periódicas. As Planícies Aluviais apresentam declives inferiores a 2% e posicionam-se em diferentes níveis altimétricos. São formadas por sedimentos fluviais arenosos e argilosos pouco compactados, garantindo boa capacidade de infiltração da água no solo (SMA/CNEC, 2000). Em HIPLAN(2002), foram verificadas as características de relevo encontradas nos municípios de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes, conforme Tabela 19, sendo divididas de acordo com o número de irrigantes e tipo de relevo.

Tabela 19 - Tipo de relevo nas áreas de cultivo pelo número de irrigantes.

Município	Nº de Irrigantes	Várzea úmida		Várzea seca		Meia encosta		Encosta	
		Qtde	%	Qtde	%	Qtde	%	qtde	%
Biritiba Mirim	321	183	17,45	0	0	33	3,15	105	10
Mogi das Cruzes	728	226	21,55	33	3,15	121	11,53	348	33,2
TOTAL	1049	409	39	33	3,15	154	14,68	453	43,2

Fonte: HIPLAN 2002

Os dois municípios objeto de estudo apresentam importantes áreas de várzeas, com relevo plano e solos com boa capacidade de infiltração da água. A topografia, as condições do solo e a proximidade dos rios tornam essas áreas atrativas para a horticultura.

5.2 Clima

O município tem uma altitude de 688 m e temperatura média anual é de 20,10 °C, sendo a média do mês mais quente, fevereiro, de 23,30 °C, e média do mês mais frio, julho, de 16,30 °C.

O clima da sub-região é tropical a subtropical, com estação chuvosa no verão. A precipitação média da RMSP é de 1520 mm por ano, sendo que Mogi das Cruzes apresentou uma precipitação média anual de 1207 mm, bem abaixo da média da RMSP (RAIJ 2004).

Apesar da região apresentar índices de precipitação bastante satisfatórios, porém ocorre que as chuvas são distribuídas de forma muito desigual durante o ano, sendo necessário o uso da irrigação em caráter complementar à ausência de chuvas nas épocas secas.

A região caracteriza-se por ter expressivo excedente hídrico, em especial junto às cabeceiras do rio Tietê em Salesópolis, sendo justificada a implantação de vários reservatórios para armazenamento de água superficial proveniente deste excedente hídrico de 2.243 mm, ou seja 22.243 m³/ha. Ressalte-se, ainda, que a região de Salesópolis apresenta considerável excedente hídrico no período mais seco do ano da RMSP, influenciando o município vizinho de Biritiba Mirim (RAIJ, 2004).

Sob estas condições climáticas, o desenvolvimento do cultivo de hortaliças, em especial a alface, na região foi muito bem adaptado visto que originariamente a alface era uma cultura típica de outono-inverno e cultivada no centro-sul do país, tendo boa resistência a baixas temperaturas e até geadas leves (FILGUEIRA, 1999).

O clima ameno, as grandes áreas de solos orgânicos de várzea localizados próximos aos rios foram fatores físicos que contribuíram para que a sub-bacia hidrográfica Cabeceiras se tornasse importante produtora de hortaliças, em especial o cultivo de alface, responsável por grande parte do abastecimento da RMSP.

5.3 Uso e ocupação do solo

A estrutura de ocupação urbana dos municípios da sub-bacia do Alto Tietê - Cabeceiras, a exceção de Biritiba-Mirim e Salesópolis, segue basicamente os grandes eixos viários: a Rodovia Presidente Dutra, Ayrton Sena, a interligação através da Mogi-Dutra, assim como a existência da ferrovia da CPTM com acesso para Itaquaquecetuba, Poá, Ferraz de Vasconcelos, Suzano e Mogi das Cruzes (SMA/CNEC, 2000).

A recente duplicação da interligação da Rodovia Ayrton Sena - Mogi Bertioga, permitindo maior facilidade de acesso, acompanhado do desenvolvimento econômico e industrial da região são fatores que vêm exercendo forte atrativo de migração populacional para os municípios da região, em especial a população proveniente de áreas periféricas do município de São Paulo (EMPLASA, 2002).

Em termos populacionais, a maior parte dos municípios apresentaram taxas de crescimento superiores ao constatado na RMSP, tendo uma relação direta com o processo de crescimento periférico da RMSP.

É importante notar que Mogi das Cruzes em relação ao restante da sub-bacia, foi o que apresentou a menor taxa, apesar de ainda ser um valor de impacto relevante no crescimento quando aplicado sobre o número total de habitantes do município, que segundo dados de projeção do SEADE para o ano 2005 é de, aproximadamente, 361.350 habitantes. A Tabela 20 apresenta os valores para os municípios da sub-região, em ordem decrescente de taxa de crescimento.

Tabela 20 - Dados demográficos SEADE 2005

Taxa Geométrica de Crescimento Anual TGCA período 1991/2000	
Município	TGCA (%)
1º- Itaquaquecetuba	5,79
2º-Arujá	5,19
3º-Ferraz de Vasconcelos	4,46
4º-Suzano	4,16
5º -Biritiba Mirim	3,66
6º-Guarulhos	3,51
7º-Salesópolis	2,64
8º-Poá	2,58
9º-Mogi das Cruzes	2,13
Sub-bacia Alto Tietê Cabeceiras	3,62
RMSP	1,61

Fonte: Fundação SEADE – 2005.

Em decorrência da pressão exercida pelo crescimento populacional e ocupação urbana nesta região, os usos competitivos da água para agricultura, indústria e abastecimento público geram disputas e conflitos entre diferentes usuários. Em questionário elaborado pelo PNMA II para ser respondido pelos irrigantes dos municípios de Mogi das Cruzes e Biritiba Mirim, foi apontado como um dos problemas enfrentados pelos agricultores a falta de água para irrigação, muitas vezes, ocasionada pela construção de barragens pelos agricultores vizinhos para armazenamento e uso em épocas de estiagem, prejudicando a vazão dos agricultores a jusante (RAIJ, 2004).

Biritiba-Mirim e Salesópolis apresentam características diferenciadas, em razão de uma base econômica predominantemente voltada à agricultura e ao lazer, com a presença de vários empreendimentos de lazer rural. Ambos estão praticamente quase que totalmente contidos em Área de Proteção aos Mananciais, dada a presença do Reservatório de Ponte Nova e das nascentes do Rio Tietê (EMPLASA, 2002).

Os municípios de Itaquaquecetuba, Ferraz de Vasconcelos e Suzano apresentam elevadas taxas de crescimento populacional proveniente do processo

atual de deslocamento populacional de bairros periféricos da zona leste de São Paulo, tais como os subdistritos de São Miguel Paulista, Ermelino Matarazzo, Guaianazes, Itaquera e Itaim Paulista (SMA/CNEC, 2000).

Em Ferraz de Vasconcelos, o padrão de ocupação residencial é predominantemente médio e baixo, ocorrendo uso e ocupação por chácaras de lazer nas áreas onde incide a Legislação Estadual de Proteção aos Mananciais nº 1172/76 (SMA/CNEC, 2000).

No município de Itaquaquecetuba, o padrão de uso e ocupação do solo acontece de forma semelhante, porém com um aspecto adicional referente à preservação das áreas de várzea do Rio Tietê, sendo mantidas atividades de produção agrícola nestes locais devido à legislação de Área de Proteção Ambiental - APA da Várzea do Rio Tietê.

Em Suzano, como reflexo do processo de expulsão da mancha urbana de São Paulo, predominam os assentamentos residenciais de padrões baixo e médio e presença setor industrial e terciário significativo como, por exemplo, a Indústria Suzano de Papel e Celulose.

Na foto abaixo podemos notar a proximidade das atividades industriais e a tipologia da ocupação do entorno.

Figura nº 11



Fonte: SMA 2005.

Trata-se da região do município de Suzano onde a seta nº 1 indica a área urbana, as setas nº 2 e 3 indicam os locais de duas importantes mineradoras da região e sua interferência na dinâmica de uso do solo do município devido ao impacto ambiental deste tipo de atividade, respectivamente, Empresa de Mineração Itaquareia e Mineradora Itapisserra do Grupo Votorantim. A seta nº 4 indica área destinada aos tanques de decantação da indústria Cia Suzano de Papel e Celulose Ltda e, por último, a seta nº 5 aponta a existência, ainda, de pequena atividade agrícola.

O município, ainda, apresenta grandes vazios inclusive na zona urbana, porém em algumas partes do território é visível o conflito entre a expansão da mancha urbana e áreas rurais ou de lazer do município, inclusive com acentuadas taxas de crescimento de população urbana (EMPLASA, 2001).

Mogi das Cruzes tem uma ocupação mais antiga e densa, com um núcleo urbano bem provido de infra-estrutura, onde predominam atividades terciárias. O município tem também significativas atividades na área industrial, educacional e

agrícola, sendo um dos maiores produtores de hortifrutigranjeiros da Região Metropolitana.

Também estão localizados naquele município os reservatórios de Taiaçupeba e Jundiáí, a Estação de Tratamento de Água da SABESP junto ao reservatório Taiaçupeba, além de grandes estruturas de produção de energia elétrica, como as subestações da CESP e de Furnas, portanto com grande parte dos equipamentos de suporte necessários ao desenvolvimento urbano.

Mesmo com forte crescimento e estrutura urbana, a agricultura permanece como importante atividade econômica, tendo como uma das justificativas a influência da imigração japonesa.

Segundo SEABRA (1987), no começo do século XX existiam mais de 2.000 pequenas unidades com exploração de hortifrutigranjeiros situados nos arredores da cidade de São Paulo, com a produção mais representativa sob a direção dos japoneses, os quais definiram mais claramente o caráter comercial e especulativo das atividades agrícolas do chamado “Cinturão Verde”, voltadas fundamentalmente ao abastecimento de São Paulo e, inclusive, Rio de Janeiro.

Destaca-se também a área da Serra de Itapeti, sujeita a restrições ambientais, cujo trecho urbano é ocupado por chácaras de lazer, atualmente sofrendo forte pressão por ocupação proveniente do município de Mogi das Cruzes, mas se mantendo preservada pela existência de restrições legais e as altas declividades da área, dificultando a ocupação do solo.

Em HIPLAN (2002) foi apresentada a situação fundiária das glebas destinadas à produção agrícola, resultando que a maior parte dos agricultores são arrendatários.

Na Tabela 21 podemos verificar dados referentes à situação fundiária das glebas cultivadas em Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes.

Tabela 21 - Situação fundiária e de ocupação das áreas cultivadas por município.

Município	Nº de Irrigantes	Proprietário		Arrendatário		Meeiro		Outros	
		qtde	%	qtde	%	qtde	%	qtde	%
Biritiba Mirim	321	165	15,7	117	11,15	10	1	29	2,8
Mogi das Cruzes	728	377	35,9	295	28,14	15	1,4	41	4
TOTAL	1049	542	51,6	412	39,29	25	2,4	70	6,8

Fonte: HIPLAN - 2002.

Os dados revelam que mais da metade dos agricultores são proprietários, porém em quantidade muito próxima se encontram os produtores arrendatários, os quais sentem as conseqüências da pressão urbana nos valores cada vez maiores cobrados pelos proprietários da gleba para a cessão provisória de uso do solo.

Na Fazenda Irohy a maior parte dos agricultores são arrendatários, aproximadamente, 100 produtores rurais se encontram nesta situação fundiária, conforme apresentado na Figura 12 abaixo e complementada com o Anexo I.

Figura nº 12



Fonte: SMA 2005

Nesta foto através de uma vista geral da Fazenda Irohy, é possível visualizar o local onde se situa a maior parte das atividades agrícolas do município de Biritiba Mirim, incluindo a área do Sr. Jorge Kanomata, importante agricultor da região, e a Área 1 objeto da pesquisa, do Sr. Gilberto Lima. As duas áreas são de pequeno porte evidenciando a prática de agricultura intensiva, conforme Tabela 22 para os municípios da pesquisa, Mogi das Cruzes e Biritiba Mirim (HIPLAN, 2002).

Tabela 22 - Área física irrigada por tamanho de gleba.

Estratificação da área física irrigada por tamanho (ha)										
Município	Nº de Irrigantes	Total da Área (há)	Tamanho da gleba (ha)							
			< 2		de 2,1 a 5		de 5,1 a 10		> 10	
			Área	%	Área	%	Área	%	Área	%
Biritiba Mirim	321	1.233,30	221,9	17,99	384	31,14	288	23,35	339,4	27,52
Mogi das Cruzes	728	2.886,10	415,7	14,40	884	30,63	633	21,93	953,4	33,03

Fonte:HIPLAN - 2002.

Nota-se que, aproximadamente, 70% das áreas irrigadas nestes municípios apresentam tamanhos inferiores a 10 ha, reforçando a influência da situação fundiária de alguns agricultores, os quais não sendo proprietários da terra apresentam dificuldades para ampliação das áreas cultivadas, devido aos custos financeiros decorrentes do arrendamento da terra.

Associada à questão fundiária, segundo relatado pelos próprios agricultores, há uma grande incerteza de continuidade da atividade agrícola e forte competição entre os usos agrícola e a mineração, devido à existência de concessões de lavra fornecidas aos proprietários das glebas para implantação da atividade minerária, caso seja mais atraente economicamente para o proprietário da gleba. Algumas das principais empresas de mineração da RMSP, estão situadas na região conforme foto da Figura 13 abaixo representada.

Figura nº 13



Fonte: SMA 2005.

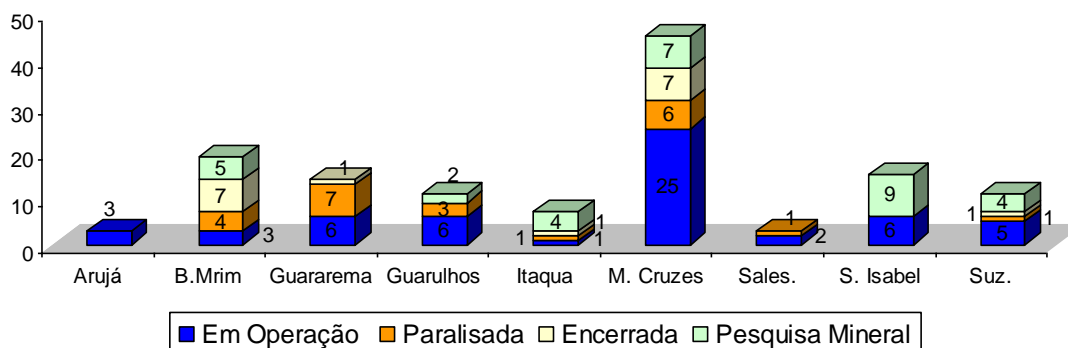
A seta indica o Reservatório Taiapuêba em Mogi das Cruzes evidenciando a proximidade e impactos ambientais, provenientes da atividade de extração de areia e argila, executado pela empresa de Mineração Horii Ltda.

A Área 1 definida para análise, está inserida em uma antiga área de mineração denominada Fazenda Irohy, no município de Biritiba Mirim.

O proprietário da gleba, apesar de possuir licença de extração de lavra concedida pelo Departamento Nacional de Produção Minerária - DNPM, não promoveu a implantação da mineração até o momento, porém esta situação gera enorme insegurança no produtor rural, devido à possibilidade de desocupação imediata da atividade agrícola para ser substituída pela mineração.

A Figura 14 mostra o número de minerações ativas e abandonadas nos municípios de maior ocorrência da atividade situada no entorno da sub-bacia hidrográfica Cabeceiras.

Figura 14 - Diagnóstico da atividade minerária na região.



Fonte: Departamento de Uso do Solo Metropolitano DUSM – SMA 2005

O maior número de atividades de extração minerária em funcionamento se concentra nos municípios de Mogi das Cruzes e Biritiba Mirim, locais onde se encontra com maior frequência os conflitos entre a atividade agrícola e mineração, conforme levantamento da Figura 14 e verificado em campo nas fotos da Figura 15 abaixo.

Figura nº 15

Fonte: SMA 2005

Nesta foto, temos uma vista parcial da área da Fazenda Irohy no município de Biritiba Mirim e diversos tanques de decantação em processo de recuperação natural provenientes de antigas atividades de extração mineral das empresas de Mineração IBAR e CEMICA.

Segundo PNMA II (2002), da análise de nove microbacias da região, incluindo as microbacias analisadas neste estudo, constatou-se que devido ao alto valor agregado aos produtos provenientes da extração mineral, a produção agrícola sofre constante ameaça de continuidade de produção.

Figura nº 16

Fonte: SMA 2005

Podemos notar a significativa parcela do território da sub-bacia com atividade agrícola e a presença de lagoas de mineração desativadas.

Em função da situação de degradação ambiental e/ou recuperação destas áreas degradadas, verifica-se a necessidade de análise das potencialidades reais destas atividades, para a definição de uso dirigido e se ambientalmente são atividades compatíveis com o perfil da região como produtora de água para abastecimento público.

As questões legais quando aplicadas nas atividades minerárias e na agricultura constituem outro aspecto de preocupação entre os agricultores, pois são atividades com diferentes impactos ambientais os quais deveriam ser avaliados pelo órgão ambiental com critérios específicos de avaliação, adequados a cada uma das atividades, para obtenção das autorizações e licenças ambientais exigidas por lei.

Por apresentar aspectos físicos e geológicos significativos, na região da sub-bacia hidrográfica Cabeceiras se encontram grandes mineradoras em atividade, entre

elas, Itapisserra, Horii e Itaquareia. Conforme mostrado na Figura 17 abaixo, podemos ter uma vista geral da empresa de Mineração Horii Ltda, atualmente, em processo de licenciamento ambiental para ampliação da área de lavra junto aos órgãos ambientais do Estado de São Paulo.

Figura nº 17



Fonte: SMA 2005

Uma questão a ser ressaltada se refere à necessidade de avaliação mais detalhada do impacto ambiental em termos de qualidade e quantidade dos recursos hídricos gerado pelas atividades minerárias em comparação com a atividade agrícola, criando critérios de avaliação que possibilitem a implantação em conjunto destas atividades na região, sem deixar de reconhecer a importância econômica e social de cada uma delas, porém minimizando os conflitos de uso e ocupação do solo,

Foram realizadas visitas de campo para reconhecimento da situação atual do uso e ocupação do solo e obtenção de informações diretas com os agricultores nas microbacias Pindorama e Irohy selecionadas para o estudo, respectivamente, nos municípios de Mogi das Cruzes e Biritiba Mirim, conforme fotos constantes do Anexo I.

Ainda no Anexo I, estão incluídas fotos das áreas de cultivo mais significativas da região e as de preservação e recuperação ambiental, sendo possível visualizar a situação atual da atividade de mineração na região e sua interferência na atividade agrícola. As fotos são bastante representativas do contexto geral da região, em termos do processo e visualização dos vetores de crescimento da ocupação urbana sobre as áreas de atividade agrícola da sub-bacia hidrográfica Cabeceiras.

CAPÍTULO VI – MANEJO DA ÁGUA NA AGRICULTURA.

6.1 – As necessidades e perdas de água na agricultura.

Neste capítulo inicialmente serão apresentados os processos ligados ao ciclo hidrológico para melhor entendimento das necessidades de água pela planta e identificação de fatores básicos que devem ser considerados para elaboração de projeto e manejo adequado de sistemas de irrigação, com o objetivo de aumento de eficiência no consumo da água na agricultura.

No século III a.C., ARISTÓTELES grande sábio e observador, citado por BRANCO (2004, p.37), já tinha um conhecimento aproximado da origem das águas dos rios e disse (...)“as regiões montanhosas e elevadas, semelhantes a uma esponja de poros reduzidos [...] filtram a água e a destilam, gota a gota, em uma infinidade de pontos.Pois recebem uma grande quantidade de chuva que cai e elas esfriam o vapor que se eleva e o condensam de novo em água”.

Com uma noção bastante clara para a época, Aristóteles proporcionou um grande avanço ao demonstrar que a água se transforma, mas permanece a mesma dentro de um ciclo, sendo atualmente denominado por ciclo hidrológico.

O ciclo hidrológico é composto pela circulação da água no planeta em seus estados sólido, líquido e gasoso. Apesar de todas estas fases terem sua importância, a fase de maior interesse é a líquida, pois é matéria fundamental para satisfazer as necessidades do homem e de todos seres vivos.

A Figura 18 mostra os componentes do ciclo hidrológico que, em síntese, se inicia com a ação da energia solar aquecendo a superfície da Terra e, segundo BRANCO (2003, p.38), “fornecendo energia para o transporte da água do mar, assim como a do solo e a da vegetação para elevadas altitudes atmosféricas, constituindo as nuvens e (...) retornando, sob a forma de chuva ou de neve, sobre os continentes”.

Figura 18 - Ciclo hidrológico.



Fonte: SMA/CPLEA - 2005.

SPEIDEL *et al*, (1988) citado por TUNDISI (2003) define os componentes do ciclo hidrológico como:

Precipitação: água adicionada à superfície da Terra a partir da atmosfera. Pode ser líquida, sob a forma de chuva ou sólida, como neve ou gelo.

Evaporação: Processo de transformação da água líquida para a fase gasosa, vapor d'água. A evaporação se dá a partir dos oceanos, lagos, rios e represas e também do solo.

Evapotranspiração: Processo de transporte de água na forma de vapor para a atmosfera, de uma superfície vegetada, através dos mecanismos combinados de transpiração das plantas e evaporação do solo (IDEAGRO 2005).

Infiltração: Processo pelo qual a água é absorvida pelo solo, ocasionando a recarga dos aquíferos subterrâneos.

Percolação: Processo pelo qual a água entra no solo e nas formações rochosas até o lençol freático.

Escoamento ou drenagem superficial: Movimento de deslocamento da água nas superfícies, durante a precipitação.

Avaliando o ciclo hidrológico na agricultura em cultivos desenvolvidos sem a prática da irrigação, a forma primária de obtenção de seu insumo básico se dá através da precipitação, a água de chuva, ou através da irrigação. O caráter complementar da irrigação é uma de suas funções mais importantes, pois diminui a dependência da chuva e reduz os riscos de baixa produtividade ou perda dos investimentos realizados. Em média a produtividade de áreas irrigadas é, aproximadamente, 2 a 3 vezes maior do que em áreas sem irrigação (FRIZZONE, 2004).

Para a produção agrícola a quantidade de água necessária às plantas depende, basicamente, do clima, do solo e da espécie vegetal. Em condições de clima adequado ao seu cultivo, a planta necessita de determinada quantidade de água para seu crescimento, chamada de evapotranspiração potencial da cultura, sendo variável de acordo com a espécie vegetal.

Este componente do ciclo hidrológico é intrínseco da espécie vegetal, pois depende do metabolismo da planta para aproveitamento da água necessária ao seu processo de desenvolvimento, sendo a evapotranspiração uma perda resultante e necessária para este processo.

No entanto, mesmo supondo as condições normais de solo e de clima do cultivo, ao se aplicar água a uma cultura deve-se dispor de um volume maior prevendo as inevitáveis perdas por evaporação, por percolação e por escoamento superficial.

Desta forma, na atividade agrícola a definição da quantidade de água necessária a uma cultura depende do controle das perdas inerentes a cada fase do ciclo hidrológico acima descritas, envolvendo basicamente os seguintes aspectos:

- 1- perdas de água transferida pela planta por meio da evapotranspiração;
- 2- perdas de água por evaporação;
- 3- perdas de água por percolação, infiltração e escoamento superficial no solo.

Desde que as condições de clima sejam favoráveis ao cultivo, em relação às perdas de água por evapotranspiração da planta não temos como evitar estas perdas, pois são intrínsecas ao processo de desenvolvimento do cultivo e, como já exposto, é uma perda necessária para a produção da planta.

O problema maior para a correta definição da quantidade de água fornecida pelos sistemas de irrigação aos cultivos está vinculado às perdas de água desnecessárias, isto é, aquelas provenientes da evaporação, percolação e infiltração da água e escoamento superficial no solo, correspondendo aos itens 2 e 3 supracitados.

Com isto, o planejamento e escolha de sistemas e métodos de irrigação para uma determinada cultura têm como objetivo principal evitar ou atenuar ao máximo perdas deste tipo, as quais devem ser controladas para aumentar os níveis de eficiência na aplicação da água no cultivo.

Segundo MONTAVANI (1996), “uma produção sustentável, em área irrigada, depende, fundamentalmente, da determinação da lâmina d’água e de um gerenciamento global do sistema, onde podemos citar a “perda” como a causadora de uma série de problemas”.

Existem sistemas que tem alto potencial de eficiência e redução de perdas, como por exemplo, em sistemas de irrigação localizada praticamente não existem perdas por evaporação, pois a aplicação da água é diretamente na raiz das plantas

formando um bulbo molhado abaixo da superfície do solo e reduzindo as perdas por evaporação, como é o caso do gotejamento.

Segundo FRIZZONE (2005), (...) “a irrigação não gasta muita água, quem gasta muita água é o ser humano, pois o ser humano precisa do alimento e, alguns deles, são compostos por até 95% de água”.

Em média, os vegetais apresentam 70% de sua composição em água sendo que, em alguns frutos como, por exemplo, o tomate a proporção de água pode chegar a 90% e, no entanto, nas sementes a proporção é de apenas 5% (BRANCO, 1993).

Significa dizer que durante o seu desenvolvimento a semente absorve, entre outras substâncias e fontes de energia, uma proporção bastante elevada de água utilizada para seu desenvolvimento e sendo armazenada em seu estágio final de transformação em fruto.

Se a quantidade de água necessária para um dado cultivo na evapotranspiração é praticamente constante, o planejamento e manejo sustentável em área irrigada dependem fundamentalmente da determinação da lâmina d'água necessária ao cultivo para ser atingida uma alta uniformidade e eficiência de aplicação, evitando excesso de água em um ponto e déficit em outro, uma escolha do sistema de irrigação mais adaptado às condições do cultivo com o menor índice de perdas de água e um manejo adequado dos sistemas de irrigação pelo agricultor, fator essencial para a atingir a meta de eficiência projetada para o sistema.

Em geral, as perdas de água nos projetos de irrigação estão associadas ao uso de sistemas de irrigação inadequados ocasionando elevadas perdas por evaporação, ação dos ventos, baixa taxa de infiltração no solo ou perdas nas tubulações e canais de distribuição do sistema.

Como não é possível ser alcançada a meta de redução total das perdas, a dificuldade que se apresenta é aplicar a mínima quantidade de água necessária ao

sistema solo - planta, com o menor impacto possível na cultura evitando prejuízos na produtividade e qualidade do produto, buscando reduzir ao máximo as perdas de água por evaporação, infiltração ou percolação e escoamento superficial.

Analisando em termos práticos, como principais condicionantes para se alcançar uma boa operação do sistema e eficiência no consumo de água para irrigação devem ser considerados, no mínimo, os seguintes fatores:

- 1- elaboração de projeto de irrigação contendo o dimensionamento correto da infra-estrutura de irrigação composta por instalações de captação, adução e distribuição da água, o preparo do terreno e espaçamento das tubulações, a escolha do sistema de irrigação com capacidade de aplicação da lâmina d'água necessária, com alta uniformidade e adequado para uma condição de solo, clima e cultura, assim como escolha do conjunto moto-bomba atendendo a capacidade do sistema de irrigação e evitando consumo elevado de energia;
- 2- definição da quantidade de água na irrigação e frequência de aplicação;
- 3- adequado manejo e operacionalização do sistema de irrigação feito pelo agricultor, para atingir a eficiência projetada para o sistema.

Desconsiderando o fator de custos financeiros envolvidos, em termos de elaboração de projetos, equipamentos e tecnologia de irrigação verifica-se atualmente a existência de várias opções de sistemas de irrigação de alta eficiência, disponíveis no mercado para solucionar ou minimizar as dificuldades ligadas ao manejo da irrigação. Porém, ainda existem dificuldades de conhecimento técnico para a correta operação destes sistemas pelo agricultor.

Buscando minimizar as dificuldades técnicas e financeiras, as propostas emergentes de alternativas ao desenvolvimento sustentável da irrigação são de incentivo à melhoria ou substituição gradual dos sistemas de irrigação, os quais em geral apresentam baixa eficiência, para métodos de irrigação adaptados a cultivos de maior retorno e apropriados ao uso racional de energia e água.

Nessa transformação, surge com maior vantagem os equipamentos de maior facilidade de controle e de manejo conhecido pelo agricultor, porém com a implantação de alterações nos equipamentos e componentes dos sistemas de irrigação sem ter modificações significativas no seu manejo, propiciando uma alteração gradual no nível de conhecimento técnico dos agricultores para seu adequado manejo e alcance de eficiência dos sistemas. Por exemplo, nas microbacias analisadas neste estudo foram realizadas apenas a substituição dos aspersores de média vazão e pressão para aspersores de baixa vazão e pressão, possibilitando um aproveitamento do conhecimento técnico já adquirido pelos agricultores no manejo dos sistemas de irrigação, visto que se manteve a estrutura de distribuição do sistema de aspersão convencional, porém com alteração de equipamentos os quais possibilitaram redução significativa no consumo de água e energia.

6.2 - Métodos e sistemas de irrigação – vantagens e limitações.

Considerando a área objeto da pesquisa foram feitos levantamentos das características dos sistemas de irrigação a partir de consultas bibliográficas e avaliações em campo da implantação dos sistemas de irrigação mais adaptados aos cultivos praticados nas microbacias selecionadas e integrantes do Programa Nacional de Meio Ambiente - PNMA II realizado em parceria com as Secretarias de Estado do Meio Ambiente e Agricultura e Abastecimento através da CATI – Regional de Mogi das Cruzes e Biritiba Mirim.

Através de consultas bibliográficas foi feita a identificação dos sistemas incluindo suas principais características, vantagens e desvantagens dos sistemas de irrigação mais indicados e de uso preferencial para os cultivos praticados na região da pesquisa. Algumas informações foram obtidas diretamente com os agricultores, nos dias de campo programados dentro do PNMA II, para apresentação das unidades demonstrativas de irrigação aos agricultores, em especial, as áreas 1 e 2 do projeto de pesquisa.

Em HIPLAN (2002), foi realizado o levantamento dos sistemas de irrigação utilizados na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, constatando-se que, em cadastramento realizado diretamente com os agricultores, os métodos mais utilizados são os de irrigação por mangueiras e por aspersão convencional de média vazão e pressão, seguidos de pequena parcela de cultivos com o uso de sistemas de irrigação por microaspersão e gotejamento.

Conforme apresentado no Capítulo IV, a Tabela 23 apresenta os tipos de sistemas de irrigação por usuário irrigante e municípios, assim como respectiva participação percentual no contexto regional da sub-bacia hidrográfica Cabeceiras e na Bacia do Alto Tietê.

Tabela 23 - Sistemas de irrigação utilizados por município na área da pesquisa.

Município	Nº de irrigantes	Aspersão convencional		Gotejamento		Microaspersão		Mangueira	
		qtde	sub-bacia %	qtde	sub-bacia %	qtde	sub-bacia %	qtde	sub-bacia %
Arujá	80	19	1,07	3	0,17	1	0,06	57	3,22
Biritiba Mirim	321	312	17,61	3	0,17	3	0,17	3	0,17
Ferraz de Vasconcelos	5	3	0,17					2	0,11
Guarulhos	4	3	0,17					1	0,06
Itaquaquecetuba	92	61	3,44	7	0,40	1	0,06	23	1,30
Mogi das Cruzes	728	555	31,32	9	0,51	19	1,07	145	8,18
Poá	1	1	0,06					0	0,00
Salesópolis	160	151	8,52	5	0,28	2	0,11	2	0,11
São Paulo*	20	18	1,02					2	0,11
Suzano	361	280	15,80	3	0,17			78	4,40
Total sub-bacia	1772	1403	79,18	30	1,69	26	1,47	313	17,66
TOTAL BAT	1984	1553	78,28	41	2,07	38	1,92	352	17,74
* estimativo									

Fonte: HIPLAN - 2002

Verifica-se que em relação à sub-bacia hidrográfica Cabeceiras o sistema mais utilizado é a aspersão convencional, método adotado em 79,18% das áreas irrigadas, sendo seguido por sistema de irrigação feito por mangueira, empregada em 17,66%.

Não foram constatados sistemas de irrigação por superfície, quer por sulcos ou inundação (HIPLAN, 2002).

Em FRIZZONE (2005), os métodos mais utilizados na irrigação podem ser divididos em quatro tipos básicos:

1 - Irrigação por aspersão - a aplicação da água ao solo resulta do fracionamento ou subdivisão de um jato d'água lançado sob pressão no ar atmosférico, assemelhando-se a uma chuva, sendo usados aspersores ou emissores para lançamento da água;

2 - Irrigação localizada - tem por princípio a aplicação da água molhando apenas uma parte do solo, localizada próximo à zona radicular da raiz da planta. A

aplicação da água é feita por emissores e localizam o volume de água necessário nas áreas de interesse;

3 - Irrigação por superfície - utilizam a superfície do solo para conduzir a água que deve ser aplicada na área a ser irrigada; e

4 - Irrigação subterrânea - consiste na aplicação de água ao subsolo pela formação de um lençol freático de água artificial ou pelo controle de um natural, mantendo-o a uma profundidade conveniente, capaz de proporcionar um fluxo satisfatório de água à zona radicular da cultura, satisfazendo as suas necessidades no processo de evapotranspiração.

Segundo FRIZZONE (2005), “para a meta de aumento de eficiência no uso da água para uma produção agrícola sustentável devemos considerar sistemas de irrigação que tenham capacidade de aplicar água de forma eficiente, reduzindo as indesejáveis perdas de água pelos sistemas, nas suas diferentes formas, através de evaporação, infiltração, percolação, escoamento superficial e deriva pela ação dos ventos.”

A seleção de métodos de irrigação deve ser baseada na sua capacidade de atender ao máximo a todos os fatores físicos, agronômicos e econômicos, portanto, a viabilidade técnica e econômica do projeto de irrigação. Para cada um dos métodos mencionados existem sistemas de irrigação desenvolvidos buscando a melhor eficiência de aplicação da água com o objetivo principal de atender as necessidades de água da planta, evapotranspiração do cultivo, e minimizar as perdas pelo sistema água, solo, planta e atmosfera (FRIZZONE, 2005).

Para avaliação dos sistemas o primeiro enfoque a ser dado é a capacidade do sistema em atender as necessidades de água pela planta para seu adequado desenvolvimento. Em segundo lugar, o consumo de água pelos sistemas de irrigação para avaliação da eficiência e possibilidades de economia do consumo de água pelos sistemas analisados.

Com esta abordagem serão apresentados os principais métodos de irrigação utilizados e os mais indicados como de uso preferencial para o cultivo de hortaliças, os quais foram definidos como sendo os métodos por aspersão convencional e localizada. Para análise comparativa dos métodos e sistemas de irrigação implantados nas microbacias selecionadas neste estudo, foram incluídos os registros fotográficos provenientes dos dias de campo realizados pelo PNMA II na sub-bacia hidrográfica Cabeceiras.

6.2.1. – Irrigação por aspersão

6.2.1.1 – Aspersão convencional de média e baixa vazão

FRIZZONE (2005), descreve que a irrigação por aspersão se desenvolveu, principalmente, após a segunda guerra mundial, com a produção de tubos de alumínio, leves, e sistemas de acoplamentos rápidos, facilitando o transporte manual, a operação e o manejo dos equipamentos no campo. Foram, também, desenvolvidos aspersores ou emissores de diferentes tipos e tamanhos.

AZEVEDO NETO (1998) subdivide os sistemas de aspersão convencional em dois grupos:

1º Grupo: aspersão convencional por sistema fixo, semi-fixo ou móvel;

2º Grupo: aspersão mecanizada com sistema autopropelido, por pivô central ou pivô linear.

Devido às características da agricultura intensiva praticada na região analisada, os sistemas definidos no primeiro grupo são os mais utilizados e, considerando o tipo de cultivo praticado, são os mais indicados e de uso preferencial para irrigação das áreas cultivadas. Os sistemas inseridos no segundo grupo em geral são utilizados para irrigação de grandes áreas cultivadas, agricultura extensiva, como, por exemplo, o pivô central o qual é utilizado em áreas de dimensões em torno de 60 a 80 hectares (MANTOVANI, 1996). Portanto, os sistemas avaliados estarão

restritos aos sistemas por aspersão convencional, de uso preferencial para o tipo de cultivo predominante de hortaliças praticado na região de estudo.

Temos que o objetivo básico da irrigação por aspersão é simular precipitações, de modo que aplique uniformemente quantidades de água definidas (BERNARDO, 1996).

Um sistema de aspersão convencional é composto normalmente por um sistema de captação, conjunto moto-bomba, sistema de distribuição em linhas, aspersores e acessórios (AZEVEDO NETTO, 1998).

De acordo com o descrito para o Grupo 1 supracitado, para a irrigação por aspersão convencional atingir toda a área o sistema de distribuição de água, composto por tubulações ou linhas, pode ser:

1- Fixo permanente e enterrado – é o sistema que apresenta linhas principais, secundárias e laterais para distribuição de água enterradas, e em quantidade suficiente para irrigar toda a área. Os aspersores utilizados são, em geral, de tamanhos pequeno ou médio. São geralmente utilizados em regiões onde a mão de obra é muito difícil e cara.

Segundo FRIZZONE (1992), são sistemas de alto custo inicial, justificando-se apenas para irrigação de pequenas áreas, culturas de alto valor econômico, como flores e produção de sementes. São também usados para irrigação de jardins e gramados, utilizando-se aspersores escamoteáveis. Para funcionamento dos aspersores podem ser instalados sistemas de controle manual ou por meio de estação de controle remoto (BERNARDO, 1996).

2- Fixo aparente - as linhas laterais, secundárias e principal permanecem fixas em suas respectivas posições durante a realização das irrigações, cobrindo toda a área. Diferem dos sistemas permanentes no aspecto de que apresentam as

tubulações dispostas sobre a superfície do terreno, podendo ser removidas quando desejado (FRIZZONE, 1992).

3 - Semifixo - as linhas principal e secundárias permanecem fixas, enterradas ou não. Apenas as laterais, cobrindo parte do campo, deslocam-se nas diferentes posições da área irrigada. Para isso, as tubulações são leves, dotadas de juntas ou conexões de acoplamento rápido (FRIZZONE, 1992).

4 - Portáteis - todas as linhas que compõem o sistema são móveis, deslocando-se progressivamente na área irrigada. Até mesmo a unidade de bombeamento pode ser deslocada (FRIZZONE, 1992).

O sistema de distribuição deve ser disposto no terreno de acordo com o layout do projeto, a fim de garantir boa uniformidade de aplicação da água no terreno, evitando excesso ou déficit de água em determinados pontos da área irrigada, conforme previsto no Capítulo VI referente às condicionantes para elaboração adequada de um projeto de irrigação.

Na sub-bacia hidrográfica Cabeceiras a maior parte dos sistemas de distribuição são do tipo semifixo, facilitando a mobilidade do sistema, embora devido à frequência no manuseio das tubulações se verifica alta incidência de vazamentos ao longo das linhas.

Dos componentes de um sistema de irrigação por aspersão, os aspersores são as peças principais do sistema, com vários tipos de tamanhos, pressão de serviço, diâmetro de alcance, diferentes vazões por aspersores e, conseqüentemente, diferentes intensidades de precipitação.

Segundo BERNARDO (1996), para fins de classificação existem quatro tipos básicos, sendo divididos de acordo com sua pressão de serviço e raio de alcance do jato da seguinte forma:

- aspersores de “pressão de serviço muito baixa” – funcionam com pressão de serviço entre 4 e 10 m.c.a., e possuem pequeno raio de ação, em geral menor que 6m. Compreende os tipos especiais de aspersores, como microaspersores e aspersores de jardim (BERNARDO, 1996);
- aspersores de “pressão de serviço baixa” – funcionam com pressão baixa entre 10 e 20 m.c.a., e possuem pequeno raio de ação, entre 6 e 12m. São usados em pequenas áreas tais como as encontradas na área da pesquisa e sendo conhecidos na região como aspersor ou emissor de baixa vazão (BERNARDO, 1996);
- Aspersor de “pressão de serviço média” – trabalham com pressão entre 20 e 40 m.c.a. e apresentam raio de alcance de 12 a 36m. Constituem os tipos mais usados nos projetos de irrigação por aspersão e se adaptam a quase todos tipos de solo e culturas (BERNARDO 1996);
- Aspersores “gigantes” ou canhão hidráulico – são aspersores de longo alcance com pressão de serviço entre 40 e 80 m.c.a., e raio de alcance entre 30 e 60m podendo atingir até 80m. São usados em áreas extensas e em sistemas de aspersão autopropelido, não sendo utilizado na região estudada (BERNARDO 1996).

Na região da sub-bacia hidrográfica Cabeceiras os aspersores de maior uso são aqueles classificados como de “pressão de serviço baixa e média”, pois funcionam com raio de ação compatível com o porte das áreas irrigadas.

Com base na classificação de tipos de aspersores apresentada, na região da pesquisa os agricultores, e até mesmo alguns técnicos, utilizam o termo de sistema de aspersão convencional de alta vazão para aspersores com características de aspersores de “pressão de serviço média”. Ainda com base na classificação BERNARDO (1996), neste estudo foi adotada ao invés de sistema de irrigação por aspersores com “pressão de serviço média” a denominação de sistemas por aspersão convencional de média vazão, por estar mais adequada às especificações

apresentadas na bibliografia. Da mesma forma para o sistema de irrigação de baixa vazão referente à “pressão de serviço baixa”, na classificação BERNARDO (1996).

Outros componentes que também influenciam na eficiência da aplicação da água no cultivo são os acessórios usados por causa da condução da água em tubulações e, por fim, sua elevação até os aspersores, com diversos tipos de acessórios, sendo os mais comuns: registro, curvas (30°, 45°, 60°, 90°), cotovelo, manômetro e etc. Muitas vezes a falta de manutenção adequada dos acessórios são responsáveis por grandes perdas de água ao longo das linhas de distribuição.

O conjunto moto-bomba é uma unidade de fundamental importância no sistema de irrigação por aspersão, para que seja fornecida a pressão necessária de funcionamento dos aspersores. Podem ser movidos a diesel ou gasolina e energia elétrica.

As principais vantagens apontadas ao método de irrigação por aspersão convencional são as seguintes:

- dispensa a preparação do terreno necessária aos sistemas de irrigação por superfície, podendo ser usado em terrenos de declividades mais acentuadas e superfície menos uniforme. (FRIZZONE, 2005)

- a irrigação por aspersão fornece boa uniformidade de distribuição de água ao longo de toda a área, com taxa de cobertura total do terreno (LUANOS, 1991). Segundo FRIZZONE (2005), a aspersão convencional proporciona melhor uniformidade de distribuição de água, no entanto, a uniformidade de distribuição de água pela aspersão é muito prejudicada pelo vento.

- reduz o risco de erosão devido à possibilidade de controle da pressão de serviço dos aspersores e intensidade de aplicação da água compatível com a capacidade de infiltração do solo

- com manejo adequado do sistema de irrigação é possível obter economia de mão-de-obra, principalmente em sistemas convencionais fixos permanentes, os quais não precisam de mão de obra para deslocamento das linhas para irrigação de outro setor. Porém, em sistemas semifixos, nos quais somente as laterais são deslocadas na área, a economia de mão-de-obra depende da funcionalidade da instalação. Segundo ZOCOLER et al. (1995) citado por FRIZZONE (2005), o custo anual total de um sistema de aspersão convencional cresce com a redução da distância entre linhas laterais devido ao aumento dos gastos com mão-de-obra para deslocamento das laterais: para 24m de espaçamento o custo anual total do sistema foi US\$ 174,93/ha, dos quais US\$ 20,58/ha foram gastos com mão-de-obra, e com 18m de espaçamento o custo anual total foi de US\$ 251,30/ha, sendo US\$ 15,43/ha com mão-de-obra.

- uma grande vantagem quanto ao uso de sistema de irrigação por aspersão convencional na região da pesquisa e verificada em contato com os agricultores, se refere à facilidade de operação, familiaridade e manejo do mesmo. Alguns fatores humanos influenciam a seleção de sistemas de irrigação, entre eles, hábitos, preferências, tradições, experiências, preconceitos e nível educacional. A preferência dos agricultores pelo sistema de irrigação por aspersão convencional de média vazão se deve, muitas vezes, ao fato de se assemelhar à água da chuva “irrigando o plantio”, as facilidades de operação e manejo dos sistemas, além da falta de recursos financeiros e treinamento técnico para uso de tecnologias mais avançadas.

Além dos aspectos gerais da aspersão convencional em comparação com o sistema de irrigação por média vazão, podemos citar vantagens mais específicas do sistema de baixa vazão, tais como:

- a vazão por aspersor de média vazão está em torno de 3.000 l/h, enquanto o aspersor de baixa vazão está entre 600 e 800 l/h (AGROPOLO, 2005), reduzindo de forma significativa o consumo de água, mesmo considerando que para adaptação do projeto, geralmente, ocorre redução do espaçamento entre linhas de 18m para 12m, ocasionando aumento do número de aspersores para a mesma área irrigada;

- economia de energia ou combustível para funcionamento do conjunto moto – bomba, em consequência da redução da pressão de aplicação de água pelo sistema de irrigação (AGROPOLO, 2005);

- devido à baixa precipitação por aspersor e presença de solo com boa capacidade de infiltração, diminuem as perdas por escoamento superficial e riscos de erosão (ANONYMUS d, 2005);

- reduz a incidência de doenças e a necessidade de aplicação freqüente de defensivos, pois diminui a umidade ou “encharcamento” no entorno da planta;

- a baixa pressão de aplicação ou precipitação, reduz a força de aplicação da água e a incidência de quebra de folhas prejudicando a qualidade do produto, em especial, nas hortaliças folhosas (ANONYMUS d, 2005);

- apresenta alta uniformidade de distribuição de água e de fertilizante no campo, em média, acima de 90% (AGROPOLO, 2005);

- menor índice de perdas de eficiência na aplicação da água pela influência da ação dos ventos (AGROPOLO, 2005);

- em relação aos aspersores de média vazão apresentam tempo de aplicação da irrigação menor;

Como desvantagens do sistema de aspersão convencional, podemos citar os seguintes fatores:

- custos de investimentos para compra de equipamentos, operação e manutenção com valores médios se comparados com o sistema por gotejamento, no entanto, a análise econômica envolvendo diferentes sistemas de irrigação é, em geral, muito complexa, pelo grande número de variáveis envolvidas.

Segundo FRIZZONE (2005):

“Os custos de investimentos em sistemas de irrigação são muito variáveis, dependendo das condições existentes no local e das exigências de cada sistema. Os custos de manutenção estão relacionados aos reparos e limpeza das estruturas hidráulicas e à reposição de peças e componentes. A grandeza desses custos depende muito da qualidade dos materiais empregados, equipamentos e obras realizadas e das condições operacionais.”

Portanto, para uma adequada avaliação financeira é necessária uma análise pormenorizada de cada caso específico, além da sua análise comparativa com os custos de alternativas de sistemas de irrigação.

- uma desvantagem freqüentemente apontada em relação à aspersão convencional se refere à velocidade e direção do vento, a umidade relativa e a temperatura do ar, fatores ambientais que prejudicam o bom desempenho do sistema de aspersão convencional. FRIZZONE ,em 2004 cita “o vento prejudica a uniformidade de distribuição de água dos aspersores e, juntamente com a temperatura e a umidade relativa do ar, influi nas perdas por evaporação”

PAZ (1990), citado por FRIZZONE (2005), avaliando a influência dos elementos climáticos sobre a uniformidade de distribuição de água de um aspersor concluiu que a velocidade do vento foi o fator que mais influenciou as perdas de água por evaporação e deriva, seguida da umidade relativa do ar. Alguns agricultores

utilizam o período noturno para aplicação de água ao cultivo, como forma de manejo da irrigação e redução de perdas por evaporação.

Seguem fotos da Área 1, situada no município de Biritiba Mirim, onde foram implantados sistemas de irrigação por aspersão convencional de baixa vazão, em substituição aos aspersores de média vazão.

SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL



Figura 19 - Área do Sr. Gilberto Lima do Santos, em Biritiba Mirim, unidade de demonstração do PNMA II, com a implantação de sistema de irrigação de baixa vazão para avaliação do Módulo Uso Racional da Água para Irrigação.



Figura 20 - Foto realizada dia 18.08.05 na área do Sr. Gilberto Lima.

6.2.1.2. – Irrigação por mangueira de PVC

Através de consultas bibliográficas em BERNARDO (1996), foi constatada a existência de sistema de aspersão por mangueira podendo ser fixo ou portátil, acopladas de 01(um) até 03 (três) aspersores por mangueira, porém as características das mangueiras usualmente utilizadas para irrigação na sub-bacia Cabeceiras, não se identificam com a descrição supracitada. São mangueiras de plástico PVC semelhante às usadas para irrigação de jardim, sem qualquer tipo de equipamento associado, por exemplo “chuveirinhos”, sendo o jato de água e seu direcionamento controlado manualmente pelo agricultor. Como vantagem deste sistema podemos citar a facilidade de uso e os baixos custos para sua aquisição. No entanto, em termos hídricos apresenta baixa eficiência de aplicação e uniformidade, potencial risco de erosão e elevada demanda hídrica, em geral, associada às perdas de água na distribuição, ou por evaporação, escoamento superficial e ação dos ventos.



Figura 21 - Área de produção de hortaliças situada no município de Biritiba Mirim, com uso de irrigação por mangueira de PVC.

6.2.2 –Irrigação localizada por microaspersão e gotejamento.

Conforme descrito, a irrigação localizada compreende a aplicação de água em apenas uma fração da área cultivada, na zona radicular das plantas com pequena intensidade (de 1 a 10 l/h), porém com maior frequência de aplicação, mantendo a região irrigada do solo sob alto regime de umidade (BERNARDO, 1996).

A aplicação é feita através de tubos perfurados com orifícios de diâmetros reduzidos ou por meio de pequenas peças denominadas gotejadores, conectadas em tubulações, funcionando a uma pressão de serviço de 0,5 a 2,5 atm, sendo o valor médio de 1 atm. A área máxima molhada não deve ser superior a 55% da área correspondente à projeção da copa das plantas, enquanto que a área mínima molhada deve ser aproximadamente 20% nas regiões de clima úmido e 30% nas de clima árido e semi-árido. A área de solo molhado exposta à atmosfera fica bem reduzida, o que reduz a perda de água por evaporação direta do solo (FRIZZONE, 2005).

A impossibilidade de verificação visual da área no momento da irrigação neste sistema, requer atenção particular na estimativa da necessidade de água das culturas ou na medida do potencial de água na zona radicular. Por ser um equipamento onde o fluxo de água é feito através de pequenos orifícios, a exigência de água limpa é uma característica deste sistema. Com poucas exceções, os projetos de irrigação por gotejamento incluem equipamentos de filtragem para evitar a obstrução dos gotejadores e constituem parte integrante do cabeçal de controle do sistema. Também fazem parte do sistema de irrigação por gotejamento o conjunto moto-bomba, tubulações de distribuição divididas em linha principal, de derivação e laterais e os gotejadores (SALASSIER, 1996).

O uso da irrigação localizada é muito indicado em local onde a disponibilidade de água é baixa, para solo arenoso, pedregoso e de topografia irregular ou quando se tratar de cultura com alto valor econômico agregado, porém sensível a pequenas variações de umidade do solo e exigente na aplicação de fertilizantes, uma vez que o método facilita a fertirrigação (FRIZZONE, 2005).

De acordo com FRIZZONE (2005), os sistemas de irrigação localizada podem ser classificados utilizando o critério de vazão:

- sistemas de alta vazão (16 a 150 l/h);
- sistemas de baixa vazão (inferior a 16 l/h).

Os sistemas de irrigação localizada de alta vazão incluem a microaspersão, existindo ainda um outro tipo intermediário conhecido como miniaspersão, apresentando vazão superior a 150 l/h, porém sem atingir a vazão dos aspersores convencionais. Incluídos nos sistemas de irrigação localizada de baixa vazão, temos o gotejamento que pode ser do tipo superficial e subsuperficial (FRIZZONE, 2005).

O sistema de irrigação por microaspersão funciona com emissores de água os quais possuem algum tipo de elemento giratório que distribui a água, acionado pela própria pressão de retorno da água. Os equipamentos e componentes da microaspersão são basicamente iguais aos necessários para métodos de irrigação por aspersão convencional. Os microaspersores se adaptam bem quando utilizados em ambientes protegidos e em sistemas fixos, de modo a facilitar a operação do sistema.

No sistema de irrigação por gotejamento os tubos gotejadores (com gotejadores integrados ao tubo) estão interligados através de sistema de distribuição fixo, sendo projetado número suficiente de linhas para suprir toda a área, não possibilitando a sua movimentação.

Alguns benefícios da irrigação localizada são apresentados a seguir:

- por se tratar de sistema fixo, seu custo é mais elevado, justificando sua aplicação em cultivos nobres, com alto valor agregado. Segundo BERNARDO (2004), “em geral a irrigação localizada é usada somente para fruteiras e alguns hortifrutigranjeiros de maior valor comercial”. Porém, temos que considerar casos em que a viabilidade econômica de implantação do sistema de irrigação localizada se justifica pela necessidade de redução de consumo de água, onde a disponibilidade

hídrica é baixa, pois as potencialidades de cada método e suas limitações dependem de fatores técnicos, sócio-econômicos e agronômicos.

- redução das perdas por evaporação, pois não molha toda a superfície dos vegetais ou do solo, não ocorrendo o movimento d'água no ar e, portanto, diminuindo a evaporação (BERNARDO, 1996);

- apresenta maior eficiência e economia no uso da água, permitindo melhor controle da lâmina d'água aplicada, reduzindo as perdas por percolação e não impedindo perdas por escoamento superficial ou ação dos ventos (BERNARDO, 1996);

- possibilita a adubação conjunta com a irrigação, em sistema de fertirrigação;

- maior controle fitossanitário, pois ao concentrar a aplicação de água não atinge áreas com ervas daninhas, normalmente encontradas entre as fileiras dos cultivos e, por não atingir a parte aérea dos vegetais, reduz a incidência de insetos e fungos, permitindo maior eficiência no uso de defensivos;

- reduz o risco da salinidade para as plantas, pois o regime de sais no solo é afetado pela frequência de irrigação e pela forma de aplicação de água (FRIZZONE, 2005). O turno de rega, em geral, é muito pequeno, mantendo o teor de umidade do bulbo molhado elevado, assim a concentração de sal é menor dentro do bulbo e maior concentração na periferia do bulbo. Permitindo desta forma, a concentração maior das raízes na região de menor concentração de sal e, conseqüentemente, com a redução de sais dissolvidos aumenta a absorção de água pelas raízes (BERNARDO, 2004). Se verifica que a dificuldade de absorção de água pela planta é agravada quando a umidade do solo é menor, com isso a alta frequência de irrigação facilita a absorção de água pela planta por dois motivos: por manter alta a umidade do solo e por reduzir a concentração de sais (FRIZZONE, 2005).

- por serem sistemas fixos e automatizados, são pouco exigentes em mão-de-obra, em relação ao número necessário para sua operacionalização, facilitando seu uso em local onde a mão-de-obra é escassa e de alto custo. Embora os custos operacionais possam ser reduzidos, há casos que os custos de inspeção e manutenção do sistema podem aumentar por ser um sistema automatizado (FRIZZONE, 2005);

- apresenta baixo consumo de energia uma vez que as pressões de operação são consideravelmente menores que em outros sistemas pressurizados (FRIZZONE, 2005);

- facilita as práticas culturais como operações de pulverização, desbaste, controle de ervas daninhas e colheita são possíveis sem interrupção da irrigação

Apesar das vantagens observadas, muitos problemas têm sido encontrados na utilização da irrigação localizada para alguns tipos de solo, qualidade de água e condições ambientais. A seguir, são discutidas algumas das principais limitações destes sistemas.

- ocorrência de entupimentos dos emissores ou gotejadores é considerada o mais sério problema em irrigação localizada, devido ao pequeno diâmetro dos orifícios. Uma das exigências inerentes ao sistema é a necessidade de utilização de água limpa, fazendo parte do processo de irrigação localizada a filtragem da água, a fim de evitar a obstrução dos emissores. A manutenção preventiva (incluindo filtragem da água, tratamento químico, lavagem das linhas laterais e inspeções de campo) é provavelmente a solução mais efetiva para evitar os danos da obstrução dos emissores.

- pode ocorrer desuniformidade na aplicação da água, em consequência de diferentes vazões aplicadas em cada gotejador, o que faz com que uma planta receba mais água do que outra e diferenças no crescimento (MANTOVANI, 1996);

- quando a água de irrigação tem alta concentração salina, o sal tende a se acumular na superfície do solo e na periferia do volume de solo molhado. A precipitação pode levar certa quantidade desses sais para dentro da zona radicular e causar estresse às plantas devido à diminuição do potencial osmótico (FRIZZONE, 2005).

- limitação do desenvolvimento do sistema radicular pela concentração de umidade constante próxima a este ponto, pois restringindo a disponibilidade de água a um pequeno volume de solo pode-se aumentar a eficiência de uso de água, facilitar o desenvolvimento das plantas, reduzir o perigo da salinidade e melhorar o uso de produtos químicos. Por outro lado, um volume mínimo de solo molhado parece ser necessário a um adequado desenvolvimento e distribuição do sistema radicular e para ótima resposta da cultura à irrigação (FRIZZONE, 2005);

- por ser um sistema de irrigação fixo composto por equipamentos de custos elevados, ainda são pouco utilizados em cultivo de hortaliças, face ao baixo valor agregado destes produtos. Segundo FRIZZONE, em 2005, no Brasil os custos iniciais desses sistemas podem variar de US\$ 2000 a US\$ 5000 por hectare, dependendo da cultura.

- por envolver o uso de equipamentos e de uma tecnologia de irrigação avançada, se verifica uma certa resistência ao seu uso pelos agricultores, não apenas pelo aspecto de custos elevados de investimento financeiro, mas pela cultura dos agricultores de que não é possível ter a certeza de que a cultura está sendo irrigada, pois não é visível como no caso da irrigação por aspersão convencional. Além disto, o uso de irrigação por gotejamento requer conhecimento técnico e manejo de irrigação mais complexo quando comparado com o método de aspersão convencional;

- é importante que seja feita manutenção dos equipamentos de filtragem da água antes de ser distribuída nos microaspersores e gotejadores. No caso dos filtros tradicionais, os mesmos devem ser lavados de tempos em tempos, existem sistemas automatizados que a partir de um certo nível de sujeira é acionado o processo de auto

limpeza (MANTOVANI, 1996). As Figuras 22 e 23 exemplificam os sistemas de irrigação localizada.

Figura 22 - Irrigação localizada em cultivo de alface na região de estudo.



Figura 23 - Irrigação localizada por gotejamento em ambiente protegido.



Fonte: Plano de Bacia - Caderno de irrigação - FUSP (2001).

Conforme mostrado na Figura 23, em visitas de campo nas áreas selecionadas para a pesquisa foram constatadas algumas variedades técnicas de cultivo, tais como cultivo protegido, tendo por objetivo aumentar a produtividade, reduzir o consumo e as perdas de água por evaporação, ação dos ventos ou escoamento superficial.

MARQUELLI e SILVA (1998), descrevem que “o termo cultivo protegido se resume a práticas modificadoras do ambiente natural para a proteção das plantas

contra as intempéries climáticas como a chuva, o vento, a umidade e a temperatura do ar natural, além de pragas e doenças”.

A produtividade é bastante otimizada, devido ao maior controle das condições climáticas adversas e possibilitando o atendimento das demandas de mercado durante o ano inteiro, sendo uma técnica bastante utilizada em vários locais do mundo para cultivo de produtos agrícolas de alto valor agregado, entre eles, plantas ornamentais, flores e hortaliças como tomate, alface, pimentão, pepino, berinjela e alface (MAROUELLI e SILVA, 1998).

O cultivo em ambientes protegidos pode ser feito basicamente de três formas diferentes:

- por cobertura do solo com materiais orgânicos ou sintéticos conhecidos como técnica de “mulching”;
- túneis de plástico sobre fileiras de cultivos; ou
- estufas ou casas de vegetação com cobertura de plástico.

Na Área 2, situada em Mogi das Cruzes, através do PNMA II foi implantada uma unidade de demonstração de cultivo protegido com túneis de plástico, onde as hortaliças são cultivadas diretamente no solo com sistema de irrigação por gotejamento, por apresentar maior controle da quantidade de água. A Figura 24 apresenta registro do local, onde foram implantadas técnicas de cultivo protegido pela CATI de Mogi das Cruzes, na Área 1 da pesquisa.

Figura 24 – Cultivo protegido em túnel alto com cobertura de plástico e sombrite.



Segundo MAROUELLI e SILVA (1998), para uma mesma espécie de hortaliça cultivada em ambiente protegido a quantidade de água pode ser muito diferente em relação ao cultivo em campo. A menor incidência de radiação solar e ação dos ventos associados à temperatura e umidade do ar mais elevadas são condições que interferem na evapotranspiração das plantas e, em geral, fazendo com que os cultivos em ambientes protegidos sejam menores do que em condições de campo.

Pelas características do cultivo protegido de hortaliças, o método de irrigação mais indicado é o gotejamento pela aplicação de água próxima à raiz da planta e em pequenas quantidades, porém não inviabilizando sistemas por aspersão convencional ou microirrigação.

Para MAROUELLI e SILVA (1998), os maiores problemas associados ao cultivo protegido, utilizando o próprio solo, estão relacionados ao acúmulo de doenças e salinização, merecendo os mesmos cuidados de um cultivo exposto em condições de campo.

A eficiência de aplicação de água pelos sistemas de irrigação em ambientes protegidos não foi avaliada, devido à falta de informações específicas que pudessem ser utilizadas para definir a lâmina de água necessária para irrigação nestes locais. No entanto, pode-se inferir que as condições controladas de cultivo, associada ao uso de sistemas de irrigação de maior eficiência no consumo de água, podem provavelmente contribuir ainda mais na redução de consumo de água.

Como avaliação geral, podemos verificar que a tecnologia atualmente à disposição da agricultura possibilita o aumento de eficiência no consumo de água e ganhos de produtividade, porém com custos e investimentos a serem devidamente avaliados e considerando a capacitação técnica adequada para manejo dos sistemas pelo agricultor. Ressaltando que não existe sistema de irrigação ideal, o qual não apresente vantagens e desvantagens, mas sim aquele que se adapte melhor às condições técnicas, agronômicas, sócio - econômicas e culturais, para serem consideradas na elaboração do projeto de irrigação.

CAPÍTULO VII - CÁLCULO ESTIMATIVO DO AUMENTO DE EFICIÊNCIA NA IRRIGAÇÃO.

Para avaliação do consumo estimativo de água por tipo de sistema de irrigação utilizado nas áreas de cultivo da sub-bacia hidrográfica Cabeceiras e, em seguida, para a Bacia do Alto Tietê, foram utilizadas fonte de dados de origem secundária para realização dos cálculos e quantificação estimativos dos consumos hídricos de cada sistema de irrigação, como referência os dados constantes no Cadastro de Irrigantes da Bacia do Alto Tietê - 2002 e dados do Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas CIIAGRO da Secretaria de Agricultura e Abastecimento - SAA - do Estado de São Paulo.

O objetivo principal deste capítulo é a avaliação numérica entre os consumos estimativos de água por tipo de sistema de irrigação para o cultivo típico mais praticado na região de estudo, as culturas de hortaliças. Posteriormente, sendo efetuada a comparação entre os consumos hídricos típicos por métodos de irrigação e quantificação estimativa do valor que poderá vir a ser reduzido no consumo de água na agricultura, derivado da alteração dos sistemas de irrigação atualmente utilizados na região da pesquisa por sistemas de irrigação mais eficientes, em relação às necessidades hídricas, para desenvolvimento adequado da planta e na redução das perdas de cada sistema avaliado por evaporação, ação dos ventos e escoamento superficial.

Em decorrência do valor obtido com a redução do consumo estimativo de água na irrigação das áreas cultivadas, o excedente hídrico poderá ser remanejado para uso no abastecimento público da RMSP, sendo efetuado o cálculo estimativo do número de habitantes equivalentes a serem atendidos em função do volume de água economizado no contexto da sub-bacia hidrográfica Cabeceiras e da Bacia do Alto Tietê.

A metodologia de avaliação utilizada para quantificação estimativa foi estabelecida através da adoção de parâmetros típicos de cálculos, com aplicação de

métodos aproximados, considerando que para informações e determinações mais precisas seria necessário um prazo maior de pesquisa para obtenção de dados de campo da região de estudo. Apesar da impossibilidade de precisão dos dados, a metodologia aplicada permitiu obter resultados preliminares indicativos da ordem de grandeza dos valores máximos, mínimos e intermediários a serem reduzidos no consumo de água, caso sejam adotadas técnicas de irrigação mais adequadas aos cultivos na região do sub-bacia hidrográfica Cabeceiras. Como pré-requisito, foram verificados quais são os sistemas de irrigação mais utilizados na área de abrangência da pesquisa e adotados como parâmetros iniciais de avaliação de consumo hídrico. Na Tabela 24 constam os sistemas de irrigação empregados nos cultivos pelos agricultores e o percentual de emprego destas técnicas em relação ao número total de irrigantes dentro do cenário regional avaliado.

Tabela 24 – Tipo de sistema de irrigação em cada município.

Município	Nº de irrigantes	Aspersão convencional		Gotejamento		Microaspersão		Mangueira	
		qtidade	sub-bacia %	qtidade	sub-bacia %	qtidade	sub-bacia %	qtidade	sub-bacia %
Arujá	80	19	1,07	3	0,17	1	0,06	57	3,22
Biritiba Mirim	321	312	17,61	3	0,17	3	0,17	3	0,17
Ferraz de Vasconcelos	5	3	0,17					2	0,11
Guarulhos	4	3	0,17					1	0,06
Itaquaquecetuba	92	61	3,44	7	0,40	1	0,06	23	1,30
Mogi das Cruzes	728	555	31,32	9	0,51	19	1,07	145	8,18
Poá	1	1	0,06						0,00
Salesópolis	160	151	8,52	5	0,28	2	0,11	2	0,11
São Paulo*	20	18	1,02					2	0,11
Suzano	361	280	15,80	3	0,17	0		78	4,40
Total sub-bacia	1772	1403	79,18	30	1,69	26	1,47	313	17,66
TOTAL BAT	1984	1553	78,28	41	2,07	38	1,92	352	17,74
* estimativo									

Fonte: HIPLAN (2002).

Em segundo lugar como pré-requisito, foi feita a avaliação do tamanho da área irrigada e colhida por cada sistema na sub-bacia. A Tabela 25 apresenta o tamanho de área irrigada de acordo com o tipo de sistema de irrigação utilizado na região.

Tabela 25- Tipo de sistema de irrigação por tamanho de área irrigada e colhida (ha)

Município	Nº de irrigantes	Área total irrigada e colhida(ha)	Aspersão convencional		Gotejamento		Microaspersão		Mangueira	
			irrigante com aspersão	área irrigada (ha)	irrigante com gotejamento	área irrigada (ha)	irrigante com microaspersão	área irrigada (ha)	irrigante com mangueira	área irrigada (ha)
Arujá	80	1.069,30	19	253,96	3	40,10	1	13,37	57	761,88
Biritiba Mirim	321	3.240,30	312	3.149,45	3	30,28	3	30,28	3	30,28
Ferraz de Vasconcelos	5	38,50	3	23,10					2	15,40
Guarulhos	4	38,00	3	28,50					1	9,50
Itaquaquecetuba	92	1.256,50	61	833,11	7	95,60	1	13,66	23	314,13
Mogi das Cruzes	728	7.338,40	555	5.594,52	9	90,72	19	191,52	145	1461,63
Poá	1	0,50	1	0,50						
Salesópolis	160	1.771,10	151	1.671,48	5	55,35	2	22,14	2	22,14
São Paulo*	20	158,80	18	142,92					2	15,88
Suzano	361	6.090,40	280	4.723,86	3	50,61			78	1315,93
Total sub-bacia	1772	21.001,80	1403	16.421,40	30	362,67	26	270,97	313	3.946,77
TOTAL BAT	1984	24.419,80	1553	19.114,89	41	504,64	38	467,718	352	4.332,55

Fonte: HIPLAN (2002).

*estimativo, não são apresentados valores desagregados de área por sub-bacia

Neste momento não foram avaliadas, dentro do conjunto de sistemas de irrigação analisados, variáveis de outra ordem, tais como, custos financeiros ou capacitação técnica para emprego do método de irrigação selecionado, sendo estabelecido como principal parâmetro de escolha do sistema de irrigação a maior eficiência em relação ao consumo de água e sua compatibilidade de aplicação em termos de desenvolvimento adequado do cultivo.

De acordo com HIPLAN (2002) foi feita a avaliação das áreas colhidas referentes aos cultivos praticados na sub-bacia sendo que se encontram divididos, basicamente, por hortaliças folhosas e de frutos.

Segundo MAROUELLI e SILVA (1998), para cultivo de hortaliças de frutos e folhosas são indicados o uso preferencial de método de aspersão de baixa vazão,

microaspersão e gotejamento, os quais serão adotados para avaliação em termos de eficiência de consumo estimativo de água.

Os valores de áreas irrigadas e colhidas por grupos de hortaliças folhosas e de frutos, respectivamente, para todos os municípios da sub-bacia do Alto Tietê-Cabeceiras e, em escala mais ampliada, para a Bacia do Alto Tietê estão apresentados na Tabela 26. Cabe esclarecer que foram adotadas como áreas de cultivos aquelas efetivamente irrigadas para posterior colheita, onde ocorreu o consumo de água de irrigação, sendo que a taxa média de uso da terra na região é de 3,2 vezes ao ano, resultando que o valor de área plantada e colhida será maior do que a área física total irrigada na Bacia do Alto Tietê, de 7.561 ha.

Tabela 26 - Área total irrigada e colhida(ha) por grupo de cultura.

Município	Nº de irrigante	Área física colhida (ha)	% na BAT	Hortaliças folhosas	Hortaliças frutos
Arujá	80	1.069,30	4,38	681,30	388,00
Britiba Mirim	321	3.240,30	13,27	2.739,00	501,30
Ferraz de Vasconcelos	5	38,50	0,16	38,50	
Guarulhos	4	38,00	0,16	38,00	
Itaquaquecetuba	92	1.256,50	5,15	967,70	288,80
Mogi das Cruzes	728	7.338,40	30,05	4.323,50	3.014,90
Poá	1	0,50	0,00	0,50	
Salesópolis	160	1.771,10	7,25	1.522,10	249,00
Suzano	361	6.090,40	24,94	4.538,70	1.551,70
São Paulo*	20	158,80	0,65	100,80	58,00
Total Sub-bacia	1.772	21.001,80	86,00	14.950,10	6.051,70
Total BAT	1.984	24.419,80	100	17.534,10	6.884,90

Fonte: HIPLAN 2002

Cabe ressaltar que os dados constantes da tabela comprovam a importância dos municípios da sub-bacia Cabeceiras em termos de produção agrícola, pois o total cultivado corresponde a 86% da produção total da Bacia do Alto Tietê, sendo esperado que os resultados encontrados sejam representativos do consumo hídrico

nesta atividade a ser reduzido, caso sejam adotadas práticas de irrigação mais econômicas no uso da água.

Ratificando a importância da região na produção de hortaliças folhosas, verifica-se que sua área colhida é bem superior à área destinada a hortaliças de frutos.

Para análise mais específica, a Tabela 27 mostra os valores de áreas irrigadas e colhidas em relação aos sistemas de irrigação utilizados na sub-bacia hidrográfica Cabeceiras.

Tabela 27 – Tipo de sistema de irrigação aplicado na área de cultivo.

Tipo de sistema de irrigação utilizado na sub-bacia	Área irrigada por sistema (ha)
Aspersão convencional	16.421,40
Gotejamento	362,67
Microaspersão	270,97
Mangueira	3.946,76

Na Tabela 27 verifica-se que são utilizadas na área da pesquisa basicamente duas categorias de sistemas em função da forma de irrigação, sendo uma composta pelos sistemas de irrigação por aspersão incluindo o método de aspersão convencional e, apesar de não ser considerado um método de aspersão no sentido estrito da definição conceitual, também podemos incluir nesta categoria a irrigação por mangueiras de PVC. Sendo a outra categoria composta pelos sistemas de irrigação localizada, isto é, gotejamento e microaspersão.

Tabela 28 - Valores de áreas irrigadas agrupadas por tipo de sistema.

Método de irrigação	Sistema de irrigação na sub-bacia Cabeceiras	Total área irrigada (ha)	TOTAL (ha)
Sistema de irrigação por aspersão	aspersão convencional	16.421,40	20.368,17
	Mangueira	3.946,77	
Sistema de irrigação localizada	Gotejamento	362,67	633,64
	Microaspersão	270,97	

Fonte: HIPLAN (2002).

Cale ressaltar que uma parte das áreas irrigadas apresentadas na Tabela 28, já se encontram com sistemas de irrigação localizada e sabendo que se tratam de hortaliças, independente do grupo, podemos considerar que, em termos de técnica de irrigação, apresentam-se adequadas aos objetivos principais de redução do consumo de água para cultivo, portanto seus valores de áreas irrigadas não serão considerados para efeito de cálculos, uma vez que não se verifica a necessidade de melhoria ou troca destes sistemas de irrigação, pois supondo seu adequado manejo são técnicas eficientes no consumo de água.

Desta forma, após ser estabelecido o valor da área de cultivo a ser utilizada para efeito de cálculos estimativos do consumo de água na irrigação, em seguida serão efetuados os cálculos dos valores típicos de consumo de água por tipo de sistema de irrigação, de acordo com a eficiência média de cada método de irrigação utilizado na sub-bacia Cabeceiras, com o objetivo de definir a Evapotranspiração total ou necessária para cada método aplicado em determinado cultivo da região da sub-bacia hidrográfica Cabeceiras.

A seguir são dadas as definições que compreendem os pressupostos do trabalho:

Supondo que a Lâmina líquida de água é igual a ETP potencial de referência, enquanto que a evapotranspiração bruta ou lâmina bruta de água é a ETP potencial de referência pela eficiência de aplicação.

Evapotranspiração potencial de referência (ETP_p): - máxima quantidade de água perdida por vapor, em uma dada condição climática, por um meio contínuo de vegetação rasteira, em desenvolvimento ativo, que cobre toda a superfície do solo, estando este na capacidade de campo. Desta maneira, inclui a evaporação do solo e transpiração de uma vegetação de uma região específica em um dado intervalo de tempo (CIIAGRO, 2005).

Lâmina líquida de água (u) - quantidade de água necessária para o tipo de cultura ou evapotranspiração potencial da planta em mm/dia (DAKER,1988).

Lâmina bruta de água (d) - quantidade efetiva de água, em mm/dia, aplicada no cultivo, incluindo as perdas de água por percolação, evaporação ou deriva pela ação dos ventos (DAKER,1988).

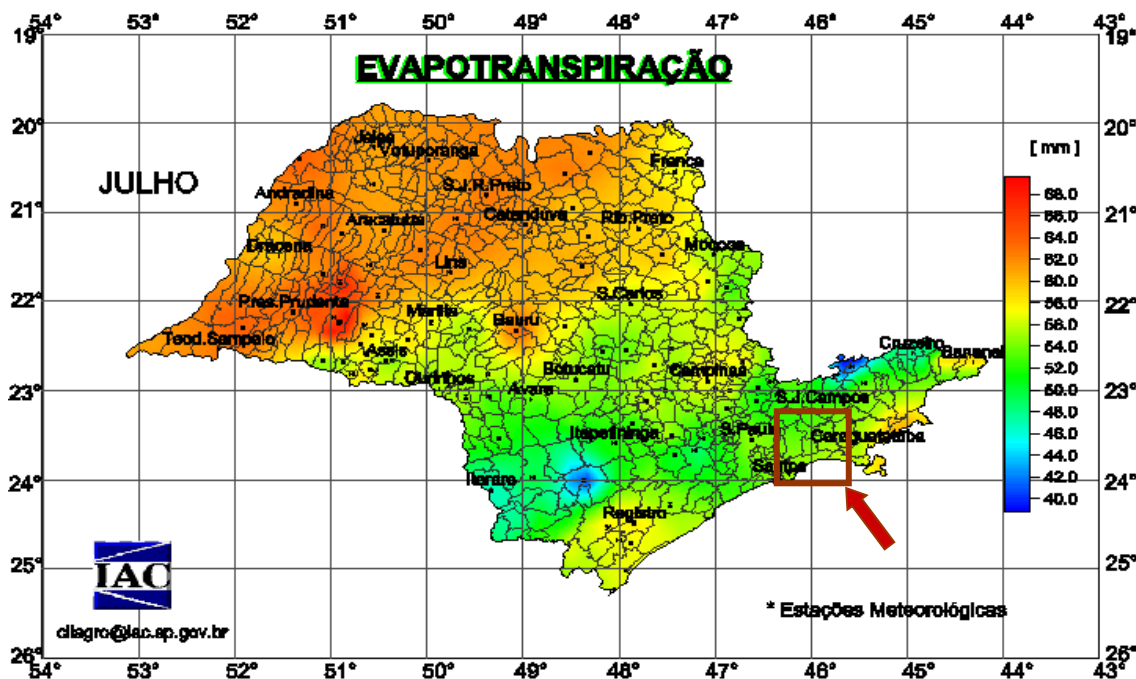
Eficiência aplicação de água (E) - é a relação entre o volume de água realmente utilizado pela planta e o volume aplicado, sendo fornecido em porcentagem. Eficiência de aplicação de água é função da uniformidade de aplicação e do manejo (DAKER,1988).

Para definição da evapotranspiração potencial de referência ou lâmina líquida de água a ser utilizada na região da pesquisa, foram consultados dados do Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas CIIAGRO da Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento SAA, referentes à série histórica mensal anos 2003 a 2005, com os valores médios de evapotranspiração potencial para o Estado de São Paulo.

Conforme definido para a pesquisa, foram realizadas leituras com referência de localização dos municípios de Mogi das Cruzes e Biritiba Mirim, através dos Mapas Agrometeorológicos constantes do Boletim Mensal, sendo selecionados os anos de 2003 a 2005, com leitura mensal dos valores de evapotranspiração potencial, durante os anos analisados.

Segue Figura 25 com mapa representativo onde foram feitas as leituras da série histórica da evapotranspiração potencial (ETP_p) para a região da pesquisa.

Figura 25 - Mapa Agrometeorológico constante do Boletim de Julho de 2005.



Fonte: CIIAGRO, (2005).

O local em destaque, indicado pela seta, se refere à região dos municípios de Mogi das Cruzes e Biritiba Mirim utilizados como referência para efetuar as leituras de evapotranspiração. Os valores da evapotranspiração mensal, em mm, foram transformados em mm/dia, para finalidade de cálculo da lâmina de água necessária para irrigação.

A Tabela 29 mostra o resultado da análise para a série histórica de Evapotranspiração potencial (**ETP_p**) diária por mês para a região da pesquisa.

Tabela 29 – Evolução da evapotranspiração potencial de referência nos anos de 2003 a 2005 na região dos municípios da sub-bacia hidrográfica Cabeceiras.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA - ETP_r (mm/dia)													
ANO	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Média
2003	3,93	4,28	3,22	2,60	1,74	1,80	2,09	2,12	2,83	3,42	3,50	4,03	2,97
2004	4,03	3,79	3,22	2,46	1,93	1,60	*	2,83	3,33	3,20	3,50	3,70	2,80
2005	4,03	3,75	3,22	2,53	1,61	1,80	1,74	2,25	nd	nd	nd	nd	2,61
Fonte Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas -CIIAGRO – SAA 2005													

*não disponível

A partir dos dados obtidos e observações acima descritas, verifica-se que o valor médio de evapotranspiração potencial de referência **ETP_p** ou lâmina líquida de água (**u**) é da ordem de 2,80 mm/dia no período.

DAKER (1988), apresenta que em trabalhos realizados sob as mais diversas condições, as hortaliças em geral podem consumir de 2,5 a 5 mm de coluna de água por dia.

Considerando as características físicas da região objeto do estudo, clima ameno e não muito seco, com a ocorrência de chuvas e altitudes maiores podem ser adotados valores de lâmina líquida de água entre 3 a 4 mm/dia (DAKER, 1988 p.162).

Com base nos dados de evapotranspiração potencial de referência (**ETP_p**) para a região da pesquisa obtidos através da Tabela 29, foi adotado o valor médio de **ETP_p** ou lâmina líquida de água igual a 3 mm/dia, prevendo uma pequena margem de erro nas interpretações dos mapas analisados, além de que se aproxima da situação real uma vez que a tendência dos agricultores é sempre se utilizar mais água do que o necessário, pois com um volume maior aplicado as chances de ocorrerem perdas na produção são menores.

Conhecendo-se a evapotranspiração potencial de referência ETP_p , foram calculados os valores de lâmina bruta de água (d) necessária para cada tipo de sistema de irrigação, ou seja, sob as condições de cultura, clima e solo da região.

7.1 - Avaliação da quantidade de água necessária para sistema de irrigação por aspersão convencional de média vazão.

Cálculo da lâmina bruta típica (d) de água para uma cultura de hortaliças com uso de sistema de irrigação por aspersão convencional de média vazão. Primeiramente, para obter este resultado serão calculados os valores de evapotranspiração potencial - ETP_p , e adotado o valor de eficiência de aplicação do sistema de irrigação por aspersão convencional de média vazão e pressão.

Evapotranspiração potencial (ETP_p) ou lâmina líquida típica de água (u)

Para este tipo de sistema de irrigação supõe-se que a taxa de cobertura da área é total, isto é, considerando um adequado fator de uniformidade de distribuição da água, pois a aplicação de água pelo sistema atinge toda a área, sendo adotado o valor típico de evapotranspiração potencial (ETP_p) ou lâmina líquida típica de água (u) para a cultura de hortaliças de 3 mm/dia.

Sabendo que $1\text{ mm/dia} = 10\text{ m}^3/(\text{ha.dia})$, temos que o valor da ETP_p ou lâmina líquida (u) de irrigação da cultura, é de $ETP_p = 30\text{ m}^3/\text{ha.dia}$

Portanto, para determinada cultura nas condições de clima e solo observadas para a região da pesquisa com sistema de irrigação por aspersão convencional de alta vazão, temos que:

$$ETP_p = 3\text{ mm/dia ou } 30\text{ m}^3/\text{ha.dia}$$

Cálculo da eficiência de aplicação (E)

Segundo MARQUES (2005), sistemas de irrigação por aspersão convencional de média vazão apresentam eficiência média de aplicação de água entre $70 \leq E \leq 75\%$, sendo adotado para cálculo o valor de 75%, considerando um adequado manejo na aplicação.

Cálculo da lâmina bruta de água necessária (d):

Com base nos valores acima, a lâmina bruta ou quantidade total de água necessária à irrigação (**d**) por aspersão convencional de média vazão da cultura no período de 24 h será calculada com base na seguinte fórmula :

$$d = \frac{ETP_{ref}}{E}$$

$$\text{Portanto, } d = \frac{3}{0,75} = 4,0mm / dia \text{ ou } 40m^3/ha.dia$$

Em síntese, o valor típico de quantidade de água necessária para irrigação por aspersão convencional de média vazão para determinada cultura sob as condições de cultivo, clima e solo da região analisada, é da ordem de 40m³/ha.dia.

7.2 - Avaliação da quantidade de água necessária por sistema de irrigação por aspersão convencional de Baixa Vazão.

Cálculo da Lâmina bruta típica (**d**) de água para uma cultura de hortaliças com uso de sistema de irrigação por aspersão convencional de baixa vazão.

Para obter este resultado serão primeiramente calculados os valores de evapotranspiração potencial de referência - **ETP_p**, e adotado o valor de eficiência de aplicação do sistema de irrigação por aspersão convencional de baixa vazão.

Cálculo de evapotranspiração potencial de referência (ETP_p) ou lâmina líquida típica de água (u)

Da mesma forma que para sistema de aspersão convencional de alta vazão, com este tipo de sistema de irrigação a taxa de cobertura da área irrigada é total, isto é, considerando um adequado fator de uniformidade de distribuição da água, supõe-se que a aplicação da água pelo sistema atinge toda a área, desta forma também foi adotado o valor típico de evapotranspiração potencial (**ETP_p**) ou lâmina líquida típica de água (**u**) para a cultura de hortaliças de 3 mm/dia.

Se 1mm/dia = 10m³/(ha.dia), temos que o valor da (**ETP_p**) ou lâmina líquida típica(**u**) de irrigação por aspersão de baixa vazão da cultura, é **ETP_p** = 3 mm/dia ou 30 m³/ha.dia.

Portanto, para determinada cultura, nas condições de clima e solo observadas para a região da pesquisa, com sistema de irrigação por aspersão convencional de baixa vazão **ETP_p** = 3 mm/dia ou 30 m³/ha.dia.

Cálculo da eficiência de aplicação (E)

Segundo FRIZZONE (2005), sistemas de irrigação por aspersão convencional de baixa vazão e pressão apresentam eficiência média de aplicação de água entre

$75 \leq E \leq 80\%$, sendo adotado para cálculo o valor de 80%, considerando um adequado manejo na aplicação.

Cálculo da lâmina bruta típica de água (d)

Com base nos valores acima, a Lâmina bruta ou quantidade total de água necessária à irrigação (**d**) por aspersão convencional de baixa vazão para cultura de hortaliças no período de 24 h será calculada com base na seguinte fórmula :

$$d = \frac{ETP_{ref}}{E}$$

Sendo E = Eficiência de aplicação da água=80%

$$\text{Portanto, } d = \frac{3}{0,80} = 3,75 \text{mm/ dia ou } 37,5 \text{m}^3/\text{ha.dia}$$

Em síntese, o valor típico de quantidade de água necessária para irrigação por aspersão convencional de baixa vazão e pressão para determinada cultura sob as condições de cultivo, clima e solo da região analisada é da ordem de 37,5m³/ha.dia.

7.3 - Avaliação da quantidade de água necessária por sistema de irrigação localizada por microaspersão.

O valor médio de evapotranspiração potencial (**ETP_p**) é o mesmo, isto é, de 3mm/dia. Porém, o sistema de irrigação localizada por microaspersão não tem cobertura total da área como a aspersão convencional, pois por ser localizada, a taxa de cobertura de aplicação de água se restringe a uma fração menor da área cultivada. Apesar da semelhança com a aspersão convencional, a microaspersão não faz sobreposição da área irrigada e, em média, atinge uma parcela correspondente a 70% da área total cultivada. Temos que para culturas do tipo das hortaliças, a taxa de cobertura média do solo pela cultura é igual a 70% (FRIZZONE, 2005).

Este valor corresponde à taxa de cobertura típica (Tc) da área cultivada com sistema de irrigação localizada por microaspersão (FRIZZONE, 2005).

Com isto, para cálculo do Fator de Cobertura (K_r) típico para microaspersão é usada a fórmula de KELLER e KARMELI, 1975:

$$K_r = T_c + 0,5(1-T_c)$$

Onde:

T_c é a Taxa de cobertura da área pela cultura, tendo peso na evapotranspiração;

$(1-T_c)$ é a fração de área não coberta pela cultura, tendo peso 0,5 na evapotranspiração potencial de referência, reduzindo, portanto o consumo de água na área total, deduzindo que:

$$K_r = T_c + 0,5(1-T_c) \Rightarrow K_r = 0,70 + 0,5(1-0,70) \Rightarrow K_r = 0,70 + 0,15 = 0,85$$

Portanto: $K_r = 0,85$

Aplicando-se este fator de cobertura ao valor de Evapotranspiração potencial de referência (ETP_p) da cultura fornecido pela média de valores do CIIAGRO, teremos que para sistema de irrigação por microaspersão o valor da evapotranspiração potencial de referência por sistema de microaspersão, será dada pela fórmula abaixo descrita:

$$ETP_{\text{microaspersão}} = K_r \times ETP_p$$

Onde $ETP_p = 3\text{mm/dia}$, valor adotado pelas médias de valores de ETP_p da região obtidos pela série histórica CIIAGRO .

Portanto, em condições médias $ETP_{\text{microaspersão}} = 0,85 \times 3 = 2,55\text{mm/dia}$ ou $25,5\text{m}^3/\text{ha.dia}$

Cálculo da eficiência de aplicação (E)

Segundo MARQUES (2005), sistemas de irrigação localizada por microaspersão apresentam eficiência média de aplicação de água entre $85 \leq E \leq 90\%$, considerando um manejo adequado com redução máxima das perdas de água será adotado para cálculo o valor de eficiência de aplicação de água pelo sistema o valor de 90%.

Cálculo da lâmina bruta de água necessária (d):

Com base nos valores acima, a lâmina bruta de água (**d**) ou quantidade total de água necessária ao cultivo de hortaliças por sistema de irrigação localizada no período de 24 h será calculada com base na seguinte fórmula :

$$d = \frac{ETP_{microasp}}{E}$$

onde : **ETP_{microaspersão}**= evapotranspiração potencial para irrigação por microaspersão, e

E = Eficiência do sistema na aplicação da água=90%

Com isto, temos que:

$$d = \frac{2,55}{0,90} = 2,84mm/ dia \text{ ou } 28,4m^3/ha.dia$$

Em síntese, o valor típico de quantidade de água necessária para irrigação com sistema de irrigação por microaspersão para uma determinada cultura de hortaliças sob as condições de cultivo, clima e solo da região analisada é da ordem de 28,4m³/ha.dia.

7.4 - Avaliação da quantidade de água necessária por sistema de irrigação localizada por gotejamento

Cálculo de evapotranspiração potencial de referência (ETP_p) ou lâmina líquida de água (u).

O valor médio de evapotranspiração potencial de referência (**ETP_p**) é o mesmo, isto é, de 3mm/dia. Porém, o sistema de irrigação localizada não tem cobertura total da área como a aspersão convencional, pois por ser localizada, a taxa de cobertura de aplicação de água se restringe à zona radicular da planta. Desta forma, não será feita irrigação onde não foi feito plantio, sendo bastante diferente da aspersão convencional sob este aspecto. Semelhante à irrigação por microaspersão, também

foi adotada taxa de cobertura média do solo pela cultura igual a 70% (FRIZZONE, 2005).

Para cálculo do Fator de Cobertura (K_r) típico é usada a fórmula de KELLER e KARMELI (1975):

$$K_r = T_c + 0,5(1 - T_c)$$

Onde:

Taxa de cobertura (T_c) é a parte onde a área coberta pela irrigação tem evapotranspiração com peso igual a 1 e a taxa para a área descoberta pela irrigação a evapotranspiração tem peso 0,5, deduzindo que:

$$K_r = T_c + 0,5 (1 - T_c) \Rightarrow K_r = 1 + 0,5 (1 - 0,7)$$

$$K_r = 0,7 + 0,15 = 0,85$$

Aplicando-se este fator de cobertura ao valor de evapotranspiração potencial de referência (ETP_p) da cultura fornecido pela média de valores do CIIAGRO, teremos que para sistema de irrigação localizada por gotejamento o valor da evapotranspiração potencial para irrigação por gotejamento da cultura, será dada pela fórmula abaixo descrita:

$$ETP_{\text{gotejamento}} = K_r \times ETP_p$$

Onde $ETP_p = 3\text{mm/dia}$, valor adotado pelas médias de valores de ETP_p da região obtidos pela série histórica CIIAGRO .

Portanto, em condições médias $ETP_{\text{gotejamento}} = 0,85 \times 3 = 2,55\text{mm/dia}$ ou $25,5\text{m}^3/\text{ha.dia}$.

Cálculo da eficiência de aplicação (E)

Segundo FRIZZONE 2005, sistemas de irrigação localizada apresentam eficiência média de aplicação de água entre $80 \leq E \leq 95\%$, considerando que as perdas de água

neste tipo de sistema é bastante minimizado, será adotado para cálculo de eficiência de aplicação de água por gotejamento o valor de 95%.

Cálculo da lâmina bruta de água necessária (d):

Com base nos valores acima, a lâmina bruta (**d**) ou quantidade total de água necessária ao cultivo de hortaliças por sistema de irrigação localizada no período de 24 h será calculada com base na seguinte fórmula:

$$d = \frac{ETP_{gotej.}}{E}$$

onde : **E** = Eficiência do sistema na aplicação da água=95% ou 0,95.

Com isto, temos que:

$$d = \frac{2,55}{0,95} = 2,68mm/dia \text{ ou } 26,8m^3/ha.dia$$

Em síntese, o valor típico de quantidade de água necessária para uso de sistema de irrigação localizada por gotejamento para uma determinada cultura de hortaliças sob as condições de cultivo, clima e solo da região analisada é da ordem de 26,8m³/ha.dia.

7.5 - Avaliação da quantidade de água necessária para irrigação por mangueira de PVC

Conforme Tabela 24, verificou-se que uma parcela correspondente a 17,66% da sub-bacia faz uso de mangueiras ou mangueira de PVC como um sistema que atende às demandas de irrigação dos agricultores, principalmente devido ao baixo investimento requerido para sua aquisição e manutenção, bem como se adapta às pequenas dimensões das áreas cultivadas possibilitando maior mobilidade nas áreas cultivadas. Desta forma, se faz necessária sua avaliação enquanto método de irrigação para verificação do consumo de água aproximado, sendo utilizados dados estimativos para os cálculos tendo em vista que este método não é considerado um método tradicional de irrigação e, portanto, não possibilita avaliações deste nível de detalhamento, através de referências bibliográficas ou de experiência adquirida.

Apesar de resultar em cálculo bastante estimativo, adotando-se a mesma metodologia usada nos outros sistemas avaliados, temos que:

Cálculo de evapotranspiração potencial de referência (ETP_p) ou lâmina líquida de água (u).

Considerando que com este tipo de sistema de irrigação a taxa de cobertura da área é total, isto é, desconsiderando as elevadas perdas no sistema e baixa uniformidade de aplicação, supõe-se que a aplicação da água pelo sistema atinge toda a área, foi adotado o valor típico de evapotranspiração potencial de referência (ETP_p) ou lâmina líquida típica de água (u) para a cultura de hortaliças de 3 mm/dia.

Se 1mm/dia = 10m³/ha.dia, temos que o valor da ETP_p ou Lâmina líquida (u) de irrigação da cultura, é de $ETP_p = 30 \text{ m}^3/\text{ha.dia}$

Portanto, para determinada cultura nas condições de clima e solo observadas para a região da pesquisa com sistema de irrigação por aspersão convencional de alta vazão temos que:

$$ETP_p = 3 \text{ mm/dia ou } 30 \text{ m}^3/\text{ha.dia}$$

Cálculo da eficiência de aplicação (E)

Segundo FRIZZONE (2005), (Informações Pessoais), com não há bibliografia disponível para obtenção deste dado, mas considerando se tratar de método com elevados níveis de perdas em diferentes formas, isto é, por evaporação, ação dos ventos, escoamento superficial e na distribuição, podemos inferir que a eficiência média de aplicação de água por este método pode estar entre $30 \leq E \leq 35\%$, sendo adotado para cálculo o valor médio de 35%.

Cálculo da lâmina bruta de água necessária (d) para irrigação por mangueira de PVC:

Com base nos valores acima, a lâmina bruta (**d**) ou quantidade total de água necessária à irrigação por mangueira de PVC no período de 24 h será calculada com base na seguinte fórmula :

$$d = \frac{ET_{Pref}}{E}$$

E = Eficiência do sistema na aplicação da água

Portanto, em condições médias $d = \frac{3}{0,35} = 8,57 \text{ mm/dia}$ ou $85,70 \text{ m}^3/\text{ha.dia}$

Em síntese, o valor típico de quantidade de água necessária para irrigação com uso de mangueira de PVC para uma determinada cultura de hortaliças sob as condições de cultivo, clima e solo da região analisada é da ordem de $85,70 \text{ m}^3/\text{ha.dia}$.

O valor resultante para irrigação por mangueiras mesmo bastante estimativo, em comparação com os consumos de água necessários para cultura de hortaliças utilizando os sistemas de irrigação avaliados neste capítulo, evidencia que nos casos de uso de mangueira de PVC para irrigação o consumo de água é extremamente elevado, com baixa eficiência de aplicação, acarretando altos índices de perdas no consumo de água e desperdício hídrico.

Para avaliação conjunta dos resultados, na Tabela 30 foram sistematizados os valores obtidos de Lâmina bruta de água para cada tipo de sistema de irrigação

analisado e associado ao cálculo do percentual de redução no consumo estimado de água por sistema em relação ao método mais utilizado na região, isto é, aspersão convencional de média vazão em um determinado cultivo da sub-bacia hidrográfica Cabeceiras.

Tabela 30 – Lâmina bruta de água por tipo de sistema de irrigação.

Tipo de Sistema de irrigação	Evapotranspiração de referência	Eficiência de aplicação ou rega	Lâmina bruta de água necessária	Percentual estimativo de redução no consumo de água em relação ao sistema de média vazão
	ETP_{ref.}	E	d	
	(mm/dia)	(%)	(m ³ /ha.dia)	
Aspersão média vazão	3	75	40	0
Aspersão baixa vazão	3	80	37,5	6,25
Microaspersão	2,55	90	28,4	29
Gotejamento	2,55	95	26,8	33

Para o caso do uso de mangueiras, foi feito o cálculo da redução estimada deste sistema através da substituição por sistema de aspersão convencional de média vazão, resultando em valor de redução no consumo de água da ordem de 53%.

A Tabela 31 apresenta a redução estimativa no consumo de água em sistema de irrigação por mangueira com a substituição por sistema de irrigação de média vazão.

Tabela 31 – Redução de consumo de água por irrigação por mangueiras.

Tipo de Sistema de irrigação	Evapotranspiração de referência	Eficiência de aplicação	Lâmina bruta de água necessária	% de redução no consumo
	ETP _{ref.} (mm/dia)	E (%)	u (m ³ /ha.dia)	
Mangueira de PVC	3	35	85,7	53,33

Sabendo que a lâmina bruta de água (**d**) encontrada para cada sistema é fornecida em m³/(ha.dia) e adotando-se os valores constantes da Tabela 28, é possível definir o valor estimativo de consumo de água, de acordo com o tipo de sistema de irrigação utilizado na área total irrigada da sub-bacia hidrográfica Cabeceiras.

Com base nas eficiências médias por sistema de irrigação, a Tabela 32 contém a avaliação do consumo estimado total de água por sistema de irrigação, proporcional à área de aplicação em ha do respectivo sistema na sub-bacia, possibilitando o cálculo estimativo de consumo de água, em m³/dia e m³/s, em uso na atividade agrícola da região.

Tabela 32 – Estimativa de consumo de água por área total e tipo de irrigação.

Sistema de irrigação	Valor da área irrigada por cada sistema na sub-bacia	Consumo típico de água por sistema de irrigação	Consumo de água para a área total irrigada/plantada na sub-bacia	
	(ha)	(m ³ /(ha.dia))	m ³ /dia	m ³ /s
mangueiras	3.946,77	85,7	338.238,19	3,91
aspersão de média vazão	16.421,40	40	656.856,00	7,60
aspersão de baixa vazão	0,00	37,5	0,00	0,00
microaspersão	270,97	28,4	7.695,55	0,09
gotejamento	362,67	26,8	9.719,56	0,11
TOTAL	21.001,81		1.012.509,29	11,72

Fonte: HIPLAN – 2002.

Para aumento de eficiência dos sistemas de irrigação em relação ao cultivo, temos que as áreas com sistemas de irrigação localizada não serão objeto de avaliação de redução do consumo de água, uma vez que já se encontram com uso de sistemas de irrigação compatível com o objetivo de aumento de eficiência no consumo de água. Portanto, a área utilizada para efeito de cálculos será correspondente às áreas irrigadas por sistemas de mangueiras e aspersão convencional no total de 20.368,17 ha.

7.6 - Simulações entre os sistemas de irrigação

Conforme abordado na descrição das características principais dos sistemas de irrigação e a indicação de uso mais adequado dependendo do tipo de cultivo, foram definidos como sendo os sistemas de uso preferencial para cultivo de hortaliças os métodos de irrigação por aspersão convencional de baixa vazão, por microaspersão e gotejamento e, desta forma, através da simulação de melhoria ou troca dos sistemas de irrigação utilizados na sub-bacia, aspersão convencional de média vazão e mangueiras, ser possível quantificar o aumento de eficiência no consumo estimativo de água para irrigação.

A Tabela 33 mostra os arranjos entre os sistemas de irrigação para definição dos valores máximos, mínimos e intermediários a serem aplicados no cálculo estimativo das reduções de consumo de água com as alterações dos sistemas de irrigação.

Tabela 33 - Possibilidades de arranjos entre os sistemas de irrigação e limites de redução estimativa de consumo de água.

Valores limites de redução estimativa	Arranjos entre os sistemas de irrigação	
	de	para
Mínima	média vazão	baixa vazão
Intermediária	baixa vazão	microaspersão
	baixa vazão	gotejamento
Máxima	média vazão	microaspersão
	média vazão	gotejamento

Conhecendo os valores de consumos estimativos de água por sistema de irrigação utilizado na sub-bacia, Tabela 32, foi calculado o valor aproximado de consumo de água para cada uma das possibilidades de arranjos por tipo de sistema de irrigação, a saber, por aspersão convencional de média vazão e por mangueiras.

A Tabela 34 apresenta os valores de consumo estimativo de água para o valor total de área irrigada por mangueiras constatado na sub-bacia hidrográfica Cabeceiras por tipo de sistema de irrigação indicado como de uso preferencial para o cultivo existente na região.

Tabela 34 – Consumo estimativo de água para a área total irrigada/plantada (ha) por tipo de sistema de irrigação por mangueira.

Sistema de irrigação	Valor da área irrigada por mangueira	Consumo estimativo de água por sistema	Consumo de água para a área total irrigada/plantada na sub-bacia		Redução estimativa para mangueira
	(ha)	(m ³ /ha.dia)	m ³ /dia	m ³ /s	%
mangueira	3.946,77	85,7	338.238,19	3,91	0
aspersão de média vazão	3.946,77	40	157.870,80	1,83	53
aspersão de baixa vazão	3.946,77	37,5	148.003,88	1,71	56
microaspersão	3.946,77	28,4	112.088,27	1,30	67
gotejamento	3.946,77	26,8	105.773,44	1,22	69

A Tabela 35 apresenta os valores estimativos máximo, mínimo e intermediário a ser reduzido com a melhoria ou troca do sistema de irrigação por mangueira.

Tabela 35 – Limites estimativos máximo, mínimo e intermediário de redução no consumo de água pela melhoria ou troca de irrigação por mangueiras.

Troca de sistema de irrigação		Redução no consumo estimativo com melhoria ou troca do sistema		Limite de redução para área irrigada por mangueira
de	para	M ³ /dia	m ³ /s	
mangueira	média vazão	180.367,39	2,09	Mínimo
mangueira	baixa vazão	190.234,31	2,20	Intermediário
mangueira	microaspersão	226.149,92	2,62	
mangueira	gotejamento	232.464,75	2,69	Máximo

Verifica-se que no caso de alteração do sistema de irrigação por mangueiras para qualquer tipo escolhido, a margem de redução estimativa de consumo de água está em torno de 2,0m³/s, um valor bastante significativo, pois a maior parte deste consumo resulta em vários tipos de perdas associados a este método, entre eles perdas por evaporação, escoamento superficial, percolação e ação dos ventos acarretando desperdício e baixo aproveitamento da água.

A Tabela 36 apresenta os valores de consumo estimativo de água para a área total irrigada por aspersão convencional na sub-bacia e supondo a adoção na área total de sistema de irrigação indicado como de uso preferencial para o cultivo.

Tabela 36 - Consumo de água por sistema de irrigação considerando a área total irrigada por aspersão convencional de média vazão na sub-bacia.

Sistema de irrigação	Valor da área irrigada por cada sistema na sub-bacia	Consumo típico de água por sistema de irrigação	Consumo de água para a área total irrigada/plantada na sub-bacia	
	(ha)	m ³ /ha.dia	m ³ /dia	m ³ /s
aspersão de média vazão	16.421,40	40	656.856,00	7,60
aspersão de baixa vazão	16.421,40	37,5	615.802,50	7,13
microaspersão	16.421,40	28,4	466.367,76	5,40
gotejamento	16.421,40	26,8	440.093,52	5,09

Com base nas informações acima, para aumento de eficiência no consumo de água e verificação do valor estimativo total a ser reduzido de aspersão convencional de média vazão para sistemas de irrigação de maior aproveitamento da água, foi elaborada a Tabela 37 com os valores máximo, mínimo e intermediário do consumo total estimativo de água para os diferentes arranjos entre os sistemas de irrigação.

Tabela 37- Limites máximo, mínimo e intermediário de redução de consumo estimativo de água com a melhoria ou troca do sistema de irrigação por aspersão convencional de média vazão.

Troca de sistema		Redução no consumo estimativo com melhoria ou troca do sistema		Limites de redução para área irrigada por aspersão convencional
De	Para	(m ³ /dia)	(m ³ /s)	
média	baixa vazão	41.053,50	0,48	mínimo
alta	microaspersão	190.488,24	2,20	intermediário
baixa	microaspersão	149.434,74	1,73	
alta	gotejamento	216.762,48	2,51	máximo

7.7 - Resultados das simulações em número de habitantes equivalentes

A Tabela 38 a seguir, mostra os valores gerais obtidos para os dois casos de possibilidade de aumento de eficiência no consumo estimativo de água supondo a melhoria ou troca dos sistemas de irrigação e os valores limites máximo, mínimo e intermediário a serem atingidos com o cenário de consumo hídrico resultante após as alterações entre os métodos.

Conforme Capítulo II, para efeito comparativo entre os valores de consumo médio foram utilizados dados provenientes dos Planos Integrados Regionais - PIR da SABESP da Unidade de Negócio Leste por serem mais apropriados à área delimitada da pesquisa e, portanto, mais próximos da situação regional.

De acordo com SABESP 2002, o consumo médio mensal total, em 2000, na Unidade de Negócio Leste foi de 11.405.895 m³/mês ou 4,40 m³/s correspondendo a uma população aproximada atendida pela empresa e consumo médio per capita na região de, respectivamente, 3.184.758 habitantes e 122 l/hab.dia (SABESP, 2002).

Cabe salientar que o valor de consumo por l/hab.dia se refere ao consumo efetivo de água calculado pela SABESP, descontando as perdas de água reais e aparentes do sistema de distribuição.

Se considerarmos que as metas dos programas de controle de perdas de água sejam atingidas pela empresa, podemos adotar que, para abastecimento público da porção leste da RMSP, a vazão de $1\text{m}^3/\text{s}$ corresponde ao atendimento de uma população aproximada de 723.808 habitantes.

Ressalte-se que a adoção dos valores estimativos de população atendida se refere exclusivamente à região de atuação da Unidade de Negócios Leste, devendo ser devidamente relativizado com utilização de valores diferenciados no caso de simulações para a RMSP, a qual apresenta uma demanda hídrica per capita diferenciada do contexto da área de abrangência da pesquisa.

A Tabela 38 mostra os valores limites de consumo estimativo de água, em m^3/s , máximo, mínimo e intermediário resultantes das simulações entre os sistemas de irrigação por mangueira e aspersão convencional de média vazão utilizados na sub-bacia hidrográfica Cabeceiras e o correspondente número de habitantes equivalentes da porção leste da RMSP com a possibilidade de atendimento proveniente de redução hídrica atingida com aumento da eficiência dos sistemas de irrigação.

Tabela 38 – Valores limites de redução no consumo estimativo de água, em m³/s, com respectivo número de habitantes equivalentes da RMSP.

Área de abrangência da sub-bacia hidrográfica Cabeceiras					
Área irrigada	Melhoria ou troca		Redução estimativa do consumo de água (m³/s)		Nº de habitantes equivalentes da RMSP
	de	Para			
Irrigação por aspersão convencional (16.421,40 ha)	média vazão	baixa vazão	mínima	0,48	347.428
	baixa vazão	microaspersão	intermediária	2,20	1.592.379
	média vazão	microaspersão		1,73	1.252.188
	alta vazão	gotejamento	máxima	2,51	1.816.760
Irrigação por mangueira (3.946,76ha)	mangueira	média vazão	mínima	2,09	1.512.760
	mangueira	baixa vazão	intermediária	2,20	1.592.379
	mangueira	microaspersão		2,62	1.896.378
	mangueira	gotejamento	máxima	2,69	1.947.045
Área total da sub-bacia (20.368,16 ha)	mangueira e média vazão	média e baixa vazão	mínimo	2,57	1.860.188
	mangueira e média vazão	gotejamento	máximo	5,20	3.763.805

Portanto, desconsiderando condicionantes de outra ordem, na hipótese mais otimista de aplicação de sistema de irrigação localizada por gotejamento na área total irrigada ou plantada na sub-bacia hidrográfica Cabeceiras, resulta que o limite máximo a ser atingido de redução do consumo estimativo de água é da ordem de 5,20 m³/s, com possibilidade de remanejamento do consumo hídrico economizado para uma população aproximada de mais de 3(três) milhões de habitantes da RMSP.

Para avaliação em relação ao consumo médio de água da RMSP, conforme Capítulo II, se adotarmos que no ano de 2005 os sistemas produtores operados pela SABESP produziram 65,4m³/s para atendimento da demanda de abastecimento público de uma população de 18milhões de habitantes da RMSP, segundo projeção SEADE 2005, temos que por extrapolação, 1m³/s corresponde a, aproximadamente, 275.229 habitantes da RMSP.

Em se adotando como referência para cálculos AIROLDI (2003), o valor de demanda média de água de $10,8\text{m}^3/\text{s}$ pode abastecer uma população em torno de 03(três) milhões de habitantes resultando, por extrapolação, que $1\text{m}^3/\text{s}$ corresponde ao atendimento de aproximadamente, 277.778 habitantes equivalentes da RMSP.

Cabe ressaltar que este valor se refere à demanda média de água. Apesar do número de habitantes equivalentes atendidos pela mesma vazão ser bastante inferior ao , incluindo as perdas totais do sistema de distribuição e, conseqüentemente, resultando em valor superior ao adotado para cálculo da porção leste da RMSP, conforme já mencionado em parágrafo anterior.

De forma semelhante, aplicando-se o método estimativo de cálculo para a RMSP, teremos que o valor de habitantes equivalentes a serem atendidos com a redução hídrica obtida será bastante diferenciado, pois corresponde ao valor de demanda média de água por habitante, diferente do valor de consumo médio per capita medido pela SABESP e verificado na região da sub-bacia do Alto-Tietê Cabeceiras (SABESP, 2002).

As Tabelas 39 e 40 apresentam os limites de redução no consumo estimativo de água e o número de habitantes equivalentes da RMSP, obtidos com o aumento de eficiência no uso da água para irrigação considerando a área total da Bacia do Alto Tietê, descontadas as áreas irrigadas por microaspersão e gotejamento.

Tabelas 39 e 40 – Valores limites de redução no consumo estimativo de água, em m³/s, por número de habitantes equivalentes da RMSP para a bacia do Alto Tietê.

Área de abrangência da Bacia do Alto Tietê					
Área irrigada	Melhoria/troca		Redução estimativa do consumo de água (m³/s)		Nº de habitantes equivalentes da RMSP
	de	para			
Área total da Bacia do Alto Tietê (23.447,44 ha)	mangueira	média vazão	mínimo	0,56	784.403
	média vazão	baixa vazão		2,29	
			total	2,85	
	mangueira	gotejamento	máximo	2,95	1.630.557
médiavazão	2,92				
		total	5,87		

1- Fonte: SABESP, 2005; SEADE, 2005.

Área de abrangência da Bacia do Alto Tietê					
Área irrigada	Melhoria/troca		Redução estimativa do consumo de água (m³/s)		Nº de habitantes equivalentes da RMSP
	de	para			
Área total da Bacia do Alto Tietê (23.447,44 ha)	mangueira	média vazão	mínimo	0,56	791.667
	média vazão	baixa vazão		2,29	
			total	2,85	
	mangueira	gotejamento	máximo	2,95	2.347.224
médiavazão	2,92				
		total	5,87		

2- Fonte: AIROLDI E., 2003.

Nas hipóteses avaliadas e selecionadas para a pesquisa verificam-se variações nos resultados obtidos de acordo com a referência utilizada, mas sendo

possível através de processo estimativo quantificar e constatar os valores limites alcançados de redução de consumo estimativo de água, em m³/s, e sua proporcionalidade em relação ao número significativo de habitantes equivalentes passíveis de abastecimento de água na RMSP, em consequência do aumento de eficiência dos sistemas de irrigação, conforme utilizado na sub-bacia hidrográfica do Alto-Tietê Cabeceiras e na Bacia do Alto Tietê.

É certo que não podemos deixar de considerar a relatividade dos resultados, sendo a sua precisão diretamente proporcional à fonte de dados disponíveis e utilizados nos estudos e o método de cálculo, mas possibilitam uma avaliação preliminar quantificada da situação.

Segundo EIGER, em 2003:

“os modelos matemáticos podem ser extremamente úteis para a compreensão mais ampla dos problemas, para efetuar análise de sensibilidade e para a comparação de cenários alternativos da adoção de medidas de gestão em qualquer sistema. Todavia, representam aproximações da realidade, sendo seus resultados imbuídos de um certo nível de incerteza, os quais devem ser criticamente avaliados na possibilidade da implementação de intervenções em sistemas”.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

CAPÍTULO VIII – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

8.1 Conclusões

Os resultados obtidos sugerem que as alterações propostas de redução de consumo estimativo de água são tecnicamente viáveis para aumento de eficiência no uso da água para irrigação. Embora, muitas vezes, o custo financeiro para aquisição de novos equipamentos ou mudança total de tecnologia empregada resulte em elevados custos de investimentos, prejudicando a sua efetiva execução pelos agricultores, pois o potencial de investimento dos agricultores em tecnologias de irrigação mais avançadas, em geral, é bastante limitado, devido ao baixo valor econômico dos produtos agrícolas, tais como as hortaliças.

No entanto, algumas análises efetuadas neste trabalho indicam a possibilidade de custos relativamente baixos de investimento e viabilidade econômica de execução, proporcionando benefícios significativos em termos de redução no consumo de água para irrigação e aumento de disponibilidade hídrica para a RMSP, sendo inclusive passível de implementação em curto prazo.

Como exemplo, pode-se supor a adoção da mínima intervenção considerada neste trabalho com a melhoria dos dois sistemas de irrigação principais utilizados na região, isto é, de mangueiras de PVC e aspersão convencional de média vazão para sistemas de irrigação por aspersão convencional, respectivamente, de média e baixa vazão, conforme Tabelas 39.

Como resultado desta melhoria o valor alcançado de redução de consumo estimativo de água será de até 2,85 m³/s, possibilitando o remanejamento para abastecimento público em torno de 784.403 habitantes equivalentes, correspondendo a, aproximadamente 25% da população atendida pela SABESP na Unidade de Negócios Leste em 2000, de 3.184.758hab. e que apresenta consumo per capita médio de 122 l/hab.dia.

Sob o ponto de vista das perdas e do abastecimento público de água, o consumo médio mensal total considerando todas as categorias de consumo urbano, na área de atuação da Unidade de Negócios Leste, foi de 11.405.895 m³/mês correspondendo a uma demanda pública de abastecimento de água de 4,4 m³/s.

Se adotarmos como parâmetro de comparação a vazão de consumo médio verifica-se que o valor mínimo estimado a ser reduzido no consumo de água para irrigação de 2,57 m³/s corresponde a, aproximadamente, 58% do valor necessário para atendimento do consumo médio total de água da mesma região de atuação da SABESP, a região leste da RMSP.

Portanto, um valor estimado comparável à população de grandes capitais do país e volume de água nada desprezível em termos hídricos para abastecimento público da RMSP, que funciona no limite de sua capacidade de atendimento à demanda.

Cabe salientar que a troca ou melhoria dos sistemas de irrigação propicia além do uso mais racional da água, também economia no consumo de energia elétrica ou combustível, redução do uso de fertilizantes e defensivos agrícolas, devido à menor incidência de doenças nas plantas causadas pelo excesso de umidade e redução da lixiviação de fertilizantes provenientes do manejo adequado da irrigação.

A economia global no sistema pode vir a ser utilizada como um atrativo maior para a execução das melhorias e adaptações dos sistemas de irrigação, indicando maiores possibilidades de retorno financeiro dos investimentos realizados pelos agricultores.

Ressalte-se que a região da sub-bacia hidrográfica Cabeceiras é um dos sistemas produtores de água na RMSP que ainda apresenta possibilidade de ampliação da sua capacidade de produção de água, e diante dos resultados obtidos este potencial pode ser ainda maior, desde que a viabilidade econômica para

implantação dos sistemas considere, dentre outras, a alternativa de formação de parcerias entre os órgãos de gestão dos recursos hídricos e o setor agrícola.

Outro aspecto a ser considerado se refere à importância da manutenção da atividade agrícola na região, devido à sua proximidade e tipo de produção, para atendimento da demanda alimentar do grande centro consumidor da Região Metropolitana de São Paulo.

Com base nos dados referentes ao consumo total da Bacia do Alto Tietê, a produção agrícola, mesmo não sendo o maior consumo de água dentre todos usos consuntivos da região, pode ser otimizada através da necessidade reconhecida pelos próprios agricultores de reduzir as perdas de água provenientes dos sistemas e manejo inadequado da irrigação. Ainda devido às características físicas da Bacia do Alto Tietê, de baixa disponibilidade hídrica em relação à demanda populacional elevada, a redução de perdas e desperdícios de água é uma prioridade extensiva a todas as categorias de consumo de água, tanto na urbana quanto na rural.

De acordo com SABESP (2002), para direcionamento das ações com uma análise prospectiva da demanda de serviços de saneamento na área de atuação da empresa, foram definidos dois tipos de cenários: um tendencial e outro dirigido. Os cenários tendencial e dirigido se distinguem no alcance de metas de redução significativa de perdas no cenário induzido e, conseqüentemente, redução nas necessidades de produção de água (PIR, 2002). Conforme descrito no início deste trabalho, foram apontadas algumas das dificuldades existentes para aumento da capacidade de produção de água para abastecimento público da RMSP. Na maioria dos casos, as alternativas de aumento da disponibilidade hídrica através da redução das perdas no sistema de distribuição em áreas densamente urbanizadas ou captação de água em locais cada vez mais distantes da RMSP, são propostas de difícil execução.

Diferentemente das medidas estruturais necessárias para solucionar as perdas físicas no sistema de distribuição de água na área urbana de São Paulo, a intervenção

indicada neste estudo para as áreas de uso rural da RMSSP, pode ser uma solução não convencional a ser adotada e, comparativamente, de maior facilidade de execução, com possibilidade de retorno dos resultados alcançados em um prazo bem mais curto.

Para tanto, deve-se enfatizar a necessidade de uma análise específica com o objetivo de elaborar mecanismos de incentivos financeiros aos agricultores e implementação de programa de redução de perdas no consumo de água na irrigação na área de abrangência da pesquisa, com apoio técnico e elaboração de proposta de intervenção integrada entre os órgãos responsáveis pela gestão dos recursos hídricos e a atividade agrícola, entre eles, SABESP, Secretaria de Agricultura e Abastecimento – CATI – SAA e Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE - do Estado de São Paulo.

Com isto, espera-se que seja viabilizado mecanismo de obtenção de subsídios financeiros para a implantação das melhorias propostas para aumento de eficiência dos sistemas de irrigação, possibilitando a redução do consumo de água na agricultura e aumento de disponibilidade hídrica para outros usos da água, integrando os diversos interesses e auxiliando na manutenção de importante atividade econômica da sub - bacia hidrográfica Cabeceiras.

8.2 – Recomendações

Durante o desenvolvimento do trabalho foram destacados alguns aspectos relevantes para viabilizar a implementação das propostas e aprimoramento dos resultados, sendo primeiramente sugeridas as seguintes recomendações prioritárias, a serem implementadas a curto e médio prazo, e recomendações complementares, as quais podem ser implementadas a longo prazo.

8.2.1 – Recomendações Prioritárias

- devido à imprecisão dos valores e parâmetros estabelecidos no trabalho verifica-se a necessidade de se realizar uma análise de sensibilidade dos resultados obtidos, variando-se os valores/dados de entrada adotados;

- criação de programa institucional integrando a concessão da outorga pelo direito de uso da água a ser fornecida pelo DAEE, à troca ou melhoria dos sistemas de irrigação pelos agricultores e ainda a possibilidade de ser realizada parceria a órgão financeiro concessionária de serviços de abastecimento de água para subsidiar os custos de investimentos feitos para a implantação dos sistemas de irrigação pelo agricultor;

- capacitação técnica dos agricultores para melhor adesão e manejo das tecnologias de irrigação mais avançadas;

- em função da situação de degradação ambiental e/ou recuperação das áreas de mineração abandonadas e do elevado número de concessões existentes para início de novas atividades a qualquer momento, verifica-se a necessidade de análise das potencialidades e impactos causados sobre os recursos naturais destas atividades, para a definição de uso dirigido e, se ambientalmente, são atividades compatíveis com o perfil da região como produtora de água para abastecimento público.

- dar continuidade a programas de incentivo à manutenção da atividade agrícola na região da sub-bacia hidrográfica Cabeceiras, com adoção de práticas sustentáveis de manejo da irrigação na agricultura, tais como o Programa Nacional de Meio Ambiente – PNMA II - e o Programa de Microbacias Hidrográficas da CATI – Coordenadoria de Assistência Técnica Integral da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo;

- elaborar estudos comparativos sobre os impactos causados nos recursos naturais da região, em especial os recursos hídricos, pela implantação das atividades de mineração e agricultura, contemplando propostas de planejamento ambiental estratégico para, se possível, compatibilizar a implantação destas atividades na região;

- refinamento da localização das áreas destinadas à agricultura constantes dos levantamentos de uso do solo da Bacia do Alto Tietê, para quantificação mais precisa das áreas de uso exclusivo da atividade agrícola e, desta forma, reduzindo a margem de diferença entre os valores de áreas apresentadas nos vários levantamentos existentes, através da padronização dos critérios de identificação de áreas e denominação de padrão de ocupação a serem adotados para todo e qualquer levantamento de uso do solo da bacia do Alto Tietê;

8.2.1 – Recomendações Complementares

- realização de simulação da redução estimativa de consumo de água obtida com a adoção de valores de consumo médio per capita específicos para a totalidade da RMSP com maior refinamento da pesquisa;

- verificar o impacto causado pelo armazenamento do volume reduzido nos reservatórios do Sistema Produtor Alto Tietê e a diminuição de vazão a jusante dos reservatórios, em especial, nos rios Biritiba Mirim e Tietê;

- avaliação em épocas de estiagem da influência do aumento de vazão, proveniente da redução de captação para uso na irrigação, em relação à maior ou menor concentração de poluentes nos cursos d'água da região;

- reavaliação da taxa de evapotranspiração de referência de cada cultura praticada na região, possibilitando o conhecimento mais específico da demanda de água por tipo de cultura;

- realização de simulação de consumo de água irrigação para menores intervalos de tempo considerando a sazonalidade dos dados coletados pelo Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas CIIAGRO;

- elaboração de estudo de caracterização da demanda de água dos sistemas de irrigação de avaliação anual para menores intervalos de tempo, possibilitando melhor monitoramento do consumo de água na atividade agrícola e maior precisão dos valores adotados na pesquisa;

- definição mais apropriada das terminologias adotadas nos sistemas de irrigação com o objetivo de melhor avaliação das eficiências dos sistemas pois ocorrem variações no uso de denominações tais como aspersores de alta, média ou baixa vazão;

- analisar a capacidade da Estação de Tratamento de Água do Reservatório Taiacupeba para tratamento do volume de água a ser reduzido na irrigação, assim como a possibilidade de aumento da área de abrangência do sistema de distribuição de água para a RMSP e não somente para a Unidade Leste de Negócios da SABESP;

6. BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- 1 - AGROPOLO - **Implementos Agrícolas Ltda.** 2005.

- 2 - AIROLDI, E. **Plano Diretor de Abastecimento de Água da SABESP.** Apresentação Seminário “Uso racional da água”. Instituto de Engenharia de São Paulo. São Paulo(SP) 2003.nov.03.

- 3 - [ANONYMUS a, 2004]. Escassez de água é um dos maiores problemas do século. **Valor Econômico.** São Paulo. 2004 mai 03, caderno Meio Ambiente.

- 4 - [ANONYMUS b, 2003] Desperdício da água eleva gastos com a saúde. **O Estado de São Paulo.** São Paulo, 2003 jan 21; Caderno Geral; p.A12.

- 5 - [ANONYMUS c, 2005], Sr. Mário Okuyama. **Informações pessoais.** ago.2005

- 6 - AZEVEDO NETTO, J.M. [et al.]. **Manual de Hidráulica.**São Paulo: Edgard Blucher, 1998. p 669.

- 7 - BARRETO, G.B. **Irrigação: princípios, métodos e prática.** Campinas (SP): Instituto Agrônômico de Campinas. IAC. 1996. p. 11-15.

- 8 - BERNARDO, Salassier. – **Manual de Irrigação.** Universidade Federal de Viçosa. Ed.UFV. 5ed. Viçosa(MG): 1996, 596 p. ilustr.

- 9 - BERNARDO, S. SOARES, A.A., MANTOVANI, E. - **Manual de Irrigação.** Universidade Federal de Viçosa. Viçosa(MG): 2005. Ed.UFV. 596 p. ilustr.

- 10 - BRANCO, S.M.. **Água: origem, uso e preservação ambiental.** São Paulo; Editora Moderna. 2ed. 2003.

11 - CATI – **Coordenadoria de Assistência Técnica Integral** da Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo. edição 2004/2005.

12 - CIIAGRO - Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas, 1988. Instituto Agrônomo de Campinas. São Paulo(SP).Disponível em <http://www.iac.sp.gov.br/Ciiagro/>

13 - CHRISTOFIDIS, D.et. al. A cobrança pelo uso da água na agricultura: subsídios para definição.In: Mendes Thame, A.C. organizador. **A cobrança pelo uso da água na agricultura**. Embu (SP): IQUAL ED. 2004. p.85-106.

14 - CHRISTOFIDIS, D. **Água e Irrigação no Brasil**. In: Fórum Interamericano de Gestão dos Recursos Hídricos. Fortaleza, SRH/MMRHAL, 1997. 10p Mimeografado..

15 - DAKER, A. **Irrigação e Drenagem - A Água na Agricultura**. 3ªvolume, 7ªedição. Rio de Janeiro(RJ): Ed. Freitas Bastos, 1988. p.09-469.

16 - EIGER, S. Transporte de poluentes em meios aquáticos: aspectos conceituais e de modelagem matemática. In: Mancuso, P.C.S.e Santos H.F., editores. **Reúso da Água**, Barueri (SP): Manole; 2003, p. 175-232.

17 - EMBRAPA e AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, A oferta de água doce. **O Globo**. 2003 jun 02.

18 - EMPLASA – Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano. **Atlas Temático da Sub-região Alto Tietê – Cabeceiras**. São Paulo (SP): fev.2002.

19 - EMPLASA – Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano SA. **Sistema Cartográfico Metropolitano. Subcomitê Alto Tietê - Cabeceiras**. escala 1:25.000. São Paulo.junho 2005.

- 20 - FILGUEIRA, F. A R. **Novo manual de olericultura**. Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2ª edição. Editora UF.1999.
- 21 - FRIZZONE, J. A. **Otimização do uso da água na agricultura irrigada. Perspectivas e desafios**. Departamento de Engenharia Rural. Piracicaba (SP): artigo de periódico v.15- único.2004. p.37-56.
- 22 - FRIZZONE, J.A. **Irrigação por superfície**. ESALQ Escola Superior de Agronomia “Luís de Queiroz”. Departamento de Engenharia Rural. Série Didática nº 016. Piracicaba(SP): 2005. p.160.
- 23 - FRIZZONE, J.A. **Irrigação por aspersão: Uniformidade e Eficiência**. ESALQ Escola Superior de Agronomia “Luís de Queiroz”. Departamento de Engenharia Rural. Série Didática nº 03. Piracicaba (SP): 1992. p.53.
- 24 - FUNDAÇÃO SEADE – 2005. **Dados demográficos do Estado de São Paulo**.
- 25 - [FUSP] Fundação Universidade de São Paulo. **Plano de Bacia do Alto Tietê**. Relatório Final. São Paulo; 2002
- 26 - GARRIDO, R.J.S. Critérios de uso e licenciamento dos recursos hídricos. In: Faria, M.A. Simpósio “**Manejo da Irrigação**”. Poços de Caldas (MG): 1998. p.349-368.
- 27 - GOLDSTEIN, U. A cobrança da água na agricultura irrigada. In: Mendes Thame, A.C. organizador. **A cobrança pelo uso da água na agricultura**. Embu (SP): IQUAL ED. 2004. p.221-225.
- 28 - 14 HESPANHOL, I. Água e Saneamento Básico - Uma visão realista. In: Rebouças A da C, Braga B, Tundisi JG, organizadores. **Águas Doces do Brasil**. São Paulo (SP): Escrituras; 1999, p.249-303.

- 29 - HESPANHOL, I. Apresentação **Seminário “Uso racional da água”**. Instituto de Engenharia de São Paulo. São Paulo(SP): 2003 nov.
- 30 - HIPLAN – Consultoria e Planejamento. **Cadastro dos Irrigantes da Bacia do Alto Tietê**. Consórcio SABESP.DAEE. SRHSO. São Paulo (SP): 2002.
- 31 - HOUAISS, A. e VILLAR, M.S. **Dicionário da Língua Portuguesa**. Instituto Antonio Houaiss de Lexicografia e Banco de Dados da Língua Portuguesa s/c Ltda. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.
- 32 - IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censos Demográficos**. Disponível em <URL:<http://www.ibge.sp.gov.br>>.
- 33 - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS- IPT. 1998. **Subsídios do meio físico para o planejamento de irrigação na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. Relatório Técnico nº 44.667**. Fundo Estadual de Recursos Hídricos-FEHIDRO - Comitê da Bacia do Alto Tietê, São Paulo. SP-138p.
- 34 - KELLER, J. e KARMELI, D. **Trickle Irrigation Design**. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 19. 133 p.
- 35 - LANNA, A.E.L. **Gerenciamento de bacia hidrográfica: aspectos conceituais e metodológicos**. Brasília (DF): Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais- IBAMA. 1995. p.89-117.
- 36 - LANNA, A.E.L. Hidroeconomia. In: **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, uso e conservação**. Rebouças, Aldo da Cunha et al. Org. e coordenação científica. São Paulo (SP): Escrituras Editora, 1999. p.533-564.
- 37 - LUANOS, I.P. **Equipamentos de Irrigação: situação atual e perspectivas**. In: Dourado Neto, D. et.al. Curso de Agricultura Irrigada. Escola Superior de

Agronomia “Luís de Queiroz”.Departamento de Agricultura. Piracicaba (SP): 1991. p.120-125.

38 - MANCUSO, P.C.S.e SANTOS H.F., editores. **Reúso da Água**, Barueri (SP): Manole; 2003, p. 01-20.

39 - MANTOVANI, E. A Água para a produção sustentável de alimentos.In: Programa de Suporte Técnico à Gestão dos Recursos Hídricos. **Seminário “Uso racional da água e desenvolvimento sustentável”**. Brasília (DF):ABEAS, 1996, p.32-40.

40 - MARQUES, P.A.A. **Modelo Computacional para determinação do risco econômico em culturas irrigada** [Tese de Doutorado]. ESALQ: Escola Superior de Agronomia“Luís de Queiroz”. Piracicaba(SP): 2005. p.142.

41 - MENDES THAME, A.C. organizador.**A cobrança pelo uso da água na agricultura**. Embu (SP): IQUAL ED. 2004. p. 261-270.

42 - NOVAES, W. O fundamento invisível. **O Estado de São Paulo**. São Paulo, 2002 out 11, Caderno Geral, p.02.

43 - OLIVEIRA, P.R. Água: o tema da Campanha Fraternidade. **O Estado de São Paulo**. São Paulo, 2004. fev. 25, Caderno Geral p. A-07.

44 - PARKER, G. **“The Times” Atlas da história do mundo**. São Paulo: Empresa Folha da Manhã S.A,1ª edição brasileira: 1995. p.30-50.

45 - PDAA, 2003 - **Plano Diretor de Abastecimento de Água da RMSP**. SABESP. São Paulo. Em conclusão.

46 - PERH – 2004-2007. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo**. Secretaria de Recursos Hídricos Saneamento e Obras. Departamento de Águas se Energia Elétrica. São Paulo (SP): 2002. p.119.

47 - PNMA II - **Programa Nacional de Meio Ambiente II. Proteção e Conservação dos Mananciais de Abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo – Alto Tietê – Cabeceiras**. Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA, Secretaria de Agricultura e Abastecimento – SAA. 2002 jun.

48 - RAIJ, B. **Plano de intervenção agroambiental em nove microbacias do Alto Tietê - Cabeceiras**. Programa Nacional de Meio Ambiente - PNMA II.São Paulo. mai. 2005.

49 - SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. São Paulo (SP) **PIR - Planos Integrados Regionais – Unidade de Negócio Leste**. Consórcio JNS , COBRAPE e CNEC. 2002 dez. p. 09-51.

50 – SABESP, PURA - **Programa de Uso Racional da Água**. São Paulo (SP). s/d.disponível na internet www.sabesp.com.br

51 - SEABRA, O.C.I. **Meandros do rio meandros do poder: Tietê e Pinheiros - valorização dos rios e das várzeas da cidade de São Paulo**. São Paulo (SP): 1987. [Tese de doutorado].Faculdade de Geografia da Universidade de São Paulo. p.323.

52 - SMA/CPLEA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Relatório de Qualidade Ambiental do Estado de São Paulo Lei 9509/97**. 2004/2005. São Paulo: CETESB, 2005.

53 - SMA/CNEC - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e CNEC – Engenharia SA. **Implementação da Lei 9866/97: Diretrizes Técnicas para Elaboração das Leis Específicas**. São Paulo (SP): 2001.

54 - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e de Agricultura e Abastecimento. **“Programa Nacional de Meio Ambiente – PNMA II. Proteção e Conservação dos Mananciais de Abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo – Alto Tietê-Cabeceiras”**. jun.2002. São Paulo. pg. 69.

55 - **Seminário Problemas Geológicos e Geotécnicos na Região Metropolitana de São Paulo** – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas- Associação Brasileira de Geologia da Engenharia e Sociedade Brasileira de Geologia – abril de 1992.

56 - SILVA, W.L.C. e SILVA,H.R. **Manejo da água em sistemas agrícolas irrigados**.In; Programa de Suporte Técnico à Gestão dos Recursos Hídricos. **Seminário “Uso racional da água e desenvolvimento sustentável”**. Brasília (DF):ABEAS, 1996, p.44-52.

57 - TELLES, Dirceu D´Alckim. **Água na Agricultura e Pecuária. Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, uso e conservação**. Org. e coordenação científica Rebouças, Aldo da Cunha et all. São Paulo: Escrituras Editora, 1999.

58 - TUNDISI, J.G. **A Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez**. São Carlos (SP): RiMa, IIE, 2003. p.01-130.

59 - UENO, L.H. **O deslocamento do Cinturão Verde de São Paulo no período de 1973 a 1980**. Piracicaba (SP); 1985.[Dissertação de mestrado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”].

60 - VANZO, J.E. **Plano Diretor de Abastecimento de Água. PDAA** Apresentação Assembléia Legislativa de São Paulo. ALESP.São Paulo (SP): 09.mar.2004.

ANEXO I

Relatório de vistoria na sub-bacia hidrográfica Cabeceiras



Fonte: SMA 2005

Foto 01 - Vista da área de demonstração do PNMA II situada na microbacia Pindorama, onde foi realizada a implantação de técnicas de irrigação mais eficientes no consumo hídrico, tais como indicados pelas setas: a nº 1 aspersão convencional de baixa vazão, gotejamento nº 2 e, ao fundo cultivo coberto, técnica de mulching nº 3.

Relatório de vistoria sub-bacia hidrográfica Cabeceiras



Fonte: SMA 2005.

Foto 02 – Foto do município de Biritiba Mirim, bairro Irohy. A proximidade entre as áreas de uso urbano e rural gerando conflitos e disputas pelo uso do solo. A seta indica área em fase de preparo de solo para plantio.

Relatório de vistoria na sub-bacia hidrográfica Cabeceiras



Fonte: SMA 2005

Foto 03 - Área da Fazenda Irohy e tanques de decantação em processo de recuperação natural provenientes de atividades de extração anteriores das empresas de Mineração IBAR e CEMICA.

Relatório de vistoria na sub-bacia hidrográfica Cabeceiras



Fonte: SMA 2005

Foto 04 - Vista dos meandros ainda preservados do Rio Tietê no município de Biritiba Mirim.

Relatório de vistoria na sub-bacia hidrográfica Cabeceiras



Fonte: SMA 2005

Foto 05 - Vista da área do Sr. Hasegawa e do Rio Tietê.

Relatório de vistoria na sub-bacia hidrográfica Cabeceiras



Fonte: SMA 2005

Foto 06 - A existência de grandes áreas de mineração abandonadas e em processo de recuperação natural. Ao fundo, a Fazenda Irohy onde se situa a área 1 do Sr. Gilberto Lima.

Relatório de vistoria na sub-bacia hidrográfica Cabeceiras



Fonte: SMA 2005

Foto 07 – Área de cultivo de propriedade do Sr. Hasegawa, importante produtor de Biritiba Mirim. A seta nº 1 indica a Estrada do Rio Acima e a nº 2 meandros do Rio Tietê com vegetação significativa bastante preservada.

Relatório de vistoria na sub-bacia hidrográfica Cabeceiras



Fonte: SMA 2005

Foto 08 - Extensas áreas de várzea do Rio Tietê em Biritiba Mirim.

Relatório de vistoria na sub-bacia hidrográfica Cabeceiras



Fonte: SMA 2005

Foto 09 - Vista geral da área preservada no entorno do Rio Tietê e área de cultivo do Sr. Hasegawa com captação direta de água deste rio para sua propriedade, com outorga recentemente fornecida pelo DAEE.