

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais**

**O ESCOAMENTO SUPERFICIAL E O USO DO SOLO E DA ÁGUA  
NA BACIA DO RIBEIRÃO DA SERRAGEM – VALE DO PARAÍBA**

**Christian Kather**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté,  
para obtenção do título de Mestre em Ciências  
Ambientais.

Área de Concentração: Ciências Ambientais.

Taubaté – SP  
2005

**O ESCOAMENTO SUPERFICIAL E O USO DO SOLO E DA ÁGUA NA BACIA  
DO RIBEIRÃO DA SERRAGEM – VALE DO PARAÍBA**

**CHRISTIAN KATHER**

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **Marcelo dos Santos Targa**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté,  
para obtenção do título de Mestre em Ciências  
Ambientais.

Área de Concentração: Ciências Ambientais.

Taubaté – SP  
2005

Kather, Christian

O escoamento superficial e o uso do solo e da água na  
bacia do ribeirão da Serragem – Vale do Paraíba. / Christian  
Kather. - - Taubaté: UNITAU, 2005.

88 f. : il.

*Orientador: Prof. Dr. Marcelo dos Santos Targa*

Dissertação (Mestrado) – Universidade de Taubaté,  
Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, 2005.

1. Escoamento superficial. 2. Ribeirão da Serragem . 3.  
Barragem da Maristela. 4. Valetas de drenagem. 5. Arroz  
irrigado. 6. Balanço hídrico - Dissertação. I. Universidade de  
Taubaté. Programa de Pós-graduação em Ciências  
Ambientais. II. Título.

Ficha catalográfica  
elaborada por  
Mirian Pereira Barbosa

**O ESCOAMENTO SUPERFICIAL E O USO DO SOLO E DA ÁGUA NA BACIA  
DO RIBEIRÃO DA SERRAGEM – VALE DO PARAÍBA**

CHRISTIAN KATHER

**Dissertação aprovada em 11 de abril de 2005**

Comissão Julgadora:

| Membro                             | Instituição   |
|------------------------------------|---|
| Prof. Dr. Marcelo dos Santos Targa | Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais - UNITAU |
| Prof. Dr. Getúlio Teixeira Batista | Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais - UNITAU |
| Prof. Dr. Silvio Santos Nagy       | UNESP/BOTUCATU  |

Prof. Dr. Marcelo dos Santos Targa  
Orientador

***DEDICATÓRIA***

Aos meus pais Dr. Jorge Miguel Kather Neto e a Dr.<sup>a</sup> Jane Mathias Kather,  
Pela luta e incentivo à minha formação, pelo exemplo de vida minha eterna gratidão.

Aos meus irmãos Claudia Maria e Jorge,  
que sempre me incentivaram e apoiaram nos momentos mais difíceis.

Á Deus pela oportunidade

## AGRADECIMENTOS

Em especial ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo dos Santos Targa, pelo enriquecimento humano de educador e profissional, agrônomo amigo, com o mais profundo respeito, reconhecimento e admiração.

Ao Prof. Dr. Getulio Teixeira Batista, grande pessoa e, sobretudo, por seu elevado espírito científico, tendo nos proporcionado seu incentivo e sugestão na confecção deste trabalho.

Prof. Michel José Elias Júnior, Diretor do DAEE-BPB regional Taubaté, por ter concedido meu estágio sempre acreditando em mim e que através de seus conhecimentos, nos prestou valiosa colaboração.

Aos engenheiros do DAEE: Prof. Romeu Haik, Dr.<sup>a</sup> Nanci Tiekko Soma, Marli Maciel, Carlos Lindenberg, Marcos Leal, e ao estagiário Eduardo Azuma.

Aos amigos de Mestrado Luiz Sérgio, Carolina Prado, e Brummer Seda Alvarenga.

A minha gratidão aos produtores rurais da bacia que contribuíram percorrendo cada ponto de captação, sem os quais seria impossível a realização deste trabalho em nível de campo.

A todos aqueles que, de maneira direta ou indireta, contribuíram facilitando este trabalho. Que a omissão de nomes, não atenuem nosso agradecimento.

*“A erosão é a mais cruel inimiga das montanhas Onde existe uma, lá está ela atracada, a corroê-la mecânica e quimicamente, a rasgá-la de ravinas, barrancas e bossorocas, a desagregar-lhe as pedranceiras, e esfarelhar-lhe a substância para o acamamento final dos vales”.*

*Monteiro Lobato*

## SUMÁRIO

vi

|  |      |
|--|------|
| LISTA DE TABELAS.....  | viii |
| LISTA DE FIGURAS.....  | ix   |
| RESUMO.....  | xii  |
| SUMMARY.....   | xiii |
| 1 INTRODUÇÃO.....  | 1    |
| 2 OBJETIVO.....  | 3    |
| 3 REVISÃO DE LITERATURA.....                                       | 4    |
| 3.1 O município de Tremembé.....                                   | 4    |
| 3.2 Vazão.....   | 5    |
| 3.3 Usos da água na Bacia.....                                     | 6    |
| 3.3.1 Irrigação e cultivo de arroz .....                           | 6    |
| 3.3.2 Extração de areia e os problemas ambientais.....             | 8    |
| 3.3.3 Pesqueiros.....  | 10   |
| 3.4 Outorga dos recursos hídricos.....                             | 11   |
| 3.5 Escoamento superficial.....                                    | 13   |
| 3.6 Características físicas de Bacias Hidrográficas.....           | 14   |
| 3.7 Ciclo Hidrológico.....   | 16   |
| 3.8 Aquífero Freático.....   | 17   |
| 3.9 Influências climáticas na Bacia Hidrográfica.....              | 17   |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS.....  | 19   |
| 4.1 Localização da bacia hidrográfica do ribeirão da serragem..... | 19   |
| 4.2 Solos.....   | 20   |
| 4.3 Clima.....   | 21   |
| 4.4 Caracterização físicas da bacia.....                           | 22   |
| 4.5 Vazões captadas.....   | 26   |
| 4.6 Geração do mapa temático.....                                  | 29   |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....                                      | 30   |
| 5.1 Disponibilidade de água.....                                   | 30   |



|     |  |     |
|-----|--|-----|
|     |  | vii |
| 5.2 | Fisiografia da bacia.....                              | 33  |
| 5.3 | Vazão utilizada pelos produtores.....                  | 37  |
| 5.4 | Atividades econômicas.....                             | 43  |
| 5.5 | Reservatório de amortecimento.....                     | 44  |
| 5.6 | Medida da vazão na captações para as propriedades..... | 46  |
| 5.7 | Uso e ocupação do solo.....                            | 66  |
| 6   | CONCLUSÃO.....   | 70  |
| 7   | REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....                          | 71  |
| 8   | ANEXOS.....  | 80  |

## LISTA DE TABELAS

viii

| Tabela |   | Página |
|--------|---|--------|
| 1      | Usuários de água, usos e vazão Outorgada pelo DAEE na Bacia do ribeirão da Serragem.....  | 12     |
| 2      | Relação das características fisiográficas de duas bacias hidrográficas na região de Taubaté,SP, Vale do Paraíba.....  | 15     |
| 3      | Série temporal da Precipitação mensal (mm) Taubaté-SP (UNITAU).....   | 30     |
| 4      | Balanço Hídrico para região Taubaté/Tremembé 2004.....  | 31     |
| 5      | Informações do estudo hidrológico de vazão máxima, método “I-paiwu”.....  | 34     |
| 6      | Vazão de entrada d’água (m <sup>3</sup> /s) no canal de derivação na saída pelo vertedouro da Maristela, bacia hidrográfica do ribeirão da Serragem. Coordenadas UTM 0437222 e 7463648..... | 42     |
| 7      | Manejo de plantio e colheita do cultivo do Arroz empregado pelos produtores na bacia do ribeirão da serragem.....   | 63     |
| 8      | Comparação entre as vazões captadas e as outorgadas, época de estiagem.....   | 64     |
| 9      | Comparação entre as vazões captadas e as outorgadas, época das águas.....   | 64     |

## LISTA DE FIGURAS

ix

| Figura |   | Página |
|--------|---|--------|
| 1      | Foto aérea da malha urbana de Tremembé até a ponte do Rio Paraíba do Sul.....   | 5      |
| 2      | Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Serragem.....  | 20     |
| 3      | Ilustração do método do flutuador.....  | 27     |
| 4      | Valores correspondentes ao Balanço hídrico climatológico da região de Tremembé/Taubaté.....   | 32     |
| 5      | Coeficiente de distribuição espacial da chuva (K).....  | 36     |
| 6      | O cultivo da cultura do arroz irrigado por inundação nas áreas de várzea na bacia do ribeirão da Serragem, Coordenadas UTM 0439970 e 7463250.....                     | 37     |
| 7      | Área de várzea destinada à piscicultura. Coordenadas UTM 0439930 e 7463259.....   | 38     |
| 8      | Barragem da Prefeitura-UNITAU, construída para empresa A na serra da Pedra Branca em propriedade da Universidade de Taubaté. Coordenadas UTM 0432002 e 746197139..... | 39     |
| 9      | Estruturas que compõem a barragem da Prefeitura, lado esquerdo captação da Empresa A, lado direito descarregador de fundo. Coordenadas UTM 0432002 e 7461971.....     | 39     |
| 10     | Entrada d'água bacia, canal de derivação, divisor de água a jusante do Reservatório da Maristela. Coordenadas UTM 0437222 e 7463648.....                              | 40     |
| 11     | Curva de permanência de vazões para bacia do ribeirão da Serragem.....  | 43     |
| 12     | Vertedouro do barramento da Maristela, regularização da entrada d'água na bacia. Coordenadas UTM 0437179 e 7463667.....   | 45     |
| 13     | Vista de cima do vertedouro de regularização de vazão da barragem da Maristela. Coordenadas UTM 0437239 e 7463740.....  | 45     |
| 14     | Procedimento de medição de vazão em canais abertos e nas valetas em loco, método do flutuador. Coordenadas UTM 0437313 e 7463603.....                                 | 46     |
| 15     | Desenho esquemático simplificado da distribuição seqüencial da água na bacia.....   | 47     |

|    |   |    |
|----|---|----|
| 16 | Curvas resultantes dos valores de lâmina e vazão na primeira captação (Cachoeira da Sonda, vazão principal) para rizicultura do Produtor. Coordenadas UTM 0438947 e 7463240.....  | 49 |
| 17 | Curvas resultantes dos valores de lâmina e vazão na segunda captação (armazém velho Cedrinho) para rizicultura do Produtor E. Coordenadas UTM 0438916 e 7463219.....              | 49 |
| 18 | Curvas resultantes dos valores de lâmina e vazão na terceira captação (armazém velho casinha) para rizicultura do Produtor E. Coordenadas UTM 043892 e 746312.....                | 50 |
| 19 | Curva resultante do valor da vazão total da segunda captação do Produtor E. Coordenadas UTM 043897 e 746336.....  | 50 |
| 20 | Curvas resultantes dos valores de lâmina e vazão, quarta captação da casinha para rizicultura do Produtor E. Coordenadas UTM 043890 e 7463224.....                                | 51 |
| 21 | Curvas resultantes dos valores de lâmina e vazão na quinta captação do Zé Cardozo para rizicultura do Produtor E. Coordenadas UTM 043886 e 7463344.....                           | 51 |
| 22 | Curvas resultantes dos valores de lâmina e vazão na sexta captação (manilha) para rizicultura do Produtor E. Coordenadas UTM 043889 e 7463227.....                                | 52 |
| 23 | Curva resultante da vazão total da sétima captação do Produtor E.....   | 52 |
| 24 | Curvas resultantes dos valores de lâmina e vazão, na primeira Captação da Propriedade para rizicultura (cachoeira da sonda) do Produtor F. Coordenadas UTM 0438984 e 7463228..... | 54 |
| 25 | Curvas resultantes dos valores de lâmina e vazão na segunda Captação para piscicultura do Produtor F. Coordenadas UTM 0441123 e 7462320.....                                      | 54 |
| 26 | Curvas resultantes dos valores de lâmina e vazão na primeira captação para rizicultura do Produtor G. Coordenadas UTM 0439930 e 7463259.....                                      | 56 |

|    |   |    |
|----|---|----|
| 27 | Curvas resultantes dos valores de lâmina e vazão na segunda captação para piscicultura do Produtor G. Coordenadas UTM 0439930 e 7463259.....          | 56 |
| 28 | Curvas resultantes dos valores de lâmina e vazão na captação na propriedade para olericultura do Produtor D. Coordenadas UTM 0439924 e 7463263.....   | 56 |
| 29 | Curvas resultantes dos valores de lâmina e vazão, na primeira captação para rizicultura do Produtor H. Coordenadas UTM 0439181 e 7463576.....         | 59 |
| 30 | Curvas resultantes dos valores de lâmina e vazão na segunda captação para piscicultura do Produtor H. Coordenadas UTM 0439181 e 7463576.....          | 59 |
| 31 | Curvas resultantes dos valores de lâmina e vazão na primeira captação para rizicultura do Produtor C. Coordenadas UTM 0438530 e 7463872.....          | 61 |
| 32 | Curvas resultantes dos valores de lâmina e vazão, na segunda captação para rizicultura do Produtor C. Coordenadas UTM 438715 e 7463823.....           | 61 |
| 33 | Altura de lâmina d'água na inundação das quadras para o preparo do barro na plantação de arroz.....   | 63 |
| 34 | Mudança do escoamento superficial no leito para valetas de irrigação. Coordenadas UTM 0440527 e 7462271.....  | 65 |
| 35 | Canal de descarga do escoamento superficial após ultrapassar a cota máxima do volume da barragem da Maristela. Coordenadas UTM 0437205 e 7463689..... | 65 |
| 36 | Saída d'água do ribeirão da Serragem para a foz (Paraíba do Sul) vinda do Produtor E. Coordenadas UTM 0439669 e 7461050.....                          | 66 |
| 37 | Bacia poligonalizada com dados de uso e ocupação do solo.....   | 66 |
| 38 | Uso e ocupação do solo na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão da Serragem.....   | 67 |

## **O ESCOAMENTO SUPERFICIAL E O USO DO SOLO E DA ÁGUA NA BACIA DO RIBEIRÃO DA SERRAGEM – VALE DO PARAÍBA**

### **RESUMO**

A necessidade do uso diferenciado do escoamento superficial nas bacias hidrográficas vem gerando séries de conflitos de uso, e alguns locais do Vale do Paraíba, vêm ocorrendo colapsos com a distribuição e consumo do uso da água. Os recursos hídricos utilizados até recentemente na bacia hidrográfica do ribeirão da Serragem, era de predomínio dos produtores de arroz e o grande efeito que a falta de água trouxe foram às mudanças das atividades rurais locais, contudo, atualmente as atividades foram diversificadas em indústrias, pesqueiros, monocultura do eucalipto e cavas de areia abandonadas. Objetivou-se neste trabalho estudo sobre o escoamento superficial a jusante do reservatório de amortização para abastecimento da irrigação na cultura do arroz, associado com os diferentes usos do solo a montante e também o balanço hídrico climatológico. A metodologia empregada para medir a vazão foi a do flutuador ocorrendo nos períodos de julho a dezembro de 2004, e na geração da caracterização física, estudos hidrológicos de vazão máxima feita pelo método de I-paiwu foi aplicado em planilha Excel, e também, mapas, imagens de satélite foram empregadas para gerar o mapa temático de uso e ocupação do solo. Constatou-se a partir dos dados obtidos nas seis propriedades a jusante da barragem que os volumes captados estão elevados em relação ao outorgado pelo “DAEE”. Embora essa bacia seja de uso intensivo, ela apresenta uma cobertura significativa de vegetação regenerada (22,6%) o que pode contribuir, no futuro, para a disponibilidade de água, especialmente, se a bacia for gerenciada segundo critérios de conservação e com plantios escalonados nas áreas de várzea.

Palavras chave: Escoamento superficial, ribeirão da serragem, valetas de drenagem, arroz irrigado, conflito pelo uso da água, balanço hídrico.

**SURFACE RUNOFF AND SOIL AND WATER USAGE AT SERRAGEM STREAM BASIN –  
PARAÍBA VALLEY***SUMMARY*

Author: CHRISTIAN KATHER

Adviser: Prof. Dr. MARCELO DOS SANTOS TARGA

The need for differentiated utilization of surface runoff at Hydrographic Basins is causing a series of disagreements related to its method of using. In some sites at Vale do Paraíba (Paraíba Valley) distribution and water consumption break-downs have been occurring. Hydric resources utilized until recently at Hydrographic Basin of Serragem Stream was predominantly from rice producers and the great impacts caused by water shortage have brought changes in local rural activities. However, in nowadays, activities are being distributed over industries, fish hatcheries, frog breeding and abandoned sand furrows areas. The objective of this work was surface runoff study (downstream) from amortization reservoir aiming to supply rice irrigation associated with various land usages (upstream). The “Floater” was the method applied to measure outflow from July to December, 2004. In terms of physical characteristics, hydrologic studies of maximum outflow were done by applying I-paiwu Method and by using Microsoft Excel Program. In order to generate thematic maps of usage and land occupation, maps and satellite images were also utilized. From the data obtained it was concluded that within six properties (downstream) of the dam the volume captured is elevated compared to the prior-approved by DAEE (Water Management Department). Although this basin is intensively used, it presents a significant regenerated grassy cover (22,6%) that could contribute to water availability in the future specially if managed according to criteria of conservation and selected planting at cultivated plains.

Keywords- surface runoff. Serragem stream. drainage channel. irrigated rice. water use, water conflict, water balance.

## **1.INTRODUÇÃO**

Os Monges trapistas quando chegaram no Vale do Paraíba, vindos da França, fixaram-se na cidade de Tremembé-SP, em 1904, e se instalaram, especificamente na Fazenda Maristela, dando o marco inicial para introdução da cultura do arroz irrigado no Vale do Paraíba. A comunidade trapista de Tremembé permaneceu na cidade até novembro de 1931, deixando uma herança riquíssima, tanto no aspecto espiritual como no econômico e social, já que foram os monges que implantaram o cultivo do arroz no Vale do Paraíba, sustentáculo da economia da região por muitos anos. Esta ordem religiosa utilizou recursos hídricos do Ribeirão da Serragem que abasteciam a propriedade da Maristela.

Desde então, o plantio de arroz foi introduzido, basicamente na região, pela boa disponibilidade hídrica e pelas características de plantio hidrófilo que a cultura possui. Esta prática avançou para toda região devido às boas perspectivas que os terrenos de várzeas do Rio Paraíba do Sul oferecem ao desenvolvimento da cultura, sendo a principal atividade agrícola remanescente.

Na bacia do Ribeirão da Serragem, a água utilizada, até recentemente, era de predomínio dos produtores de arroz; contudo, atualmente as atividades foram diversificadas em pesqueiros, indústrias, mineração e ranicultura. O uso diferenciado tem gerado uma série de conflitos de uso locais.

Soma (2002), relata que alguns locais do Vale do Paraíba têm ocorrido conflitos com a distribuição e consumo do uso da água, devido a alguns fatores:

- O cultivo de arroz inundado requer uma grande quantidade de água, durante todo ciclo da cultura, em média 1,5 a 2 litros por segundo num período médio de



irrigação que varia de 80 a 100 dias. Nos meses de maior demanda por água, a maioria dos agricultores utilizam o escoamento superficial de forma simultânea e não escalonada resultando na impossibilidade do pronto atendimento das vazões solicitadas para todos usuários.

A destruição dos fragmentos florestais que constituem as áreas de APP's para formação de pastos, áreas de plantios comerciais com espécies exóticas e expansões urbanas estão interferindo no processo de infiltração de água nos solos e conseqüentemente para falta de água nas sub-bacias hidrográficas que constituem a bacia do rio Paraíba do Sul.

As áreas de preservação permanentes estão diminuindo em grande escala, segundo Catelani et al. (2003) está ocorrendo devido ao não cumprimento do Código Florestal Brasileiro instituído em 1965. Essas áreas foram delimitadas visando a preservação da vegetação natural (Mata Atlântica) de ocorrência, atendendo a quantidade e qualidade da água para seu fornecimento, com base na Lei Federal N° 4.771, de 1965 que Instituiu o Código Florestal Brasileiro e da Resoluções CONAMA N° 4/1985 e N° 303/2002. A monocultura do eucalipto, que faz parte de mais de 5% dos plantios exóticos comerciais no Vale do Paraíba, também faz parte da ocupação do solo na bacia hidrográfica do ribeirão da Serragem, e traz vantagens para o empreendedor, como a aquisição das terras por parte do contratante assumindo todas as responsabilidades do plantio na área e com contrato vigente de muitos anos em contrapartida para o proprietário, uma boa rentabilidade econômica. No estado de São Paulo especificamente na Bacia do rio Paraíba do Sul há inúmeras bacias hidrográficas cujas disponibilidades hídricas superficiais encontram-se esgotadas devido às demandas excessivas e aos usos inadequados do solo. Os conflitos entre usuários têm se tornado freqüentes e, em extensas áreas de nosso território, já não há mais água para os vários consumos e usos pretendidos. Neste sentido, o estudo do escoamento superficial e os diferentes usos da água e do solo na bacia podem possibilitar a racionalização do uso, uma vez que a cultura do arroz ainda é a atividade predominante nas várzeas, na região de Tremembé-SP, que utiliza os recursos hídricos do Ribeirão da Serragem.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo do presente trabalho foi realizar um estudo sobre o escoamento superficial na Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Serragem tributário do Rio Paraíba do Sul situado no município de Tremembé, SP, no Vale do Paraíba, visando contribuir para os procedimentos de gestão e a racionalização do uso dos recursos hídricos na bacia e minimizar os conflitos pelo uso da água.

### **3. REVISÃO DA LITERATURA**

#### **3.1 O MUNICÍPIO DE TREMEMBÉ**

Tremembé foi fundada em 1660, pelo Capitão Mor Manuel da Costa Cabral, no local de pouso de viajantes, tropeiros que tinham como destino as Minas Gerais. Erigiu-se, então, uma capela para adoração a Nossa Senhora da Conceição, esta capelinha, mais tarde, recebe a imagem do Senhor Bom Jesus - padroeiro da cidade a partir de 1673. Na ocasião veio a ser a primeira Basílica no Brasil com o título de Basílica menor ([www.tremembe.sp.gov.br](http://www.tremembe.sp.gov.br))

Tremembé caracteriza-se como Estância Turística, desde 27 de Dezembro de 1993, de acordo com a Lei Estadual 8.506/93. Fundada em 1896, hoje em dia com a população de 34.807 habitantes, no setor urbano com 29.850 sendo 18.115 homens e 16.692 mulheres e no setor rural com 4.957, com área total de 192,4 km<sup>2</sup>, possui uma densidade demográfica de 180,91 hab/km<sup>2</sup>. Tremembé está localizada, a 133 km de São Paulo e 309 km do Rio de Janeiro, próximo da BR116, a rodovia Dutra com mostra a Figura 1. Situada no eixo Rio-SP, vizinha de cidades como Taubaté, Pindamonhangaba, entre outras, e localizada bem próximo de cidades consideradas pólos turísticos, como Campos do Jordão - conhecida como Suíça brasileira - e Santo Antonio do Pinhal, cujo fluxo de turistas de todo o país, acarreta uma maior visitação e, conseqüentemente, um maior prestígio ao município ([www.tremembe.sp.gov.br](http://www.tremembe.sp.gov.br)). Constitui de uma topografia plana devido às várzeas, sendo classificada com estância turística e, está localizada entre as cidades limítrofes de Monteiro Lobato, Taubaté e Pindamonhangaba.



Figura 1. Foto aérea da malha urbana de Tremembé até a ponte do rio Paraíba do Sul.  
Fonte: site de Tremembé ([www.tremembe.sp.gov.br](http://www.tremembe.sp.gov.br)).

O acesso a Tremembé pode ser feito através das rodovias SP-070 Ayrton Senna, BR-116 Presidente Dutra e da SP-123 Floriano Rodrigues Pinheiro.

### 3.2 VAZÃO

Na execução de um projeto de irrigação, a primeira informação necessária é a quantidade de água disponível, ou seja, a disponibilidade hídrica da fonte de água (FCTH 1990), obtida através da determinação da vazão da mesma.

Conforme Hernandez et al. (2001), a vazão e a qualidade da água é sensivelmente afetada pela pluviosidade que ocorre na Bacia Hidrográfica. Para pequenos cursos d'água e canais de condução de água, e se tratando de medição do volume de água para irrigação, os métodos mais recomendados são os do flutuador, molinetes, vertedores e calhas (FCTH, 1989). Quando for possível canalizar pequenas vazões, o método volumétrico direto, também é recomendado (Bernardo, 1989).

Segundo FCTH (1990), a medição de vazão determinada por flutuador é considerado um método simples e rápido, porém para medições de vazão instantâneas, sem variabilidade espacial, para fins de relação com parâmetros qualitativos, o método de medição, por flutuador é suficientemente satisfatório, porém não recomendado para situações de altas precisões.

### **3.3 USOS DA ÁGUA NA BACIA**

Os recursos hídricos estão sendo comprometidos pela degradação urbana, industrial e agrícola e por desequilíbrios ambientais resultantes do desmatamento e uso indevido do solo. A cada dia cresce a disputa entre os setores da agricultura, indústria e abastecimento humano, que tradicionalmente competem pelo uso da água, gerando sérios conflitos entre os usuários (Figueiredo, 1997).

Diversos usos dos recursos hídricos foram notados na bacia hidrográfica do ribeirão da Serragem, como rizicultura irrigada, pesqueiros, empresas e a extração de areia na calha do rio Paraíba do Sul, grandes partes dos usos situam nas áreas de várzea, motivos esses que geram conflitos pelo uso da água.

Para Thame (2000), a gestão das Bacias hidrográficas não deve estar baseada somente na Política Nacional dos Recursos Hídricos, mas também nas legislações estaduais e municipais, as quais fornecerão diretrizes e procedimentos adequados para cada região.

#### **3.3.1 IRRIGAÇÃO E CULTIVO DO ARROZ**

Para Vanzela (2004) de acordo com a classificação de Righetto (1998), a água está distribuída no globo terrestre da seguinte maneira: lagos de água doce (125.100 km<sup>2</sup>), lagos salinos (104.300 km<sup>2</sup>), meio porosos e aquíferos (9.048.500 km<sup>2</sup>), galerias (29.199.700 km<sup>2</sup>) e oceanos (1.322.330.600 km<sup>2</sup>). Segundo Tundisi (2003), os vários usos múltiplos da água e as permanentes necessidades de água para fazer frente ao crescimento populacional e as demandas industriais e agrícolas tem gerado permanente pressão sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Como resultado deste processo, a disponibilidade de água no mundo tem diminuído com o tempo. Algumas estimativas realizadas por vários autores, constataram que a disponibilidade potencial de água per capita por ano no mundo caiu de 12.900 m<sup>3</sup> em 1970 para menos de 7000 m<sup>3</sup> em 2000 (redução de 47,2%), sendo que projeções para o ano de 2025 estimam uma queda para menos de 5.100 m<sup>3</sup> (redução de 62,4%) (United Nations Environment Programme, 2004) op cit por (Vanzela, L. S. 2004).

A área cultivada com arroz no Brasil situa-se em torno de 3.616,2 mil hectares. O Rio Grande do Sul é o maior produtor com 26% dessa área, praticamente toda irrigada e representa 45% da produção nacional (CONAB, 2000). A inundação é o sistema de irrigação mais antigo e simples utilizado na cultura de arroz irrigado (Olita, 1985). No Rio Grande do Sul, as lavouras de arroz vêm sendo irrigadas nesse sistema desde 1903, sendo cultivados na safra 1999/2000, aproximadamente 950.000 ha (IRGA, 2000) op. Cit por (Marcolin & Robaina, 2002).

No estado de São Paulo, somente a irrigação consome cerca de 41% dos recursos hídricos, seguidos do uso doméstico com 32% e da indústria com 27% (DAEE, 2002).

Usualmente, a lâmina d'água existente sobre o solo na rizicultura irrigada até momento antes da colheita é de 10 cm, evaporação média diária é na ordem de 4 mm/dia ou 400m<sup>3</sup>/ha (Targa, 2004).

Na época de maior precipitação o sistema de drenagem deve ser capaz de retirar até 4 l s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> em cultura de arroz inundado (Cruciani, 1987).

A Bacia do ribeirão Serragem é cultivada predominantemente com a cultura do arroz, até hoje o sistema de irrigação é realizado por inundação (Soma, 2002). O volume de água consumido pela cultura do arroz em diferentes regiões vai depender da textura e gradiente de declividade do solo existentes na área bem como a temperatura e umidade relativa do ar, determinando vazões contínuas de 1,5 a 2 l s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> (Embrapa, 1999). No entanto, segundo Beltrame & Goldim (1982), a vazão de 1,44 l s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> seria suficiente para suprir a necessidade de irrigação por inundação na lavoura de arroz. Os cálculos de irrigação e drenagem para cultura do arroz inundado no Vale do Paraíba geralmente são realizados com valores de até 2 l s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>.

Estima-se aproximadamente que 60% das áreas de várzea da bacia hidrográfica do ribeirão da Serragem seja cultivada com arroz do tipo inundado, e o sistema de plantio com sementes pré-germinadas.

Os cultivares mais plantados na Bacia hidrográficas são:

- EPAGRI 113, 109, 112; as mais usadas;
- QM 13 do Rio Grande do Sul;

- AVANTE do Rio Grande do Sul; cujo ciclo é muito curto 90 dias, não é muito produtivo;
- EMBRAPA Ouro minas e Iguá

### 3.3.2 A EXTRAÇÃO DE AREIA E OS PROBLEMAS AMBIENTAIS

A extração de areia, na região de várzea da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul é uma atividade antiga e começou no final da década de 40 no ano de 1949 (Reis, 2005) e responsável por grandes impactos causados ao meio ambiente. Essas regiões de interface entre ecossistemas terrestres e aquáticos possuem grande diversidade biológica e têm grande importância ecológica por apresentarem grande produtividade e diversidade de espécies. Além da importância ecológica e biológica, as várzeas contribuem para a conservação dos recursos hídricos protegendo a água dos rios de substâncias contaminantes e regularizando sua quantidade. Para Wetzel (1975), as várzeas, também conhecidas como áreas alagáveis ou planícies variáveis à inundação, são de importância fundamental para o escoamento superficial.

Segundo Sasaki & Malta, (2003) a Carta e a Lei 2874/90 definiram a várzea do rio Paraíba do Sul como Área de Proteção Ambiental (APA), mas, até abril de 2003, não havia sido elaborada a sua regulamentação especificando quais os usos e ocupações permitidos, dificultando o seu controle para limitar os interesses imobiliários e os assentamentos informais, com ocorrências em áreas públicas e privadas.

Spirn (1995) considera o rio e a várzea uma única unidade, sendo a várzea o espaço para o qual a água transborda regularmente. Del Monte (2000) op. cit por Sasaki & Malta, (2003) realizou pesquisa na área do rio Paraíba do Sul e confirma que além da areia, esta possui também a turfa.

Para Franchi et al. (2003) a região do Vale do Paraíba, Estado de São Paulo, notabilizou-se como principal fornecedora de areia ao mercado da construção civil da região metropolitana de São Paulo.

Pode-se afirmar que a sociedade brasileira é totalmente dependente dos recursos minerais, que são utilizados como matéria prima para várias finalidades como a

construção de casas e bens de consumo ou como combustíveis dos meios de transportes e de diversas indústrias (Thame et al. 2001).

Os bens minerais, pela sua incontestável importância, são considerados bens da União, a quem compete conceder os direitos de pesquisa e exploração através do Departamento Nacional de Produção Mineral (DAEE, 1999).

A extração de areia no Vale do Paraíba teve seu início na cidade de Jacareí, com o passar dos anos o desenvolvimento da atividade mineradora foi crucial para o desequilíbrio ambiental na região, tanto da vegetação quanto dos lençóis freáticos localizados as margens do rio Paraíba do Sul, na região compreendida entre as cidades de Jacareí e Tremembé. Em 2002, existiam aproximadamente 225 cavas, que ocupavam uma área de 15.374.685 m<sup>2</sup> no trecho compreendido entre Jacareí e Pindamonhangaba, só na região de Tremembé existiam 78 cavas, onde 2 estão desativadas e 76 em total extração, em comparativo com o ano de 1996 só existiam 2 cavas (INPE, 2003).

Os impactos ambientais relacionados à extração não estão restritos apenas ao período de atividade de mineração, ou seja, após o abandono da cava os efeitos negativos ainda se destacam afetando os ambientes aquáticos e terrestres.

A retirada da vegetação, futuramente provocará impactos devido o comprometimento nas funções hidrológicas. Entre os impactos gerados, estão o aumento da velocidade de escoamento superficial da água da chuva, erosão de solos, desmoronamento de ribanceiras e redução da estabilidade térmica do ambiente. Quanto mais velocidade adquirido pelo escoamento superficial da água maior quantidade de nutrientes carregado acelerando o processo de eutrofização dos corpos d'água.

A compactação do solo nesses locais é comum devido à circulação de maquinários, dificultando a regeneração da vegetação remanescente. Existem casos de reflorestamento em áreas mineradas na bacia do rio Paraíba do Sul que por falta de aeração no solo não vingaram, provocados pela compactação após a desativação da mineração. Os empresários são obrigados a implantar algum tipo de reflorestamento circundando as áreas devastadas pelas cavas, e essas novas áreas fragmentadas na verdade, formam uma barreira mecânica de vegetação, jamais voltando ao estado natural. Também existe a contaminação do solo e água por combustíveis e óleo



lubrificante utilizados nas máquinas e caminhões. A poluição sonora gerada pelo funcionamento de máquinas e circulação de caminhões afeta o comportamento de animais e afugenta aves e mamíferos.

### **3.3.3 PESQUEIROS**

A piscicultura comercial representada por pesqueiros ou “pesque-pagues”, praticada no Vale do Paraíba, vem crescendo e constituindo uma das mais difundidas atividades não-agrícolas na região e no país.

Para Graziano (1999) a área rural paulista nos últimos tempos tem mudado de feição com o surgimento, ou ampliação, de um conjunto de atividades e ocupações não agrícolas como pesqueiros, hotéis fazenda, parques aquáticos e temáticos, sítios de recreio e etc

As áreas onde estão situados os pesqueiros na bacia do ribeirão da Serragem são à jusante do canal de derivação, ou seja, nas áreas de várzea, onde no passado foram sistematizadas para os plantios de arroz. Hoje existem muitos tanques para piscicultura, construídos por retroescavadeiras e tratores de esteira e os extravasores na maioria das propriedades é do tipo monge. A prática da pesca na região avançou rapidamente do meio da década de 90 em diante. Como caso do impacto ambiental que ocorre na construção das cavas através da remoção da capa ou da areia formando imensas lagoas, os tanques também causam algum tipo de impacto para a bacia Hidrográfica, deste modo à remoção de terra para a construção dos barramentos, e valetas para o escoamento superficial das águas geram em uma pequena escala impacto negativo para bacia hidrográfica.

Vizando a garantia de um pequeno acréscimo nas vazões devido aos conflitos ocorrentes, proprietários que utilizam água da bacia do serragem seja para piscicultura ou rizicultura, estão optando individualmente por instalarem proteções nas valetas de irrigação das propriedades com manilhas e lonas plásticas para o escoamento superficial adquirir maior velocidade e proteção contra infiltração. Toda distribuição do recurso hídrico da bacia nas áreas de várzea está distribuída nas valetas que dão acesso as

captações nas propriedades, percorrendo caminhos muito longos ficando sujeita a este fenômeno podendo trazer aumento na vazão de até 10%.

A exposição da lâmina d'água exposta à radiação solar nos tanques de piscicultura, cavas de areia e a lâmina d'água na rizicultura irrigada, faz com que ocorra uma evaporação média diária, da ordem de 4,0 mm/dia de água conforme (Targa 2004).

### **3.4 OUTORGA DOS RECURSOS HÍDRICOS**

A outorga é o direito de uso dos recursos hídricos pela população, e tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos corpos hídricos e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água (SRH, 2004).

Quando se instituiu a “LEI nº 9.433, de 8 de janeiro 1997” foi estabelecido a elaboração de planos dos recursos hídricos e a cobrança pelo uso da água. Esta lei visa garantir sustentação ecológica e financeira no compromisso da sociedade com os corpos hídricos (Brasil, 1997).

Empresas do ramo de cervejaria e até de lixo tóxico, que ainda não existiam nas redondezas, oportunamente obtiveram suas licenças legais e também passaram a captar água do Ribeirão da Serragem.

Levantamento através dos Autos dos processos do DAEE propicia a obtenção de usuários Outorgados na bacia do ribeirão da Serragem, tanto de jusante como de montante da barragem da Maristela, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Usuários de água, usos e vazão Outorgada pelo DAEE na Bacia do ribeirão Serragem.

| <i>Nome</i>       | <i>Finalidade</i>   | <i>Vazão</i>                 |
|-------------------|---------------------|------------------------------|
| <i>Produtor F</i> | <i>Irrigação</i>    | <i>0,042 m<sup>3</sup>/s</i> |
| <i>Produtor F</i> | <i>Piscicultura</i> | <i>0,006 m<sup>3</sup>/s</i> |
| <i>Produtor G</i> | <i>Irrigação</i>    | <i>0,024 m<sup>3</sup>/s</i> |
| <i>Produtor G</i> | <i>Piscicultura</i> | <i>0,017 m<sup>3</sup>/s</i> |
| <i>Produtor H</i> | <i>Irrigação</i>    | <i>0,026 m<sup>3</sup>/s</i> |
| <i>Produtor H</i> | <i>Piscicultura</i> | <i>0,008 m<sup>3</sup>/s</i> |
| <i>Produtor E</i> | <i>Irrigação</i>    | <i>0,075 m<sup>3</sup>/s</i> |
| <i>Produtor C</i> | <i>Irrigação</i>    | <i>0,026 m<sup>3</sup>/s</i> |
| <i>Produtor D</i> | <i>Irrigação</i>    | <i>0,013 m<sup>3</sup>/s</i> |
| <i>Empresa A</i>  | <i>Industria</i>    | <i>0,058 m<sup>3</sup>/s</i> |

Fonte: DAEE (2004), modificado.

A Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do sul está localizada no pólo regional do Vale do Paraíba em uma região com nível alto de industrialização e concentração populacional, aumentando a pressão sobre os recursos hídricos locais (Soma, 2002).

Para Thame (2000), a sustentabilidade das ações de recuperação ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul deverá ser dada pela atuação do Comitê de Integração o (CEIVAP), dos comitês estaduais, dos consórcios intermunicipais, das associações de usuários e, principalmente, pelos instrumentos de gestão contemplados na Lei 9.433/97, que permitirão a cobrança pelo uso da água – captação e consumo para diversos usos e assimilação e diluição de efluentes. Essa cobrança, além de gerar recursos para o financiamento das ações de recuperação e gerenciamento dos recursos hídricos, terá uma função indutora do uso racional desse importante recurso natural (UGRH, 2000).

Segundo SRH (2004), no Estado de São Paulo, o Plano Estadual dos Recursos Hídricos, será considerada uma bacia crítica quando em desacordo com os artigos 13 e 14 da lei número 9.034, de 27 de dezembro de 1994. Estabelece que a soma das vazões captadas em uma bacia hidrográfica, ou parte desta, não poderá superar 50% da vazão de referência ou do Q7,10 (vazão mínima de sete dias consecutivos e dez anos de período

de retorno) e nas vazões regularizadas por reservatórios, descontadas as perdas por infiltração, evaporação ou por outros processos físicos, decorrentes da utilização das águas e as reversões de bacias hidrográficas.

### **3.5 ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

Escoamento superficial é o movimento das águas que, por efeito da gravidade, se deslocam na superfície da Terra onde está direta ou indiretamente relacionado com as precipitações que ocorrem em sua bacia hidrográfica. Este escoamento tem origem fundamentalmente nas precipitações. Parte da água das chuvas é interceptada pela vegetação e outros obstáculos, de onde se evapora posteriormente (Tucci et al. 1993).

A precipitação e o escoamento superficial afetam o desprendimento e transporte das partículas de solo de forma bastante diferenciada. Logo no início do escoamento superficial forma-se uma película laminar, que aumenta de espessura à medida que a precipitação prossegue, até atingir um estado de equilíbrio (Amorim, 1999).

A dinâmica da água que chega através da precipitação no solo é de infiltração Tucci (1998), e a velocidade de fluxo ocorrerá em função da condutividade hidráulica e conseqüentemente das características físicas do solo, mas existem barreiras encontradas, como a existente nos poros do solo. Nesse processo, a água da chuva não consegue infiltrar-se devido à pressão causada pelo ar que tenta sair, este processo é denominado de exfiltração (Vieira, 1998).

Desta forma, percebe-se que o solo possui uma capacidade limite de absorção de água, ou seja, nem toda água da chuva consegue penetrar no solo. No entanto, enquanto a intensidade da precipitação for menor que a capacidade de infiltração calculada, toda chuva irá se infiltrar (Silveira et al. 1993).

Na sua dimensão total, o ribeirão da Serragem é interceptado por três sistemas de amortização de água para frequência da vazão de permanência garantindo o volume anual para as áreas de várzea, sendo o primeiro da Prefeitura-UNITAU uma ARIE (Área de relevante interesse ecológico) da Universidade de Taubaté localizada nas imediações da Serra do Palmital, a primeira no sentido de montante para jusante e

mantém uma vazão pelo descarregador de fundo para a garantia do escoamento superficial de 5,7 L/s para os outros reservatórios. A segunda está localizada perto das áreas de várzeas e chama-se barragem dos Frades. A terceira e última ocorre no nível da cidade de Tremembé a barragem da Fazenda Maristela que controla a vazão dos produtores de arroz e os outros usos através de um vertedouro projetado nos anos 90 pelo DAEE e CTH.

Para Sampaio et al. (2000), os projetos de irrigação são geralmente dimensionados em termos de irrigação total devido à falta de informações climáticas. Apesar do método de irrigação por superfície ser o mais antigo e mais usado no mundo, em virtude de suas vantagens em comparação ao método pressurizado, este tem apresentado baixos índices de desempenho devido ao seu manejo inadequado como consequência de dificuldades no monitoramento (Carvalho et al. 2003). Quando a quantidade de irrigação necessária for superestimada, as consequências são sistemas superdimensionados, o que, de acordo com Bernardo (1989) encarece o custo de irrigação por unidade de área e leva à aplicação excessiva de água op.cit. Sampaio et al. (2000).

No Vale do Paraíba se utiliza à necessidade de água máxima no dimensionamento de algumas culturas como no cultivo de arroz inundado em áreas de várzea requerendo uma grande quantidade de água durante todo ciclo da cultura, em média 1,5 a 2 litros por segundos por hectare num período que varia de 80 a 100 dias (Soma, 2002). Segundo Daker (1988) a forma geométrica dos sulcos, incluindo sua profundidade, é muito importante na eficiência e adequabilidade do escoamento superficial na irrigação.

### **3.6 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS**

O IPT (1995) relaciona alguma das alterações mais comuns provocadas por danos ao meio físico: aumento da quantidade de sólido e turvamento das águas; assoreamento e entulhamento de cursos d'água; erosão laminar, em sulcos e ravinas, desenvolvimentos de boçorocas; indução de escorregamentos em taludes e encostas; descalçamento e queda de blocos rochosos; instabilização de encostas pela disposição de rejeitos; modificação de cursos d'água e retenção em reservatório e em cavas

desativadas; interceptação do lençol freático; mudança na dinâmica de infiltração e armazenamento da água no solo; introdução de substâncias químicas poluentes nas águas superficiais e subterrâneas.

Grizolia (1970) relata que características físicas da Bacia Hidrográfica interferem no escoamento superficial e dados como circunferência e a forma da Bacia Hidrográfica, a altitude e a declividade dos divisores de água, mapas, fotografias aéreas e imagens de satélite, são fatores importantes para favorecer ou mesmo colaborar para a determinação das características fisiográficas (Corrêa, 2002).

Estudo de regionalização e de vazão máxima permite obter informações hidrológicas e físicas em locais com pouca ou nenhuma informação, baseado na similaridade espacial de algumas funções, variáveis e parâmetros que permitem transferir as informações de um local para o outro (Tucci, 2002).

As funções hidrológicas de uma bacia hidrográfica são muito complexas e depende de suas características fisiográficas e climáticas (Grizolia, 1970). Na Tabela 2 foram relacionadas duas bacias situadas na cidade de Taubaté (Lobato, 2002).

Tabela 2. Relação das características fisiográficas de duas bacias hidrográficas na região de Taubaté, SP, Vale do Paraíba

| Características físicas                  | Itaim (Corrêa)              | Antas (Grizolia)             |
|--|-----------------------------|------------------------------|
| Área                                     | 58,90 km <sup>2</sup>       | 29,77 km <sup>2</sup>        |
| Perímetro                                | 48,30 km                    | 30,50km                      |
| Comprimento do rio principal             | 21 km                       | 15,92km                      |
| Coefficiente de Compacidade              | 1,70                        | 1,56                         |
| Fator de Forma                           | 0,13                        | 0,12                         |
| Ordem da Bacia                           | 4 <sup>a</sup> Ordem        | 4 <sup>a</sup> Ordem         |
| Densidade de Drenagem                    | 1,63 km/km <sup>2</sup>     | 1,91 km/ km <sup>2</sup>     |
| Densidade da Rede da Bacia Fluvial       | 2,40 cursos/km <sup>2</sup> | 2,42 cursos/ km <sup>2</sup> |
| Extensão média do Escoamento Superficial | 0,15 km                     | 0,13 km                      |
| Altitude máxima                          | 1.060 m                     | 1.050 m                      |
| Altitude média                           | 680 m                       | 781 m                        |
| Altitude mínima                          | 577 m                       | 600 m                        |
| Declividade                              | 0,017 m/m                   | 0,366 m/m                    |

Fonte: Lobato (2002).

### 3.7 CICLO HIDROLÓGICO

O IGM (2001) conceitua ciclo hidrológico como sendo o movimento e à troca de água nos seus diferentes estados físicos, que ocorre na Hidrosfera, entre os oceanos, as calotas de gelo, as águas superficiais, as águas subterrâneas e a atmosfera. O ciclo hidrológico, ou ciclo da água é a constante mudança de estado da água na natureza. O grande motor deste ciclo é o calor irradiado pelo sol devido ao incessante movimento na atmosfera e nas camadas mais superficiais da crosta ([www.meioambiente.pro.br](http://www.meioambiente.pro.br)).

Tucci (1998) ressalta que durante a transferência, parte do vapor de água condensa-se devido ao arrefecimento e forma nuvens que originam a precipitação e o retorno da água às regiões de origem, resulta da ação combinada do escoamento proveniente dos rios e das correntes marítimas. Para que ocorra o ciclo completo tem que haver a precipitação. De maneira ampla, a precipitação deve ser entendida como retorno a superfície terrestre do vapor de água que se encontra em suspensão na atmosfera (Tucci, 1993). O volume de água da chuva que não infiltra, escorre através da declividade sobre a superfície em direção às áreas mais baixas, indo alimentar diretamente os riachos, rios, mares, oceanos e lagos em forma de escoamento direto.

Para Coelho Neto (1994), a vegetação tem um papel importante neste ciclo, pois uma parte da água é interceptada pelo dossel que satura e escorre pelo caule até chegar ao piso florestal, depois é absorvida ocorrendo infiltração, e acaba voltando à atmosfera pela transpiração das plantas estomáticas e pela simples e direta evaporação dos solos (evapotranspiração). Tucci (1993) ressalta a importância da dinâmica do ciclo hidrológico no processo da infiltração para regularizar a vazão dos rios, distribuindo-a ao longo de todo o ano, evitando, assim, os fluxos repentinos, que provocam inundações. A existência do ciclo hidrológico é uma das provas de que o gerenciamento adequado dos recursos hídrico é o maior problema a ser enfrentado pela humanidade.

### **3.8 AQUÍFERO FREÁTICO**

O lençol freático constitui o repositório das águas que escaparam das perdas através das redes de drenagem, infiltrando-se no solo e aí se acumulando. A água que continua a infiltrar-se e atinge a zona saturada das rochas, entra na circulação subterrânea e contribui para um aumento da água armazenada (recarga dos aquíferos) (IGM, 2001). A água infiltra-se no solo em um nível variável, chamando nível hidrostático, o qual acompanha a topografia do terreno. Sua existência e potencial, porém, depende da estrutura dos solos e da extensão das áreas revestidas por vegetação (IGM, 2001). Pelas funções que desempenha dentro do meio ambiente Tucci (1997) ressalta o aquífero freático o seu componente mais importante. De acordo com Gonzáles et al. (2000), a vulnerabilidade das águas subterrâneas depende principalmente das características do aquífero. A água da chuva pode ter vários destinos após atingir a superfície da Terra. Inicialmente uma parte se infiltra, e o solo atinge seu ponto de saturação ([www.meioambiente.pro.br/agua/guia/ocorrencia.htm](http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/ocorrencia.htm)).

O volume e direção da pluma no solo oscilam de acordo com a topografia e principalmente pela dinâmica hidrológica e meteorológica existentes na bacia hidrográfica, sendo rebaixada com o escoamento para nascentes ocorrido pelo déficit hídrico ou elevada com a incorporação de água infiltrada proveniente da precipitação onde através da condutividade hidráulica ganhará velocidade e direção.

O potencial de infiltrabilidade nos solos da bacia vai depender diretamente da existência de cobertura vegetal, propiciada pela fragmentação existente. A quantidade de água e a velocidade a que esta circula nas diferentes etapas do ciclo hidrológico são influenciadas por diversos fatores como, por exemplo, o coberto vegetal, altitude, topografia, temperatura, tipo de solo e geologia (IGM, 2001).

### **3.9 INFLUÊNCIAS CLIMÁTICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA**

Quanto à influência das massas de ar, o Vale do Paraíba e as serras circundantes estão sujeitos ao domínio da massa tropical atlântica, que penetra na região com ventos que prevalecem de E a NE, direções favorecidas pela própria orientação topográfica do



Vale. As condições normais são perturbadas a intervalos de cinco dias a uma semana pelas invasões da massa polar atlântica, que acompanha as frentes frias e provoca ventos do setor sul e sudeste, bem como precipitações contínuas e de longa duração (CBH-PS, 2000).

No verão, sopram também ventos do setor noroeste, que produzem nuvens do tipo Cumulous Nimbus (grandes nuvens em forma de bigorna, com topo de nuvem entre 8000-10000 m), acompanhadas de trovoadas e pancadas de chuva em pontos isolados, que se desenvolvem mais sobre os contrafortes da Serra da Mantiqueira. Já no inverno, ocorrem nevoeiros noturnos e matinais com alguma frequência, associados ao escoamento de ar frio pelas encostas do vale (CBH-PS, 2000).

Os fatores climáticos podem interferir no total anual de precipitação, nos meses mais secos e meses mais chuvosos, e conseqüentemente no armazenamento e déficit hídrico no solo com interferências direta nas vazões.

Para Fisch (1995), o Balanço hídrico climatológico é um método de estimativa da disponibilidade de água no solo, o qual pode ser utilizado pelas plantas.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA SERRAGEM**

Está localizada em Tremembé, na região do Vale do Paraíba abrangendo uma grande extensão de áreas de Topos de morros e APP's e nascentes nas áreas de montante e grande concentração de várzeas propícias para a rizicultura à jusante com área total de 52,2 km<sup>2</sup> e 0,386 km<sup>2</sup> de várzeas irrigadas, a margem direita do Polder Tremembé II, Figura 2. A extensão aproximada do curso do ribeirão da serragem (21 Km), a partir de sua nascente (coordenadas UTM latitude = 444,20 e longitude = 7464,75) até a sua foz no Rio Paraíba do Sul (coordenadas UTM latitude = 428,15 e longitude = 7462,20). As nascentes estão localizadas entre a Serra da Pedra Branca ou Palmital e a Serra da Prefeitura uma ARIE (área de relevante interesse ecológico) da UNITAU, onde nesta existe o primeiro barramento do curso do Ribeirão da Serragem construído na década de 90 como projeto de reservação para o abastecimento de agricultores e empresas que utilizam desse recurso. Existem mais dois sistemas de amortecimento de água na sub-bacia, o barramento dos Frades e o da Maristela, e deste estendendo-se via valetas artificiais de irrigação para as áreas de várzeas até o Rio Paraíba do Sul, onde fica a sua foz.

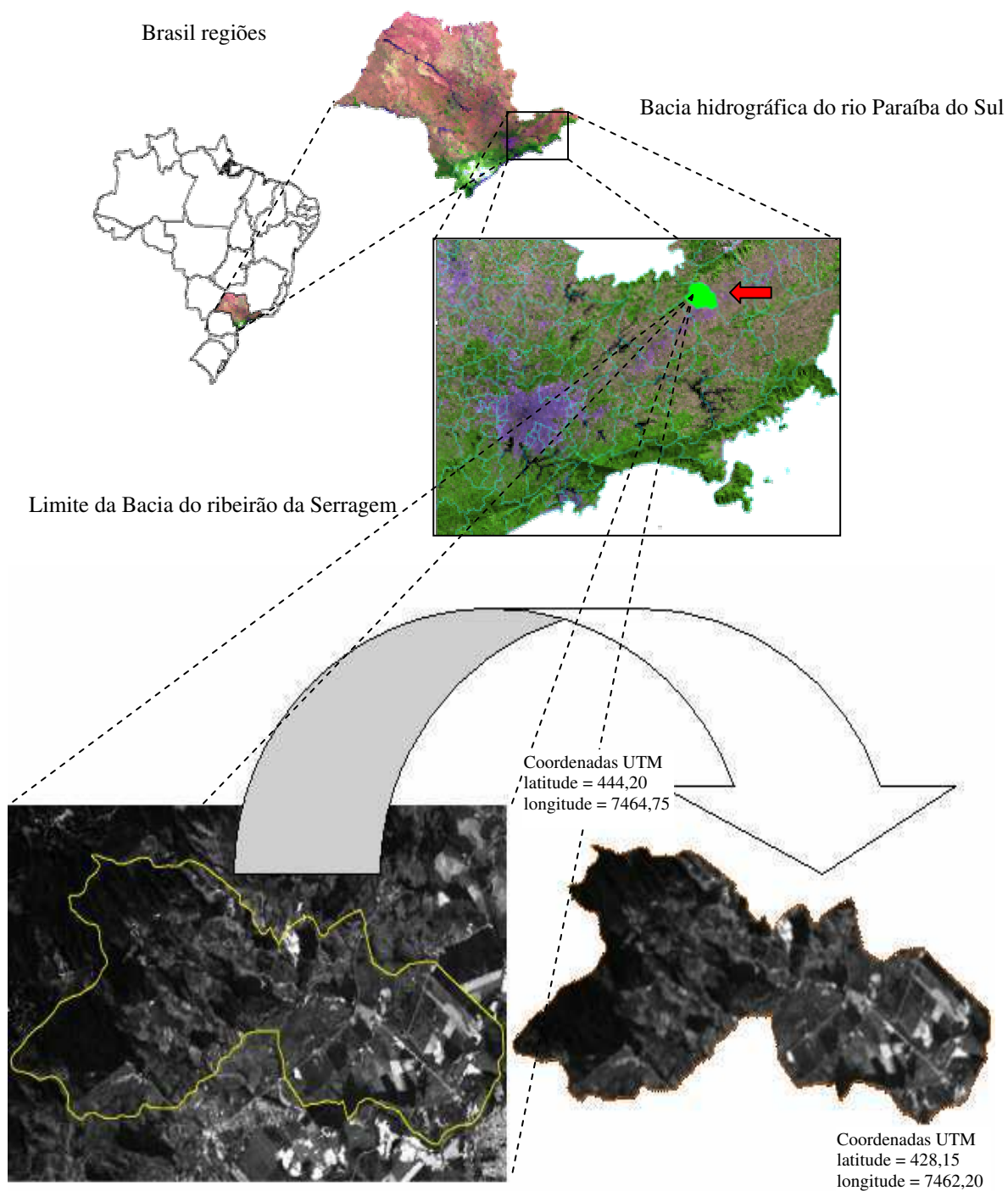


Figura 2. Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Serragem.  
Fonte: Kather, 2003.

## 4.2 SOLOS

Dentro da classificação geológica de Tremembé, existem três grupos de solos na Bacia hidrográfica do Ribeirão da Serragem.

De Oliveira et al. (1999) caracterizam os terrenos mais elevados como solo CX19 composto por um CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico (LAd), Associação com LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico (PVAd). Na parte central ocorre o solo LA6 composto por LATOSSOLO AMARELO Distrófico, Associação com LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico (LVAd), e nas partes baixas ou nas áreas de várzea ocorre o solo GM composto por GLEISSOLO MELÂNICO Distrófico, com características de solos com baixa saturação de bases ( $V < 50\%$ ) na maior parte dos primeiros 120 cm a partir da superfície do solo (GMd), Associação com ORGANOSSOLOS Distróficos e Associação com NEOSSOLOS FLÚVICOS Distróficos.

## 4.3 CLIMA

Pela classificação climática de Koeppen, classificação climática de Taubaté é Cwa, ou seja, o clima é úmido, com temperaturas quentes no verão com inverno ameno (Fisch, 1995). Essa classificação é obtida, sendo a temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C, apresentando um período de seca no inverno, sendo a temperatura média nos meses de verão superiores a 22°C, e a precipitação do mês de julho é aproximadamente 10% da precipitação do mês de janeiro (Fisch, 1995).

Para Taubaté, a dinâmica da atmosfera apresenta comportamento distinto de um ano para outro, resultando em diferenças interanuais significativas nos totais de precipitação, onde este comportamento é o resultado da variação natural do clima devido aos efeitos climáticos que estão ocorrendo, tais como o evento El Niño, por exemplo (Fisch, 1999).

Atualmente não existem dados climatológicos medidos no município de Tremembé, para o cálculo do balanço hídrico, foram utilizado dados do posto Meteorológico mais próximo, situado na Fazenda Piloto do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté (UNITAU), localizado a 5 Km da cidade de Taubaté. Para o cálculo do balanço hídrico, utilizou uma planilha, especialmente elaborada por D'angiolela (2002) com base nos dados de temperatura máxima, média e mínima bem como a Umidade relativa, Evaporação, Precipitação, Insolação e Vento, utilizando-se a metodologia proposta por Thornthwait & Mather, (1955).

#### **4.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA**

É de grande importância a determinação das características do relevo da bacia hidrográfica, referentes aos cursos d'água e às vertentes. Isto é devido à influência sobre os fatores meteorológicos e hidrológicos, pois a temperatura, a precipitação, a evaporação, dentre outros, são funções da altitude da bacia, enquanto que a velocidade do escoamento superficial é determinada pela declividade do terreno (Istake et al. 2000).

A determinação das características físicas da Bacia Hidrográfica do ribeirão da Serragem foi feita pelo método I-paiwu, descrita em DAEE – SRH (1999).

Para a obtenção dos dados das características físicas existem alguns atributos a serem seguidos. Através da carta geográfica IBGE (1974) da região de Tremembé na escala 1:50.000, as linhas de cumeada foram traçadas com base nos divisores topográficos (Heras, 1981), gerando a área de contribuição da bacia. Posteriormente, a bacia foi digitalizada e através do Software Autocad, a imagem foi importada para seu ambiente onde foi vetorizada e georreferenciada. Para a geração dos resultados, os seguintes dados são fundamentais, primeiro distâncias entre curva de nível em metros seguindo a declividade do talvegue e depois a área da Bacia Hidrográfica em Km<sup>2</sup>. Para a geração de parâmetros físicos e vazão o programa emprega as seguintes fórmulas:

##### **Fator gerado da curva de nível**

Foi gerado, com base no modelo de elevação da bacia, obtido a partir das curvas de nível existentes, é dado pela expressão:

$$Fator = \frac{L(km)}{\left(\frac{H}{L(m)}\right)^{0,5}} \quad (1)$$

Onde:

$L(km)$  = Comprimento do Talvegue (km);

$H$  = Altura da curva (m) Carta IBGE;

$L(m)$  = Comprimento do Talvegue (m);

### **Declividade Equivalente S (m/Km)**

Corrêa (2002) explica que a velocidade do escoamento superficial em um rio depende da sua declividade, quanto maior a declividade, maior a velocidade de escoamento. Os valores foram gerados em (m/Km), é dado pela expressão:

$$S = \frac{L(km)}{\sum \left(\frac{L}{J}\right)^{0,5}} * 1000 \quad (2)$$

Onde:

$\sum \left(\frac{L}{J}\right)^{0,5}$  = Somatória dos fatores gerados pelas curvas de nível (equação 1);

$L$  = Comprimento do Talvegue (km);

$J$  = Comprimento do Talvegue (m);

### **Fator de forma da Bacia (F)**

Relaciona a forma da bacia com um círculo de mesma área, ou seja, ele mede a taxa de alongamento na bacia (Uehara, 1989) op cit pela (SRH, 1994), é dado pela expressão:

$$F = \frac{L(km)}{2 * \left(\frac{A}{\pi}\right)^2} \quad (3)$$

Onde:

$A$  = Área total (km<sup>2</sup>);

$\pi$  = 3,1416;

$L(km)$  = Comprimento do Talvegue (km);

### Tempo de Concentração

Sua estimativa é baseada na velocidade média do escoamento superficial, sendo água que não fica retida no solo e liberada pela bacia no exutório final após um período de chuva crítica, é dado pelas expressões:

$$T_c = 57 * \left(\frac{L^2}{S}\right)^{0,385} = \text{minutos} \quad (4) \quad \text{e} \quad T_c = \frac{57 * \left(\frac{L^2}{S}\right)^{0,385}}{60} = \text{horas} \quad (5)$$

Onde:

$S$  = Declividade equivalente do perfil longitudinal do rio m(km);

$L$  = (Km);

### C1 (Coeficiente de forma)

É o coeficiente do efeito da forma da bacia estimando com base no formato e alongamento da bacia, o valor de C1 é menor que 1 para bacias alongadas, é dado pela expressão:

$$C1 = \frac{T_p}{T_c} = \frac{4}{2 + F} \quad (6)$$

Onde:

$F$  = Fator de forma da bacia (equação 3);

$T_p$  = Tempo de pico;

$T_c$  = Tempo de concentração;

### **Coefficiente do Volume de Escoamento (C2)**

O coeficiente volumétrico de escoamento ocorre em função do grau de impermeabilidade da superfície segundo Uehara (1994), adota-se valores de 0,30 para baixo, 0,50 para médio e 0,80 para alto. Para a bacia do ribeirão da serragem o valor adotado foi entre o baixo e o médio equivalente a 0,40.

### **Intensidade de Chuva Crítica $i$ (mm/h)**

A intensidade de chuva crítica ou chuva de projeto em mm/h é obtida pela expressão:

Se  $T_c(\text{min}) < 10$  então: (7)

$$I = 54,5294 * (10 + 30)^{-0,9637} + 11,0319 * (10 + 20)^{-0,9116} * (-0,474 - 0,8839) \text{Log} * \text{Log} \frac{100}{99} * 60$$

Se  $T_c(\text{min}) > 1440$  então: (8)

$$I = 54,5294 * (T_c(\text{min}) + 30)^{-0,9637} + 11,0319 * (T_c(\text{min}) + 20)^{-0,9116} * (-0,474 - 0,8839) \text{Log} * \text{Log} \frac{100}{99} * 60$$

### **Volume do escoamento do hidrograma (m<sup>3</sup>)**

O volume de água escoado na bacia é dado pela expressão:

$$V = (0,278 * C2 * i * t_c * 3600 * A^{0,9} * K) * 1,5 \text{ Onde:} \quad (9)$$

$C2$  = Coeficiente do Volume de escoamento adotado

$i$  = Intensidade de Chuva Crítica (mm/h) equação 7 e 8;

$t_c$  = Tempo Concentração (h) equação 5;



A= área da bacia em Km<sup>2</sup>;

26

K = Coeficiente de distribuição espacial da chuva (Figura 5);

### **Vazão Q(m<sup>3</sup>/s)**

Os valores de vazão são fornecidos pela expressão:

$$Q = 0,278 * C * i * Área^{0,9} * K \text{ Onde:} \quad (10)$$

C= Coeficiente de escoamento;

i= Intensidade de Chuva Crítica (mm/h) equação 7 e 8;

A= área da bacia em Km<sup>2</sup>;

K = Coeficiente de distribuição espacial da chuva, figura 5;

### **Q base Qb(m<sup>3</sup>/s)**

$$Qb = 0,1 \times Q \text{ Onde:} \quad (11)$$

Q=Vazão (m<sup>3</sup>/s); Sendo a vazão de projeto Qp = Q + Qb Onde:

Qb = Coeficiente de segurança (10%)

## **4.5 VAZÕES CAPTADAS**

Com intuito de conhecer a vazão captada pelos usuários foram feitas as medições em cada propriedade, utilizando-se o método do flutuador. As medições das vazões foram realizadas em cada ponto de captação de água, para serem identificadas e comparadas com os valores Outorgados.

Para o FCTH (1990), as medições de vazão determinadas por flutuador são consideradas um método simples e rápido, para fins de parâmetro qualitativo é considerado um método satisfatório Figura 3. Para a realização das medições em nível de campo foram adotados os seguintes critérios: de montante para jusante seguindo as ordens de captação; as medições ocorreram nos dias pré-estabelecidos onde não foram descartados dias com chuva; As seções eram realizadas todas no mesmo local nas captações dos 6 produtores, em todas elas com a mesma régua e trena para não ter diferenças nas medidas e os procedimentos para os resultados foram:

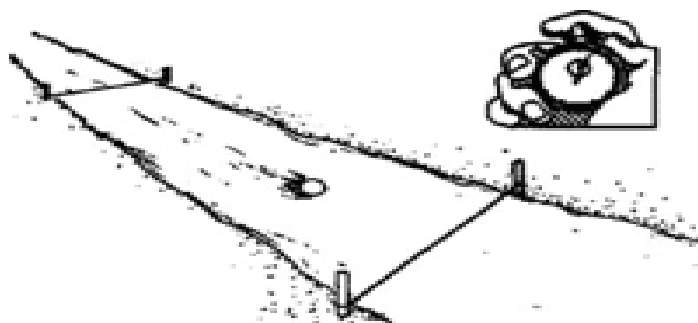


Figura 3. Ilustração do método do flutuador.

**1º procedimento:** foi escolhido o melhor local encontrado no curso d'água superficial, um trecho o mais reto possível na qual as margens estejam em condições ótimas de campo como a vegetação rala e bom acesso à água e o escoamento sem corredeiras;

**2º procedimento:** foi esticada uma trena com a distância de 10 metros na margem do curso, e ao lado das valetas de terra, foi medido, dentro dos 10 metros, quatro larguras diferentes de barranco a barranco, e próximo à água. Depois foi somado as quatro larguras medidas em metros, e dividido por 4, encontrando assim a largura média em metros.

**3º procedimento:** com auxílio de uma régua de 1 metro recomendada pela ABNT, tipo de costureira, foi medido dentro do trecho de 10 metros, dez profundidades em pontos diferentes. Depois foram somadas todas as profundidades e dividiu-se pelo número de medidas, encontrando assim a profundidade média, em metros.

**4º procedimento:** foi utilizado como flutuadores gravetos com tamanhos de 10 cm para velocidades baixas e 15 cm para velocidades mais elevadas do curso. Foi repetida cinco vezes a tomada de tempo. Para se chegar no valor médio, foi somado os valores gasto pelo flutuador ao percorrer a distância de 10 metros e dividido por cinco, encontrando assim o tempo médio em segundos. Posteriormente foi dividido o tempo médio gasto em segundos por 10, obtendo a velocidade em metros por segundo.

### Obtenção dos valores

- a) Foi multiplicada a largura média em metros pela profundidade média em metros, para se obter o valor da Área do perímetro molhado em m<sup>2</sup>, obtida pela expressão:

$$A = \frac{B * H}{2} \quad (12)$$

Onde:

B= base do perímetro molhado na valeta (m)

H= altura da lâmina molhada (m)

- b) Foi dividida a distância percorrida pelo flutuador (10 metros) pelo tempo gasto pelo objeto flutuante até atingir o final da seção, gerou-se então a velocidade do objeto percorrido em m/s.
- c) Depois destes dois valores alcançados, foi multiplicada a área do perímetro molhado na valeta em m<sup>2</sup> pelo tempo gasto em m/s, e obtém-se o valor da vazão em m<sup>3</sup>/s naquela seção, obtida pela expressão:

$$Q = A * V \quad (13)$$

Onde:

A= área em m<sup>2</sup> (equação 12);

V= velocidade em m/s;

As medições nas tomadas de captação foram realizadas em 6 propriedades, totalizando 16 captações em locais diferentes e 12 repetições no total de 192, em períodos pré-estabelecidos que foram de julho a dezembro de 2004.

#### 4.6 GERAÇÃO DO MAPA TEMÁTICO

A confecção do mapa temático de uso e ocupação do solo da bacia foi realizado no laboratório de geoprocessamento do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté (LAGEO/UNITAU).

O geoprocessamento foi introduzido no Brasil nos anos 80 e pode ser entendido como sendo a utilização de técnicas computacionais para o tratamento da informação sobre objetos ou fenômenos geograficamente identificados (MOREIRA, 2001).

O presente estudo fez uso de imagens obtidas a partir do satélite LANDSAT, sensor ETM, 218/76 (órbita ponto) adquirida dia 27/02/2003 e todas as bandas Geotiff/SAD 69 na categoria imagem TM 2002 onde as imagens TM 2002 no formato TIFF foram transformadas no formato GRIB para posterior importação e também foi utilizada uma cena inteira para melhor distribuição dos pontos de controle. Foi usada a segmentação por regiões com limiar de similaridade de 12 e o limiar para área de 12 para a geração de mapas do uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do ribeirão da Serragem. Essa imagem permitiu-se identificar áreas de ocupação com água, área urbana, cultura anual, floresta, mineração, pasto sujo, pastagem, reflorestamento, solo nu, e vegetação natural regenerada.

A partir das informações de campo e com uso de imagens de satélite e plano cartográfico, foi composta a imagem sobre uso atual do solo na bacia Hidrográfica do ribeirão da Serragem, e os dados gerados foram processados utilizando-se o software desenvolvido pelo INPE denominado “SPRING” (Câmara et al. 1996) versão 3.6, gerando-se os mapas temáticos da bacia.

## 5. RESULTADO E DISCUSSÃO

### 5.1 DISPONIBILIDADE DE ÁGUA

A disponibilidade de água em uma bacia pode ser avaliada por meio do balanço hídrico climatológico. Os totais mensais de precipitação da série de dados (janeiro/04 a dezembro/04) apresentaram um comportamento pouco acima do normal climatológico da precipitação na Fazenda Piloto da UNITAU, Tabela 3.

Tabela 3. Série temporal da Precipitação mensal (mm) Taubaté-SP (UNITAU).

| ANO  | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN   | JUL   | AGO   | SET   | OUT   | NOV   | DEZ   | TOTAL  |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1982 |       |       |       |       |       |       | 52,80 | 94,50 | 15,00 | 161,0 | 141,5 | 229,5 | 694,30 |
| 1983 | 258,0 | 193,0 | 136,5 | 111,5 | 127,5 | 151,0 | 53,00 | 11,50 | 266,0 | 51,50 | 109,3 | 157,5 | 1626,3 |
| 1984 | 103,5 | 63,00 | 67,00 | 109,0 | 90,50 | 0,000 | 3,500 | 48,50 | 84,50 | 24,50 | 98,50 | 161,0 | 853,50 |
| 1985 | 275,0 | 200,0 | 189,5 | 44,00 | 57,00 | 10,50 | 2,500 | 9,000 | 75,50 | 117,0 | 109,5 | 237,0 | 1326,5 |
| 1986 | 142,5 | 134,0 | 268,0 | 83,50 | 58,00 | 7,000 | 26,50 | 81,50 | 39,50 | 42,50 | 115,5 | 249,5 | 1248,0 |
| 1987 | 293,5 | 215,0 | 111,0 | 221,0 | 181,0 | 129,0 | 11,50 | 1,500 | 50,00 | 103,5 | 85,50 | 70,50 | 1473,0 |
| 1988 | 196,0 | 293,0 | 213,0 | 97,00 | 152,5 | 31,00 | 0,000 | 0,000 | 34,00 | 153,5 | 71,50 | 178,0 | 1419,5 |
| 1989 | 231,5 | 340,3 | 247,3 | 113,3 | 72,90 | 85,50 | 84,20 | 79,40 | 83,70 | 19,20 | 135,8 | 193,8 | 1686,9 |
| 1990 | 161,7 | 123,2 | 132,8 | 74,50 | 21,30 | 5,000 | 67,80 | 76,20 | 117,6 | 83,30 | 107,5 | 95,30 | 1066,2 |
| 1991 | 301,9 | 162,4 | 356,3 | 84,80 | 20,00 | 32,90 | 9,800 | 14,10 | 118,0 | 141,3 | 96,80 | 178,1 | 1516,4 |
| 1992 | 166,5 | 129,8 | 159,8 | 80,00 | 53,70 | 0,000 | 75,20 | 23,70 | 125,6 | 114,5 | 210,5 | 130,2 | 1269,5 |
| 1993 | 245,6 | 250,6 | 300,2 | 131,7 | 49,00 | 31,90 | 12,30 | 14,70 | 145,5 | 84,50 | 79,90 | 86,10 | 1432,0 |
| 1994 | 216,7 | 72,40 | 151,3 | 100,1 | 89,20 | 40,50 | 21,70 | 0,000 | 1,100 | 96,70 | 132,4 | 298,2 | 1220,3 |
| 1995 | 151,0 | 353,5 | 197,8 | 31,00 | 67,50 | 8,100 | 63,90 | 11,90 | 38,20 | 266,5 | 120,3 | 183,1 | 1492,8 |
| 1996 | 215,8 | 229,3 | 364,8 | 48,10 | 31,90 | 22,90 | 5,100 | 26,10 | 149,2 | 124,1 | 189,5 | 201,3 | 1608,1 |
| 1997 | 223,5 | 49,20 | 70,40 | 25,80 | 57,40 | 69,30 | 9,000 | 18,40 | 112,6 | 63,80 | 243,8 | 142,4 | 1085,6 |
| 1998 | 120,7 | 254,3 | 158,4 | 45,60 | 89,10 | 12,40 | 12,30 | 10,60 | 141,1 | 211,1 | 66,40 | 130,5 | 1252,5 |
| 1999 | 377,6 | 401,4 | 80,50 | 40,60 | 19,00 | 68,60 | 11,00 | 4,800 | 65,00 | 26,50 | 71,40 | 150,0 | 1316,4 |
| 2000 | 342,0 | 169,1 | 260,1 | 8,300 | 9,400 | 0,400 | 60,50 | 92,40 | 90,40 | 56,00 | 227,8 | 235,9 | 1552,3 |
| 2001 | 109,9 | 108,6 | 123,4 | 25,80 | 81,00 | 6,200 | 31,00 | 60,70 | 71,10 | 137,1 | 121,1 | 270,4 | 1146,3 |
| 2002 | 265,3 | 192,7 | 113,1 | 56,80 | 71,90 | 1,800 | 9,200 | 78,80 | 60,20 | 99,60 | 301,0 | 114,9 | 1365,3 |
| 2003 | 288,2 | 48,50 | 131,1 | 23,70 | 29,50 | 1,300 | 15,70 | 25,70 | 22,90 | 188,4 | 170,3 | 88,10 | 1033,4 |
| 2004 | 251,1 | 276,4 | 172,7 | 137,6 | 87,90 | 52,80 | 84,60 | 3,700 | 41,90 | 152,9 | 225,9 | 126,7 | 1614,2 |

Fonte: Posto Meteorológico do Departamento de Ciências Agrárias, Taubaté-SP.

O balanço hídrico realizado utilizando-se a metodologia de D'Angiolella (2002), encontra-se na Tabela 4 e Figura 4. Se comparado aos dados de precipitação desde 1982, apenas três anos (1983, 1989 e o ano de 2004) obtiveram os valores totais mensais acima de 1600 mm, que demonstram um ano hidrológicamente bom para a bacia hidrográfica do ribeirão da Serragem, os volumes do escoamento superficial nas valetas de distribuição de água nas áreas de várzea aumentam com a chuva e conseqüentemente a vazão nas captações.

Tabela 4. Balanço Hídrico para região Taubaté/Tremembé 2004.

| <b>Balanço Hídrico Climatológico - Thornthwaite &amp; Mather, 1955.</b> |                      |  |             |                 |                    |             |                    |              |                                  |
|---|----------------------|--|-------------|-----------------|--------------------|-------------|--------------------|--------------|----------------------------------|
| <b>Instruções</b>   |                      | Gustavo D'Angiolella<br>BHídrico GD V.3.2 - 2002 |             |                 |                    |             |                    |              |                                  |
| <b>Localidade</b>   | P.M.Agronomia Ité-SP |  |             | <b>Método</b>   | Thornthwaite, 1948 |             |                    |              |                                  |
| <b>Latitude</b>   | -23.03               |  |             | <b>Altitude</b> | 577.80             |             | <b>CAD</b>         | 125          |                                  |
| <b>Anemômetro</b>   | 10.00                |  |             | <b>Período</b>  | 2004               |             | <b>Bordadura</b>   | 5.00         |                                  |
| Tempo<br>Meses  | Tmáx.<br>°C          | Tmín.<br>°C                                      | Tméd.<br>°C | UR<br>%         | Evaporação<br>mm   | Prec.<br>mm | Insolação<br>horas | Vento<br>m/s | Porcentagem de<br>luz solar (p). |
| Jan   | 29.4                 | 18.7   | 22.8        | 80.6            | 153.0              | 241.1       | 3.7                | 1.6          | 0.24                             |
| Fev   | 29.2                 | 18.0   | 22.2        | 81.1            | 106.6              | 276.4       | 8.1                | 1.3          | 0.26                             |
| Mar   | 28.5                 | 16.9   | 21.4        | 81.1            | 120.0              | 172.7       | 4.3                | 1.1          | 0.27                             |
| Abr   | 28.1                 | 17.2   | 21.5        | 83.3            | 92.6               | 137.6       | 4.8                | 1.1          | 0.29                             |
| Mai   | 23.9                 | 13.7   | 17.7        | 83.7            | 69.2               | 87.9        | 6.5                | 1.3          | 0.30                             |
| Jun   | 23.7                 | 11.4   | 16.1        | 84.3            | 64.9               | 52.8        | 6.8                | 1.1          | 0.31                             |
| Jul   | 23.0                 | 10.8   | 15.7        | 83.1            | 64.4               | 84.6        | 6.5                | 1.2          | 0.31                             |
| Ago   | 26.3                 | 10.8   | 17.1        | 74.9            | 99.1               | 3.7         | 5.4                | 1.4          | 0.31                             |
| Set   | 30.9                 | 15.0   | 21.6        | 68.3            | 147.0              | 41.9        | 4.3                | 1.7          | 0.28                             |
| Out   | 26.9                 | 15.8   | 20.3        | 78.7            | 121.6              | 152.9       | 4.1                | 1.6          | 0.26                             |
| Nov   | 30.5                 | 19.9   | 23.8        | 74.8            | 153.4              | 225.9       | 3.4                | 1.2          | 0.25                             |
| Dez   | 26.6                 | 18.2   | 22.6        | 77.9            | 157.7              | 126.7       | 5.4                | 0.9          | 0.24                             |
| <b>Média</b>  | 27.3                 | 15.5   | 20.2        | 79.3            | 112.5              | 133.7       | 5.3                | 1.3          | 0.28                             |
| <b>Total/Ano</b>  | -                    | -  | -           | -               | 1349.5             | 1604.2      | 1934.5             | -            | -                                |
| Tempo<br>Meses  | ETP<br>mm            | P-ETP<br>mm                                      | NEG-AC      | ARM<br>mm       | ALT<br>mm          | ETR<br>mm   | DEF<br>mm          | EXC<br>mm    | Prova<br>Real                    |
| Jan   | 110.4                | 130.7  | 0.0         | 125.0           | 0.0                | 110.4       | 0.0                | 130.7        | ETP=ETR+DEF                      |
| Fev   | 90.6                 | 185.8  | 0.0         | 125.0           | 0.0                | 90.6        | 0.0                | 185.8        | 944.9                            |
| Mar   | 88.4                 | 84.3   | 0.0         | 125.0           | 0.0                | 88.4        | 0.0                | 84.3         |                                  |
| Abr   | 81.7                 | 55.9   | 0.0         | 125.0           | 0.0                | 81.7        | 0.0                | 55.9         | P=ETR+EXC                        |
| Mai   | 52.5                 | 35.4   | 0.0         | 125.0           | 0.0                | 52.5        | 0.0                | 35.4         | 1604.2                           |
| Jun   | 40.1                 | 12.7   | 0.0         | 125.0           | 0.0                | 40.1        | 0.0                | 12.7         |                                  |
| Jul   | 39.7                 | 44.9   | 0.0         | 125.0           | 0.0                | 39.7        | 0.0                | 44.9         | P=ETP+(P-ETP)                    |
| Ago   | 49.9                 | -46.2  | -46.2       | 86.4            | -38.6              | 42.3        | 7.6                | 0.0          | 1604.2                           |
| Set   | 85.2                 | -43.3  | -89.5       | 61.1            | -25.3              | 67.2        | 18.0               | 0.0          |                                  |
| Out   | 81.0                 | 71.9   | 0.0         | 125.0           | 63.9               | 81.0        | 0.0                | 8.0          | Σ ALT                            |
| Nov   | 116.1                | 109.8  | 0.0         | 125.0           | 0.0                | 116.1       | 0.0                | 109.8        | 0.0                              |
| Dez   | 109.3                | 17.4   | 0.0         | 125.0           | 0.0                | 109.3       | 0.0                | 17.4         |                                  |
| <b>Média</b>  | 78.7                 | 54.9   | -11.3       | -               | -                  | 76.6        | 2.1                | 57.1         | P-ETP=EXC-DEF                    |
| <b>Total/Ano</b>  | 944.9                | 659.3  | -135.7      | -               | -                  | 919.3       | 25.6               | 684.9        | 659.3                            |

O resultado do balanço hídrico para o ano de 2004 na bacia do ribeirão da Serragem representado na Figura 4, mostrou um verão extremamente chuvoso abrangendo os meses que vão de janeiro a meados de julho com chuvas favorecendo o armazenamento de água no solo, bom para a bacia hidrográfica. O inverno também foi chuvoso Tabela 3, que não é normal na bacia do rio Paraíba do Sul, mostrando ter sido um ano atípico com chuvas intensas nos meses mais secos do ano, e chuva acima da média nos meses com altos valores de precipitação, ocorrendo excesso e conseqüentemente armazenamento hídrico no solo. Nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2004 ocorreram chuvas elevadas, época em que as áreas já estavam plantadas, e os meses de agosto e setembro foram os mais secos. Os plantios começam com o preparo do barro havendo a necessidade da inundação parcial dos tabuleiros de arroz, e nesta fase, portanto, há necessidade de uma demanda alta de água na bacia hidrográfica para o manejo do plantio.

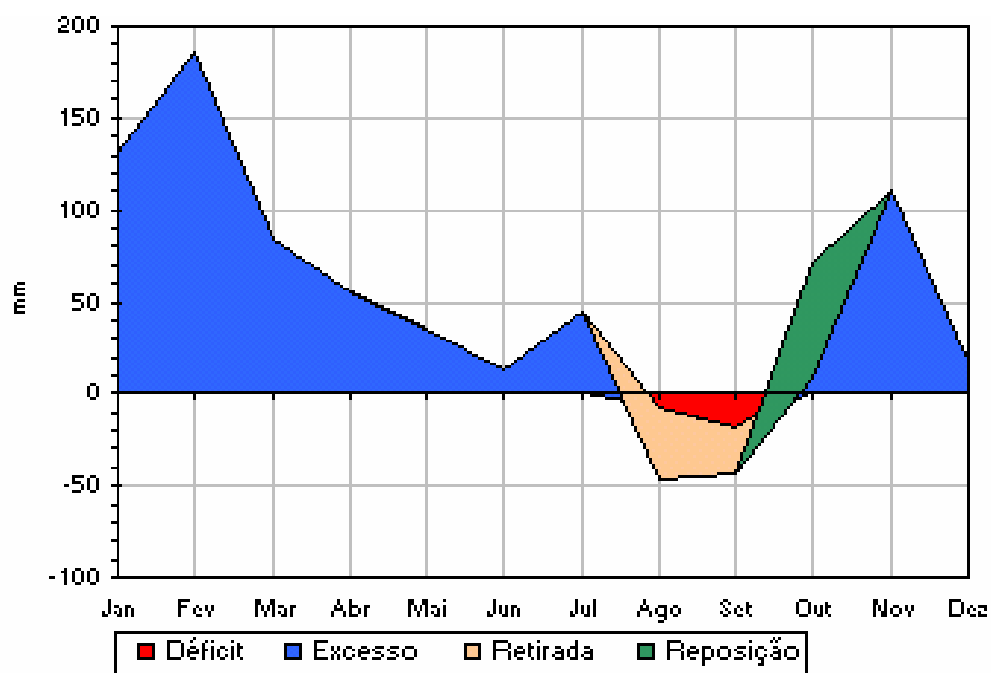


Figura 4. Valores correspondentes ao Balanço hídrico climatológico da região de Tremembé/Taubaté para o ano de 2004.

A água retida nos solos da bacia nos meses de maiores precipitações ficou armazenada não ocorrendo déficit hídrico nos períodos de menores índices de chuva

atendendo a demanda de absorção de água pelas plantas havendo água suficiente e disponível as plantas, devido ao armazenamento hídrico do solo.

Os valores de evapotranspiração (Thornthwaite, 1948) para o ano de 2004, demonstrados na Tabela 4, indicam a ocorrência de maiores perdas de água para atmosfera (solo, planta) nos meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro, devido ao período ser de maior radiação solar e pelo fato do dia ser mais longo fazendo com que os valores sejam maiores nestas épocas e menores nos meses de junho, julho e agosto quando se tem menor incidência da radiação solar durante o dia, sendo menor o fotoperíodo e menos perda para atmosfera.

## **5.2 FISIOGRAFIA DA BACIA**

Foi realizado o estudo da vazão máxima, assim possibilitando geração das características fisiográficas da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Serragem, como mostra a Tabela 5.

O tamanho da bacia de contribuição do ribeirão da Serragem delimitada através das linhas de cumeada direcionada pelos divisores de água somam 52,27 Km<sup>2</sup>, sendo a área responsável pela drenagem total das águas que chegam a bacia hidrográfica quer seja pela precipitação, infiltração ou por qualquer outro evento hidrológico.

O comprimento do talvegue ou a distância horizontal considerando a declividade do Ribeirão da Serragem é de 21 Km de escoamento superficial incluindo as três barragens de amortecimento mediantes ao curso. O estudo em loco do escoamento superficial pode retratar os diferentes usos e possibilitar o entendimento entre os usuários para a gestão da bacia.

O Fator gerado da curva de nível é a declividade de cada trecho ou de uma curva para outra chegando ao valor médio de 282,24 m/Km. O escoamento superficial referindo-se de montante a jusante possui declividade média equivalente de 5, 54 m/Km.



O fator de forma de uma bacia está relacionado com a circunferência da área, ou seja, ele mede a taxa de alongamento de uma bacia. Se uma bacia fosse exatamente circular seria igual a 1, no caso a bacia estudada é 2,58.

Segundo Maciel, (2004) a bacia do ribeirão Serragem apresenta um tempo de concentração de 307,5 minutos, o que pode ser considerado baixo indicando a alta tendência de escoamento superficial, mas não ocorrendo devido aos reservatórios de amortização conforme sugestão de (Maciel, 2004). Utilizando os valores da tabela 2 (página 16) citada por lobato (2002), o valor gerado através da formula de Kirpich (Tucci et al, 1993) para o tempo de concentração na bacia do Itaim foi de 177,6 minutos. Tabela 5. Informações do estudo hidrológico de vazão máxima, método “I-paiwu”.

| Comprimento Talvegue |       | Alt. | Fator                 | Decliv. Equiv. | Área               | Forma Bacia | Tempo Conc. | tc   | Coef.Vol. Escoam. |
|----------------------|-------|------|-----------------------|----------------|--------------------|-------------|-------------|------|-------------------|
| (m)                  | (Km)  | (m)  | (L/J <sup>1/2</sup> ) | S(m/Km)        | (Km <sup>2</sup> ) | (F)         | tc-(min)    | (h)  | C2 -adot.         |
| 51,63                | 0,052 | 20,0 | 0,083                 |                |                    |             |             |      |                   |
| 49,17                | 0,049 | 20,0 | 0,077                 |                |                    |             |             |      |                   |
| 39,51                | 0,040 | 20,0 | 0,056                 |                |                    |             |             |      |                   |
| 70,09                | 0,070 | 20,0 | 0,131                 |                |                    |             |             |      |                   |
| 62,03                | 0,062 | 20,0 | 0,109                 |                |                    |             |             |      |                   |
| 36,03                | 0,036 | 20,0 | 0,048                 |                |                    |             |             |      |                   |
| 36,03                | 0,036 | 20,0 | 0,048                 |                |                    |             |             |      |                   |
| 24,10                | 0,024 | 20,0 | 0,026                 |                |                    |             |             |      |                   |
| 39,50                | 0,040 | 20,0 | 0,056                 |                |                    |             |             |      |                   |
| 60,10                | 0,060 | 20,0 | 0,104                 |                |                    |             |             |      |                   |
| 88,03                | 0,088 | 20,0 | 0,185                 |                |                    |             |             |      |                   |
| 127,00               | 0,127 | 20,0 | 0,320                 |                |                    |             |             |      |                   |
| 97,64                | 0,098 | 20,0 | 0,216                 |                |                    |             |             |      |                   |
| 63,61                | 0,064 | 20,0 | 0,113                 |                |                    |             |             |      |                   |
| 105,93               | 0,106 | 20,0 | 0,244                 |                |                    |             |             |      |                   |
| 217,18               | 0,217 | 20,0 | 0,716                 |                |                    |             |             |      |                   |
| 591,01               | 0,591 | 20,0 | 3,213                 |                |                    |             |             |      |                   |
| 1.918,13             | 1,918 | 20,0 | 18,785                |                |                    |             |             |      |                   |
| 566,47               | 0,566 | 20,0 | 3,015                 |                |                    |             |             |      |                   |
| 1.863,48             | 1,863 | 20,0 | 17,988                |                |                    |             |             |      |                   |
| 4.003,09             | 4,003 | 20,0 | 56,634                |                |                    |             |             |      |                   |
| 5.700,01             | 5,700 | 20,0 | 96,227                |                |                    |             |             |      |                   |
| 5.200,00             | 5,200 | 20,0 | 83,847                |                |                    |             |             |      |                   |
|                      | 21,01 |      | 282,24                | 5,54           | 52,27              | 2,58        | 307,50      | 5,13 | 0,40              |

| C1   | Coef. Escoa. | Intesidade Chu. Crítica | K       | Volume            | Q                   | Qb                  | Qp                  |  |  |
|------|--------------|-------------------------|---------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--|--|
|      | (C)          | i-(mm/h)                | gráfico | (m <sup>3</sup> ) | (m <sup>3</sup> /s) | (m <sup>3</sup> /s) | (m <sup>3</sup> /s) |  |  |
| 0,87 | 0,26         | 24,09                   | 0,966   | 2520096,4         | 58,26               | 5,83                | 64,09               |  |  |

Fonte: DAEE (2004).

A falta de vegetação ciliar e a impermeabilidade das áreas ocasionam baixos índices de infiltração de água nos solos, sendo fatores de grande relevância para bacias hidrográficas com tempo de concentração baixo, como por exemplo a do ribeirão Itaim com 2,95 horas. O tempo de concentração da bacia do ribeirão da Serragem leva cerca de 5,13 horas para chegar a sua foz, que implica em um tempo razoavelmente melhor em comparação com a bacia no município de Taubaté, em critérios de conservação. Corrêa (2002), relata que o rio de drenagem da bacia do Itaim é um rio pouco sujeito a enchentes. Como possui tempo de concentração inferior e declividade mais acentuada que a bacia do Serragem, indica ser uma bacia hidrográfica bem vulnerável a enchentes e pouco sujeita a inundações, e com registros de ocorrência. Esse fenômeno acontece com maior incidência em épocas chuvosas, nos períodos que vão de setembro a março, ocorrendo aumento significativo do volume de água na calha após chuvas de alta intensidade, trazendo grandes prejuízos devido às inundações que ocorrem, embora o comprimento do talvegue seja igual para as duas bacias (21Km). A bacia do Serragem é pouco sujeita a enchentes devido ao tempo de concentração ser maior que a do Itaim, e não foi acionado o extravasor para a descarga do excesso de água da barragem durante os períodos de medição de vazão, indicativo da bacia hidrográfica possuir baixos índices de inundação e boa drenagem com aumento no volume das valetas de captação. Como é uma bacia com declividade média o escoamento superficial não ganha rápida velocidade, não ocorrendo assoreamentos ou solapamentos.

Foi adotado para a bacia do Serragem o coeficiente de impermeabilização, mostrando a dinâmica do escoamento superficial (C2) 0,40 ficando na média entre o baixo e o médio, devido a alguns trechos das áreas de várzea estar com vegetação rala ou esparsa, terrenos com manto fino de material poroso e terrenos cultivados com cultura anual e existem solos com pouca vegetação, gramados amplos com declividade média, e mais a montante terrenos pavimentados, solos argilosos com terrenos rochosos estéreis ondulados e áreas com vegetação quase inexistente nas propriedades.

O valor gerado do coeficiente de escoamento superficial demonstra que a bacia é pouco sujeita a enchentes pois o valor encontrado foi de 0,26, indicando um bom sistema de drenagem e boa infiltração de água depois de uma chuva crítica.

A intensidade de chuva crítica para a bacia é 24,09 mm/h, ou seja, este valor já é descontado as parcelas de infiltração, evaporação, interceptação e ao efeito do armazenamento de água superficial em pontos específicos na bacia. Este valor é quantidade máxima de água infiltrada que os solos da bacia pode reter, e a partir deste valor ocorrerá escoamento superficial.

O valor de K é 0,966 obtido por meio da Figura 5, ou seja, com a área da bacia em Km<sup>2</sup> no eixo das abscissas e o tempo de concentração no eixo das ordenadas, obtém-se o valor através do ábaco em porcentagem gerando o coeficiente de distribuição espacial da chuva. Este valor indica a abrangência da precipitação na bacia hidrográfica após uma chuva crítica.

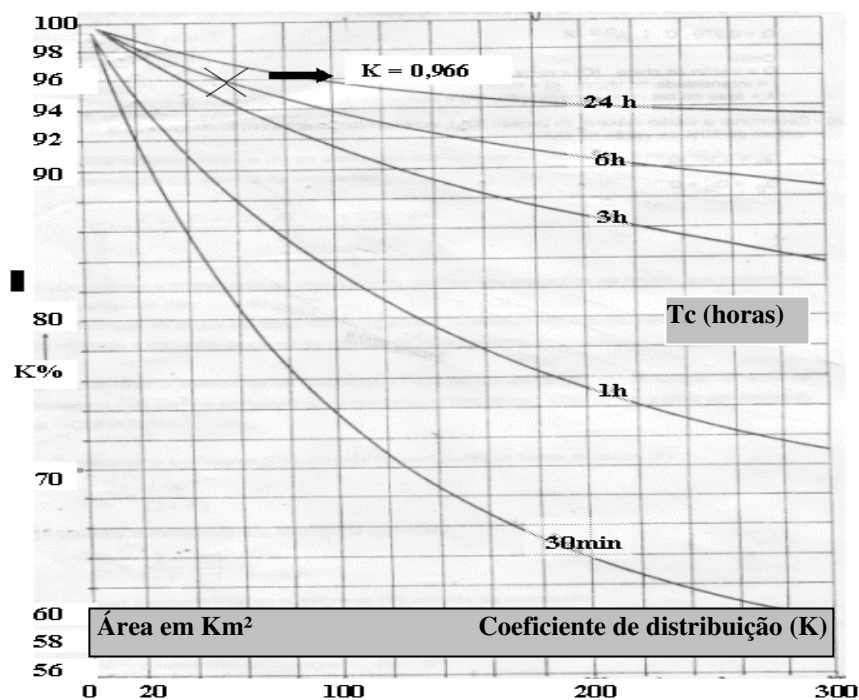


Figura 5. Coeficiente de distribuição espacial da chuva (K).

O volume total gerado na bacia após uma chuva crítica é de 2.520.096,4 m<sup>3</sup> de água e a vazão de base do projeto é de 58,26 m<sup>3</sup>/s. É usado um coeficiente de segurança com acréscimo de 10% da vazão calculada 5,83m<sup>3</sup>/s totalizando o Q 95% de 64,09 m<sup>3</sup>/s. Este valor é o volume máximo de água que a bacia poderia produzir em seu talvegue principal, podendo ser igualada ou superada pelo menos uma vez no período de retorno de 100 anos.

### 5.3 VAZÕES UTILIZADAS PELOS PRODUTORES

A utilização dos recursos hídricos para o cultivo de arroz irrigado em bacias hidrográficas de pequena contribuição leva a disputas pela água entre produtores. Estas disputas tornou-se freqüentes, quando a demanda é maior que a disponibilidade. A consequência é que quem capta a jusante ficará com menos água de quem capta a montante.

Na Tabela 1, foi elencado individualmente os volumes de captação dos produtores Outorgados pelo DAEE de acordo que preconiza a Lei 9433 de 1997. Os usos Outorgados totalizam 0,236 m<sup>3</sup>/s, sendo 0,205 m<sup>3</sup>/s correspondente para irrigação na rizicultura irrigada Figura 6, e 0,0306 m<sup>3</sup>/s para atividade de piscicultura, como mostra a Figura 7. O DAEE não fornece em nenhuma hipótese valores de vazão de outorga que iguale ou supere 50% do Q<sub>7,10</sub> embasado nos artigos 13 e 14 da Lei 9034, lei indicadora de bacia conflitante pelo uso da água.

Quando a bacia do ribeirão da Serragem começou a ser fiscalizada e estudada através das outorgas e estudos hidrológicos, segundo informações dos Engenheiros, as medições foram realizadas no extravasor da Maristela exatamente no período que emergiam os conflitos no ano de 1997 sendo a vazão ou o Q<sub>7,10</sub> medido na época de 700 m<sup>3</sup>/s, e as outorgas foram concedidas em função deste valor.



Figura 6. O cultivo da cultura do arroz irrigado por inundação nas áreas de várzea na bacia do ribeirão da Serragem, Coordenadas UTM 0439970 e 7463250.



Figura 7. Área de várzea destinada à piscicultura. Coordenadas UTM 0439930 e 7463259.

A montante da Barragem da Maristela existem outros usos com manutenção das vazões para jusante, destacando-se apenas a Barragem da Prefeitura-UNITAU, Figura 8, onde existe a captação da Empresa A, com vazão de  $0,058 \text{ m}^3/\text{s}$ , e uma outra do Produtor B que também tem sua captação junto à barragem para o uso na fazenda, onde sua extravasão retorna ao leito mais a jusante, não influenciando nas outorgas, pois a vazão mínima do ribeirão é mantida por um descarregador de fundo da barragem como mostra a Figura 9, enquanto os usos relacionados estão baseados na vazão de descarga da barragem situada na Fazenda da Maristela.

Observando as propriedades rurais existentes na bacia do Serragem em loco no sentido de montante para jusante, foi notado a existência de barramentos e captações para abastecimento rural e dessedentação animal nas fazendas, na qual o ribeirão atravessa. Essas captações não estão elencadas nos Autos dos processos de outorga do DAEE e também não existe nenhum tipo de autorização junto ao órgão para o uso racional dessa água, acarretando ainda mais o déficit hídrico uma vez que existam conflitos pelo uso da água nas áreas de várzea. Seria fundamental a aquisição das outorgas por parte desses usuários clandestinos do ribeirão serragem para futura gestão da bacia.



Figura 8. Barragem da Prefeitura-UNITAU, construída para empresa A na serra da Pedra Branca, uma ARIE em propriedade da Universidade de Taubaté. Coordenadas UTM 0432002 e 7461971.



Figura 9. Estruturas que compõem a barragem da Prefeitura-UNITAU, lado esquerdo captação da Empresa A, lado direito descarregador de fundo. Coordenadas UTM 0432002 e 7461971.

Após a descarga d'água da barragem, existe um divisor de água ou canal de derivação onde nela estão somadas todas as vazões dos rizicultores e piscicultores da bacia.

Existem diversas situações colocadas pelos agricultores na bacia e uma delas são as tomadas de água no canal de derivação, afirmando que não estão corretas. Eles acham que a vazão é maior para um lado do que para o outro, assim os últimos estarão prejudicados como mostra a Figura 10.



Figura 10. Entrada d'água bacia, canal de derivação, divisor de água a jusante do Reservatório da Maristela. Coordenadas UTM 0437222 e 7463648.

Depois de passar o canal de derivação, a água encontra sua direção, dividindo-se em duas, no lado esquerdo é chamado de valetão de baixo e no lado direito o valetão de cima. Nesta, a água é amortizada formando um barramento chamado Tanque da Baiana, na qual sua extravasão passa por baixo da Rodovia Ayrton Sena chegando ao lado de um galpão abandonado, onde ao lado existe apenas um pequeno horticultor. No local, antigamente existia uma Sonda, e como a extravasão verte do solo e tem formato de uma cachoeira é chamada de Cachoeira da Sonda. A vazão total da mesma divide-se em duas, ao lado esquerdo a vazão é para o Produtor F e no lado direito para o Produtor E. A vazão total do valetão de baixo divide-se em sete partes para os outros quatro produtores G, D, H e C. Ocorre uma divisão neste lado onde para o lado esquerdo tem as duas primeiras captações, feitas pelo Produtor C e sua extravasão é o volume captado pelo

Produtor D. No lado direito as vazões estão direcionadas para o Produtor G e para o produtor H, ambos possuem duas captações.

As demandas totais são as captações da Empresa A, do Produtor B mais alguns pequenos usos clandestinos a montante e jusante da barragem da Prefeitura-UNITAU mais os Produtores E, G, D, F, H e C nas áreas de várzeas. Como a base dos conflitos pela água ocorre entre os seis produtores, os usos a montante não influenciam as captações nas áreas de várzea, uma vez que é controlada pelo vertedouro da barragem da Maristela.

Nas áreas de plantio de arroz, o Produtor E possui 5000 (cinco mil) quadras, caracterizando a maior área e vazão da bacia; o produtor G possui 700 (setecentas) quadras mais a atividade comercial de piscicultura; o Produtor D possui 45 (quarenta e cinco) quadras e áreas com Olericultura, que não influencia nas outras captações, o Produtor F possui 2300 (duas mil e trezentas) quadras e atividade particular de piscicultura, a segunda maior área e vazão; o Produtor H possui 100 (cem) quadras e atividade comercial de piscicultura; e o Produtor C possui 680 (seiscentas e oitenta) quadras de plantio. Os valores totalizam 8825 quadras de arroz do tipo inundado, com a dimensão de (26,4 m x 26,4 m), correspondendo a uma área por quadra de 696,96 m<sup>2</sup> totalizando 6.150.672 m<sup>2</sup> e com uma área a ser irrigada de 615 hectares. Cabe salientar que os valores obtidos das áreas de rizicultura irrigada das propriedades situadas na bacia do Serragem foram adquiridas através de um questionário aplicado junto aos produtores nas reuniões técnicas no DAEE.

Somando os valores Outorgados constados na Tabela 1 (página 12), nas captações para piscicultura, o Produtor G possui 0,017 m<sup>3</sup>/s, o Produtor F possui 0,006 m<sup>3</sup>/s e o Produtor H possui 0,008 m<sup>3</sup>/s, chegando-se ao total de 0,0306 m<sup>3</sup>/s.

Considerando os valores de vazão de captação para rizicultura irrigada de 2,0 L/s por hectare conforme indicado por Soma (2002), e a área total do cultivo dos produtores rurais de 615 hectares mais valores das outorgas 0,0306 m<sup>3</sup>/s para a atividade de piscicultura somam a demanda hídrica total da bacia. Os resultados das medições de vazão no canal de derivação imediatamente após a saída do vertedouro da barragem da Maristela demonstraram que a produção de água na bacia do ribeirão da serragem atinge



em média 0,739 m<sup>3</sup>/s conforme Tabela 6, enquanto as vazões necessárias a todos produtores rurais somam 1,320 m<sup>3</sup>/s, sendo 1,230 m<sup>3</sup>/s para rizicultura e 0,0306 m<sup>3</sup>/s para a atividade de piscicultura.

A divisão de água é realizada no canal de derivação, e a captação ocorre durante todo ano sem intervalos inclusive dos tanques de piscicultura. Dentro das propriedades e por conta dos produtores são realizados os procedimentos de abertura e fechamento das comportas, visando a irrigação para as várzeas, ocorrendo nesse manejo volumes altos e contínuos em todas propriedades, pois ficam a critério do produtor regular a altura da lâmina d'água nas quadras de arroz. As vazões outorgadas pelo DAEE se comparadas com as vazões captadas pelos produtores junto as suas captações são praticamente mínimas perto do volume d'água escoado superficialmente. Praticamente todo volume d'água gerado pela bacia do ribeirão Serragem encontra-se nas valetas de irrigação.

Tabela 6. Vazão de entrada d'água (m<sup>3</sup>/s) no canal de derivação na saída pelo vertedouro da barragem da Maristela, bacia hidrográfica do ribeirão da Serragem. Coordenadas UTM 0437222 e 7463648.

| <i>Data de medição</i> | <i>Vazão em m<sup>3</sup>/s</i> |
|------------------------|---------------------------------|
| 01/08/04               | 0,785                           |
| 23/08/04               | 0,657                           |
| 06/09/04               | 0,569                           |
| 13/09/04               | 0,658                           |
| 20/09/04               | 0,585                           |
| 01/10/04               | 0,766                           |
| 14/10/04               | 0,785                           |
| 25/10/04               | 0,810                           |
| 07/11/04               | 0,814                           |
| 23/11/04               | 0,803                           |
| 06/12/04               | 0,846                           |
| 13/12/04               | 0,801                           |
| <b>Média</b>           | <b>0,739 m<sup>3</sup>/s</b>    |

Por meio da base de dados disponíveis no DAEE é possível fazer a verificação do estudo de regionalização e vazão máxima para o período de retorno de 100 anos.

Para a Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Serragem, foi levantado junto ao SIGRH – DAEE, a curva de permanência e vazão mínima anual, Figura 11.

Para Vilela & Matos (1975) a curva de duração ou de permanência de vazões é a representação gráfica da função  $Q(t)$ , sendo a duração expressa em porcentagem. Na Figura 11, é fornecida a curva de permanência para a bacia do ribeirão Serragem, lembrando que os dados de vazão corresponde a (hora, dia, mês, ano).

Uehara (1994), relata no (Plano Estadual de Recursos Hídricos) que para saber a amplitude de variação das vazões e principalmente a freqüência com que cada valor de vazão ocorre numa determinada seção do rio é através da curva de permanência de vazões, onde para cada vazão possível de ocorrer naquele local, estará associada à freqüência. As vazões de cada usuário para o ano de 2004 aumentaram moderadamente nas valetas de distribuição devido às chuvas, atingindo a freqüência de ocorrência de apenas 33% para o valor de  $0,739 \text{ m}^3/\text{s}$ . Este valor indica que quanto maior for o volume do (Q7,10) descarregado pelo extravasor da barragem da Maristela menor é a freqüência de ocorrência da vazão nessa seção, específico para o ribeirão Serragem.

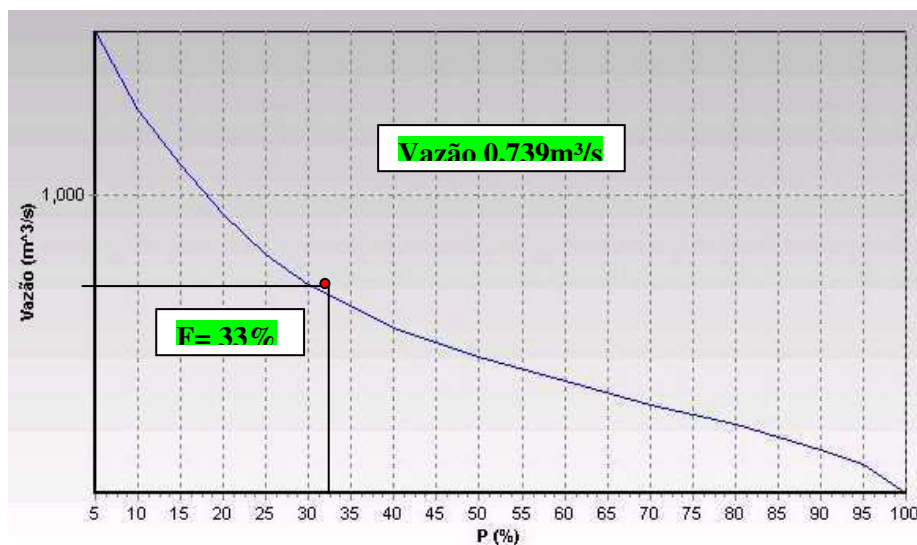


Figura 11. Curva de permanência de vazões para bacia do ribeirão da Serragem.  
Fonte: SIGRH (2004).

#### 5.4 ATIVIDADES ECONÔMICAS

O grande efeito que a falta de água trouxe a sub-bacia Hidrográfica do Ribeirão da Serragem foram às mudanças das atividades econômicas locais. Com o passar dos anos houve a queda do preço do arroz, e o aumento significativo do custo de produção

devido aos altos valores pagos pelos insumos deixando os produtores descapitalizados, entrando na era da introdução de alternativas que trouxesse lucros imediatos nas propriedades como a piscicultura, que demanda uma quantidade altíssima de água, gerando mais conflitos pelo uso.

Com a crise, alguns produtores diversificaram mudando de atividade como, na introdução pesque-pagues comerciais e particulares, casa de show com forró, hípicas para pousio de cavalos e arrendo para gado. Proprietários começaram a lotear suas propriedades para pequenos sítiantes tornando mais freqüentes as captações superficiais ou mesmo sub-superficiais por intermédio de poços artesianos para a captação de água da bacia, tudo isso sem autorização legal vigente. A vantagem de todos terem Outorga é para o gerenciamento e o fornecimento de água para todos que utilizam o recurso hídrico da bacia hidrográfica.

## **5.5 RESERVATÓRIO DE AMORTECIMENTO**

Para bacias com alta demanda de água apenas a vazão do córrego ou rio para os usos geralmente é insuficiente havendo a necessidade de construir barragens de reservação. A característica principal de um reservatório é garantir o volume de água para alguma utilidade, de modo que supra a demanda dos usos como a rizicultura e os pesqueiros durante o ano.

Os três reservatórios no curso do ribeirão da Serragem têm sua importância o primeiro abastece a empresa A e outros pequenos usos estão situados na Serra da Pedra Branca na área da Universidade de Taubaté o segundo reservatório serve para reservar água para abastecimento do terceiro e último sendo este o mais importante, pois é dele que deriva água para os proprietários rurais nas áreas de várzea. Os produtores que utilizam os recursos hídricos desta bacia hidrográfica, possuem os usos notados após o lançamento da água no reservatório da Fazenda Maristela, responsáveis pelo amortecimento das águas do curso do Ribeirão da Serragem e da precipitação direta na lâmina d'água. Neste sistema de reservação, os produtores têm suas captações

garantidas, através de um vertedouro tipo Stop Log projetado na barragem, como mostra Figuras 12 e 13, para a garantia do escoamento superficial nas valetas de alimentação.



Figura 12. Vertedouro do barramento da Maristela, regularização da entrada d'água na bacia. Coordenadas UTM 0437179 e 7463667.



Figura 13. Vista de cima do vertedouro de regularização de vazão da barragem da Maristela. Coordenadas UTM 0437239 e 7463740.

## 5.6 MEDIDA DA VAZÃO NAS CAPTAÇÕES PARA AS PROPRIEDADES

A melhor maneira de se analisar a dinâmica do escoamento superficial em bacias hidrográficas de conflito cuja disponibilidade hídrica encontra-se deficitária é distinguir as divisões hidrológicas na área ou seja quem é mais ou menos beneficiado distinguindo se os colapsos estão ocorrendo em função da má distribuição hidrológica ou se realmente é uma bacia de pequena contribuição onde a demanda não atende a todos os usuários. O método empregado para medição de vazão foi do flutuador, e foi realizado em pontos específicos no campo, como mostra a Figura 14, as medições foram feitas durante todo ciclo da cultura abrangendo as épocas de pré-plantio com a semeadura com as quadras cheias d'água até o período da colheita.

Avaliação continua das características hidrológicas como medidas de vazão de mananciais, córregos, rios, valetas para fins de pesquisas são primordiais no gerenciamento de Bacias hidrográficas com déficit hídrico. Para estudos mais detalhados, as questões relacionadas à quantidade de água, são dados importantes.

Um dos principais motivos dos desentendimentos nas áreas de conflitos em bacias hidrográficas são os volumes altos e outros baixos das captações nas propriedades, usadas pelos agricultores quer seja na irrigação ou para outros fins.



Figura 14. Procedimento de medição de vazão em canais abertos e nas valetas em loco, método do flutuador. Coordenadas UTM 0437313 e 7463603.

A distribuição de água para os produtores rurais da bacia do ribeirão da serragem é feita por meio de um complexo sistema de valetas. Na Figura 15 é demonstrado um esquema simplificado da distribuição seqüencial da água na bacia.

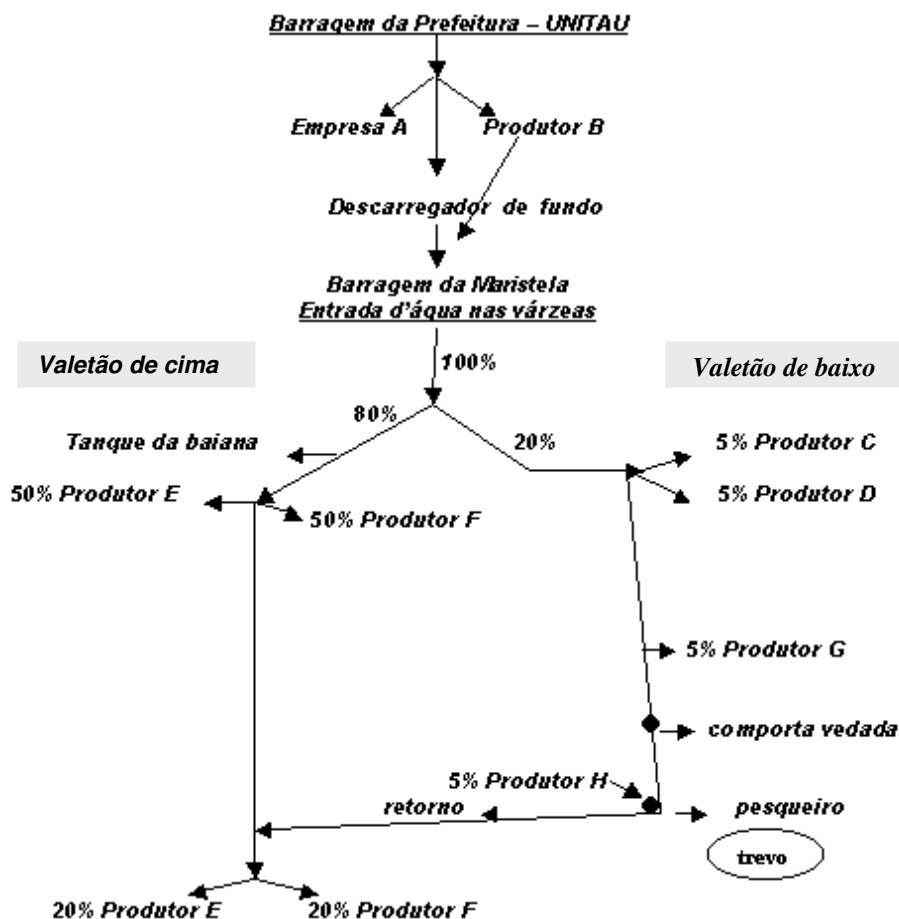


Figura 15. Desenho esquemático simplificado da distribuição seqüencial da água na bacia.

Grande parte da divisão dos recursos hídricos na bacia do ribeirão da Serragem vão para os Produtores E e F sentido valetão de cima chegando a 80% do total, são os que mais demandam o recurso devido as áreas de plantio serem muito grandes e o restante deriva para os Produtores C, D, G e H sentido valetão de baixo ficando com 20% restantes e o retorno (sobras) deriva para o Produtores E e F somando mais 20% em

suas captações, e os valores das medições realizadas nas captações para as propriedades dos 6 (seis) produtores estão demonstrados nas Figuras 16 a 32.

### **Produtor E**

A propriedade está localizada na zona rural do município de Tremembé – SP com a localização geográfica em coordenadas UTM 437,20 Km E e 7463,70 Km N, , na margem esquerda do rio Paraíba do Sul situada na estrada municipal do Poço grande no bairro do Berizal com área de plantio de arroz de 400 hectares com aproximadamente 5000 quadras de arroz a serem plantadas. Na propriedade existem duas captações para irrigação provenientes do córrego Bentinho e do ribeirão da Serragem.

O Produtor E é proprietário das maiores áreas de plantio, conseqüentemente da maior vazão, contendo na propriedade 7 captações, uma principal que vem da divisão da Cachoeira da Sonda e seis retornos e ainda conta com ajuda do córrego Bentinho onde fica todo na propriedade, com uma vazão máxima de 0,02 m<sup>3</sup>/s, mesmo assim, o volume não supre a necessidade de irrigação em suas áreas, contando com as áreas arrendadas, e acaba dependendo da vazão do rio Paraíba do Sul, na qual é retirada por uma bomba e amortizada em uma barragem dentro da propriedade.

A captação é a jusante do barramento da Maristela advinda do valetão de cima passa pelo tanque da baiana demonstrados na Figura 15, e a extravasão da mesma passa por baixo da rodovia Carvalho Pinto 2 Km antes do trevo de Campos do Jordão vertendo ao lado de um barracão abandonado um antigo restaurante ocorrendo a divisão na cachoeira da sonda pelo lado esquerdo do Produtor F e do lado direito deriva para a propriedade do Produtor E, cujo a vazão Outorgada é de 0,0746 m<sup>3</sup>/s. Seguem as Figuras 16 a 23 com os valores das medições realizadas nas (7) sete captações. Os resultados de vazão obtidos foram:

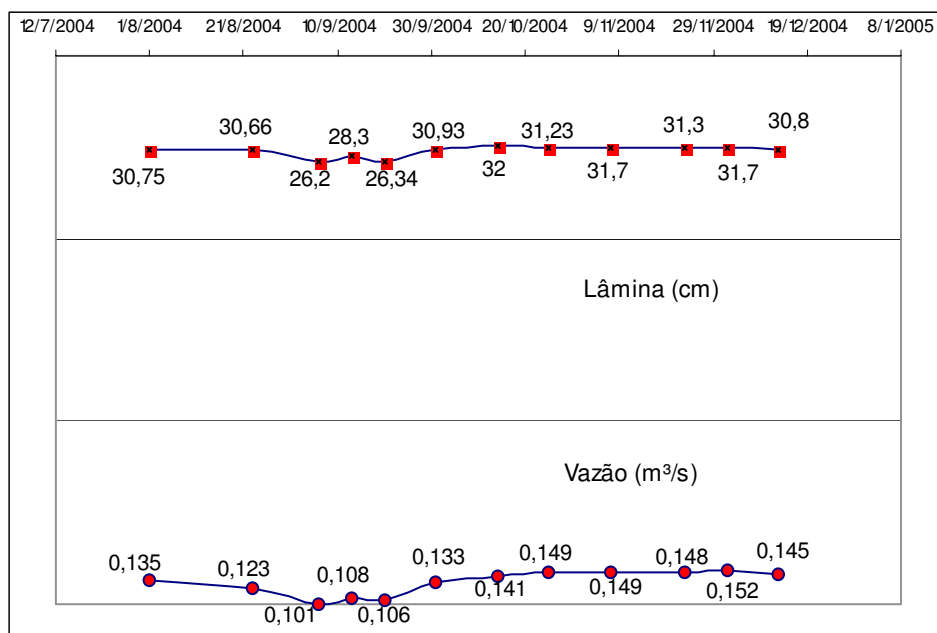


Figura 16. Curvas resultantes dos valores de lâmina d'água e vazão na primeira captação (Cachoeira da Sonda, vazão principal) para rizicultura do Produtor E. Coordenadas UTM 0438947 e 7463240.

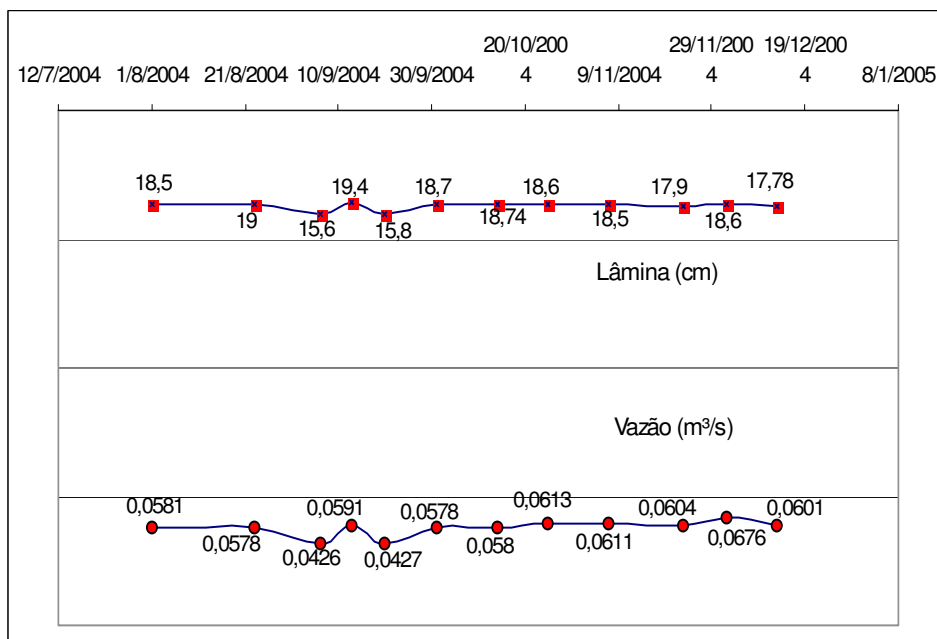


Figura 17. Curvas resultantes dos valores de lâmina d'água e vazão na segunda captação (armazém velho Cedrinho) para rizicultura do Produtor E. Coordenadas UTM 0438916 e 7463219.



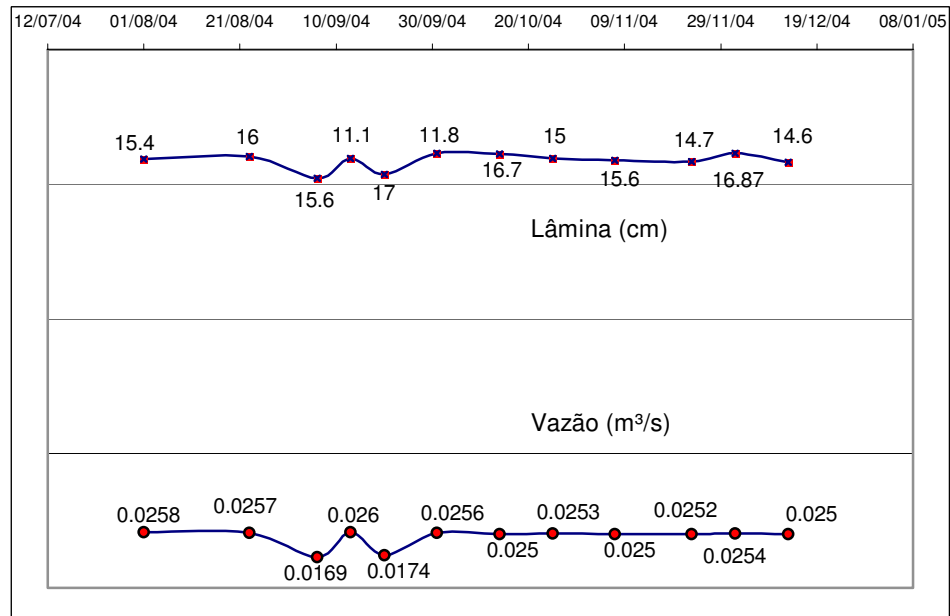


Figura 18. Curvas resultantes dos valores de lâmina d'água e vazão na terceira captação (armazém velho casinha) para rizicultura do Produtor E. Coordenadas UTM 043892 e 7463121.

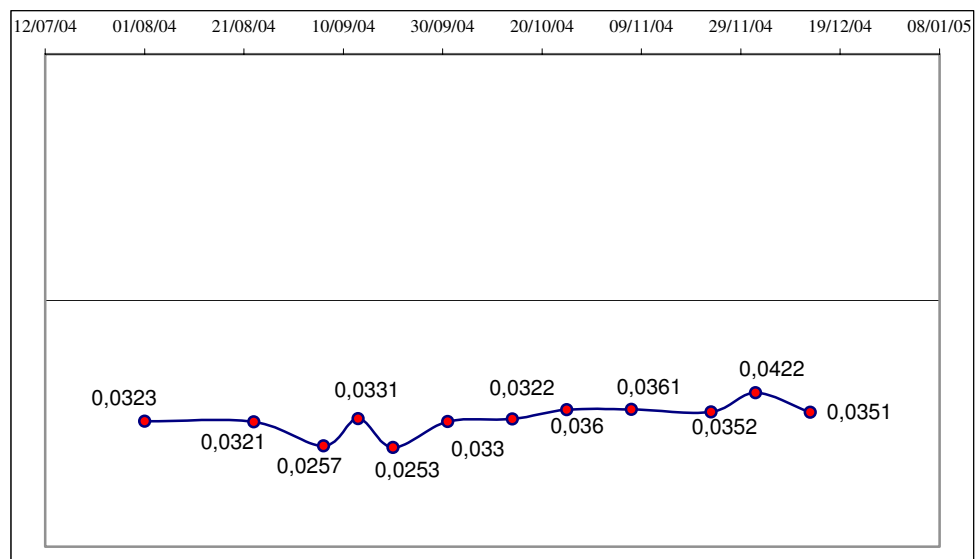


Figura 19. Curva resultante do valor da vazão total da segunda captação do Produtor E.

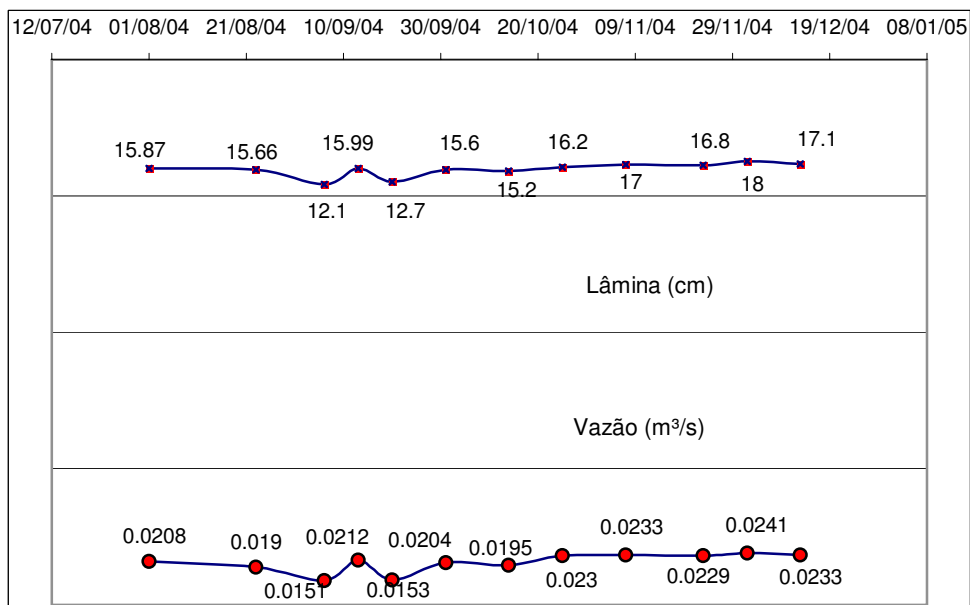


Figura 20. Curvas resultantes dos valores de lâmina d'água e vazão, quarta captação da casinha para rizicultura do Produtor E. Coordenadas UTM 043890 e 7463224.

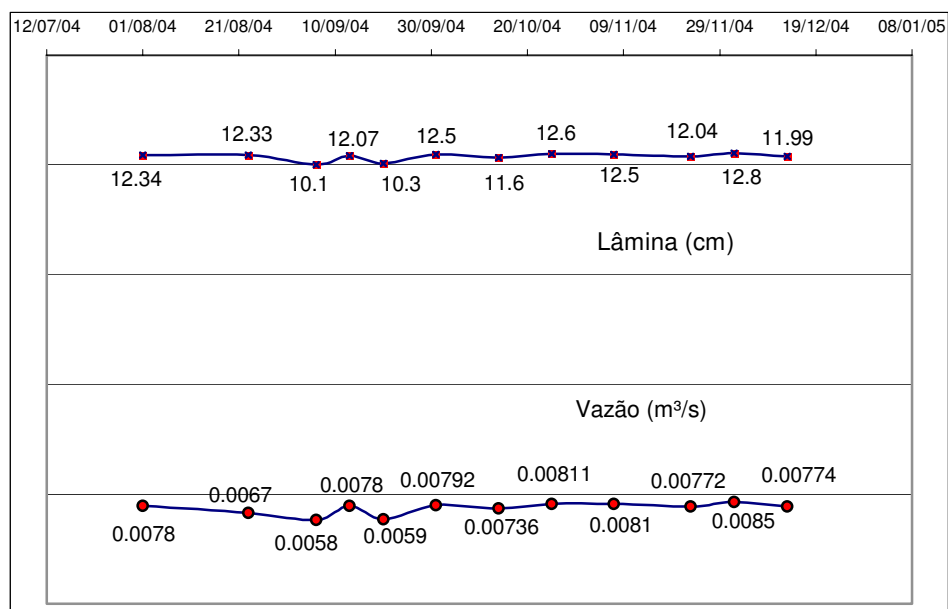


Figura 21. Curvas resultantes dos valores de lâmina d'água e vazão na quinta captação para rizicultura do Produtor E. Coordenadas UTM 043886 e 74633 44.

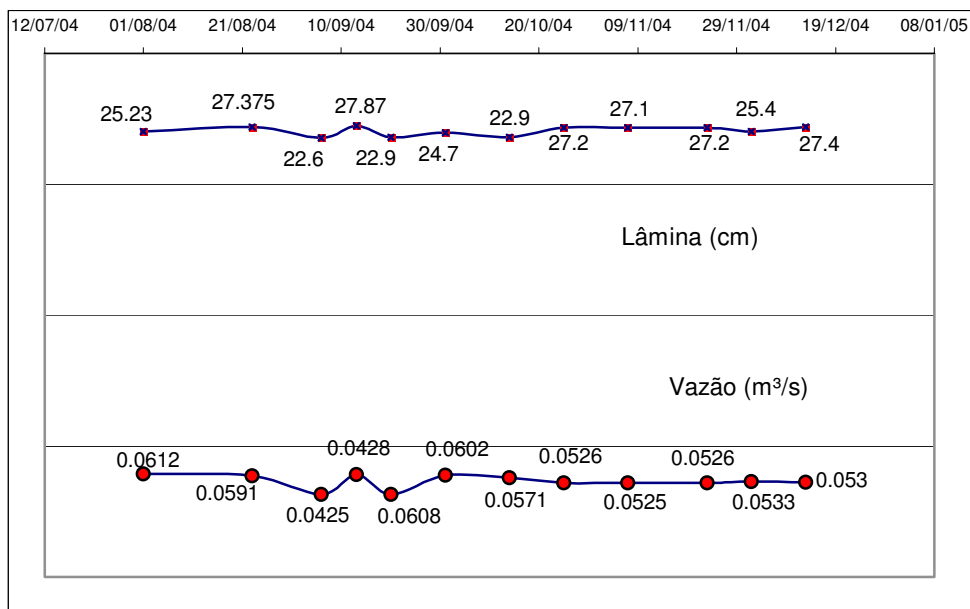


Figura 22. Curvas resultantes dos valores de lâmina d'água e vazão na sexta captação (manilha) para rizicultura do Produtor E. Coordenadas UTM 043889 e 7463227.

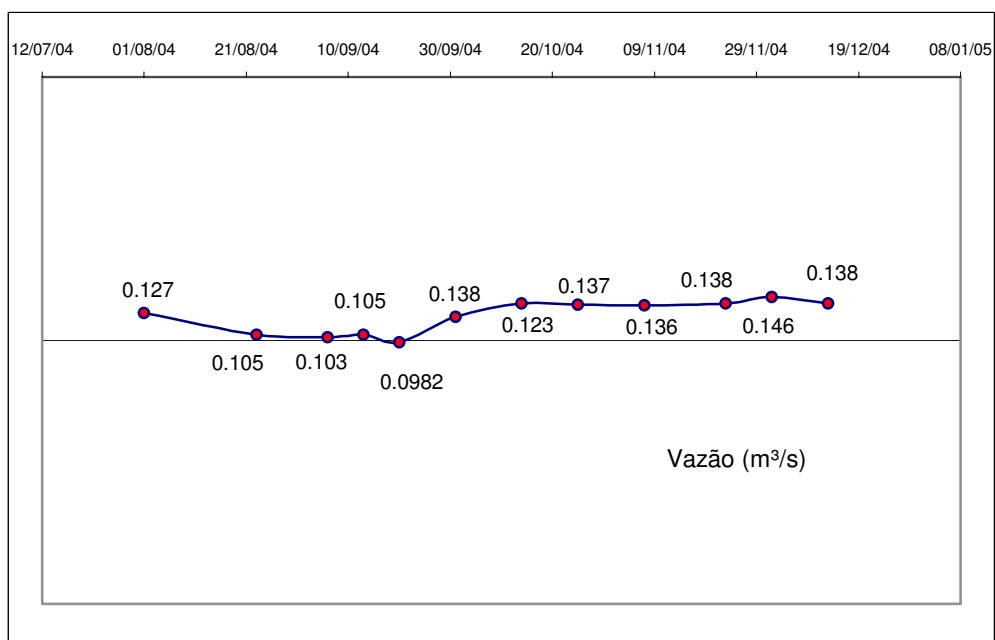


Figura 23. Curva resultante da vazão total da sétima captação do Produtor E.

## **Produtor F**

Localizado no município de Tremembé, distante 3.150 m da Matriz do Bom Jesus de Tremembé, cuja coordenada geográfica da propriedade em UTM 441,050 Km E e 7462,250 Km N, com a área de plantio de 2300 quadras. Sua topografia é plana, com declive de 0% a 2%, totalmente mecanizável em condições favoráveis a exploração agrônômica, com produções médias a elevadas das culturas adaptadas. A captação principal vem do valetão de cima, é extraída da cachoeira da sonda situada na estrada Carvalho Pinto vinda da extravasão do tanque da baiana onde a derivação é ao lado esquerdo como mostra a Figura 15.

Nesta cachoeira a divisão não é feita de forma organizada. A disponibilidade hídrica é suficiente para atender a demanda, a principal exploração é a rizicultura, ocupando 75% da área da propriedade com consumo de 2,0 L/s hectare, sendo esta média consumida por todos os produtores de arroz a jusante da barragem da Maristela. A diversificação de atividades se faz necessária, optando-se pela rizicultura no qual próximo à sede da propriedade foi construído um pequeno barramento destinado a esta atividade que posteriormente foi ampliado. Este barramento é antigo onde no passado servia de reservatório para inundação dos quadros de arroz, com área total de 644 m<sup>2</sup> e hoje para fins de piscicultura possui uma área de 2.368 m<sup>2</sup>. O espelho de água tem uma profundidade de 1.10 metros e é abastecido através de uma valeta com vazão de 6 l/s, tendo a mesma extravasão não ocorrendo captação intermediária. Seguem as Figuras 24 e 25 com os valores das medições realizadas nas duas captações.

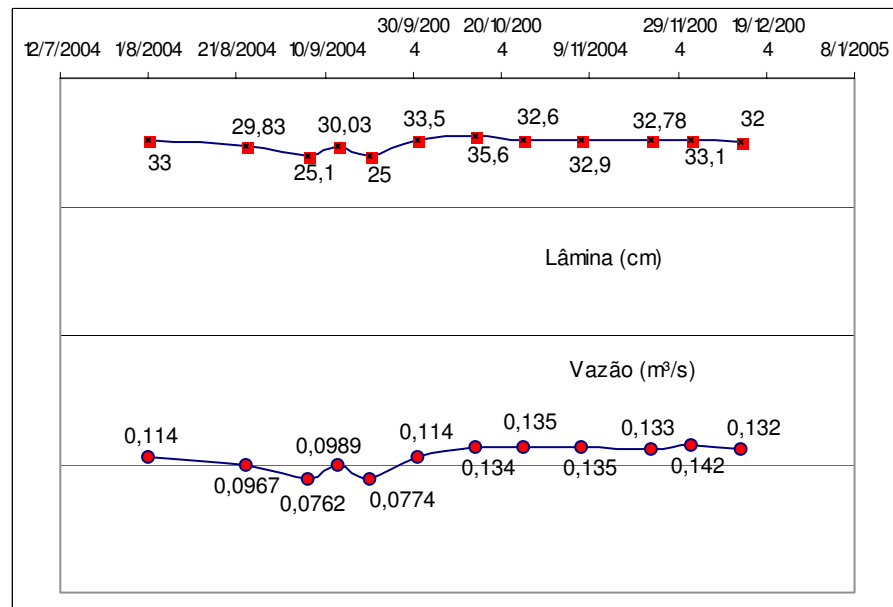


Figura 24. Curvas resultantes dos valores de lâmina d'água e vazão, na primeira Captação da Propriedade para rizicultura (cachoeira da sonda) do Produtor F. Coordenadas UTM 0438984 e 7463228.

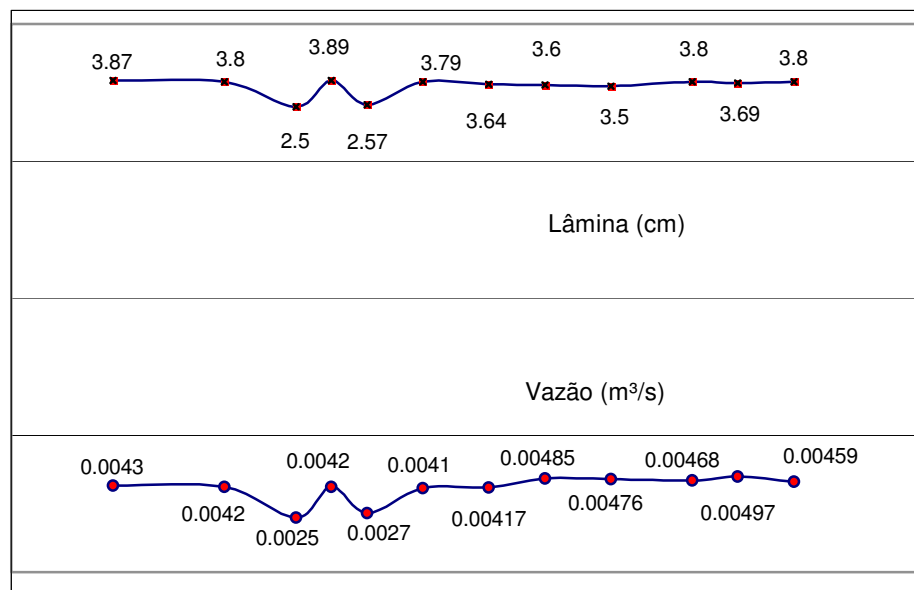


Figura 25. Curvas resultantes dos valores de lâmina d'água e vazão na segunda Captação para piscicultura do Produtor F. Coordenadas UTM 0441123 e 7462320.

## **Produtor G**

O local apresenta topografia plana, nas coordenadas UTM 440,32 Km E e 7463,23 Km N, situado na borda esquerda da planície de inundação do rio Paraíba do sul, na sua margem esquerda na estrada SP-46, Km – 02. A Fazenda Rio Verde possui uma área total de 49 há. A área pertence à Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul, bairro Merizal, município de Tremembé – SP. A água captada para fins de piscicultura e para atividade rizícola provém do barramento da Maristela, sendo o escoamento superficial distribuído de forma coletiva existentes na várzea, onde o escoamento superficial se dá por meio de canais na terra vindas do valetão de baixo Figura 15, sendo do lado esquerdo para piscicultura passando rente à estrada (retão) onde a vazão é controlada por ripas de madeira, o volume é manipulado pelo próprio produtor, e o restante deriva para o lado direito para a lavoura de arroz, com área de plantio de 700 quadras.

Os formatos dos viveiros são retangulares e o sistema adotado é semi-intensivo com baixa renovação de água (até 3% da renovação diária de água dos viveiros). A vazão fornecida junto ao DAEE para o projeto de piscicultura é de 0,0166 m<sup>3</sup>/s. Existem duas entradas na propriedade uma para piscicultura e a segunda para a rizicultura, as sobras desembocam no Produtor F, todas elas em canais de terra. Seguem as Figuras 26 e 27 com os valores das medições realizadas nas duas captações.

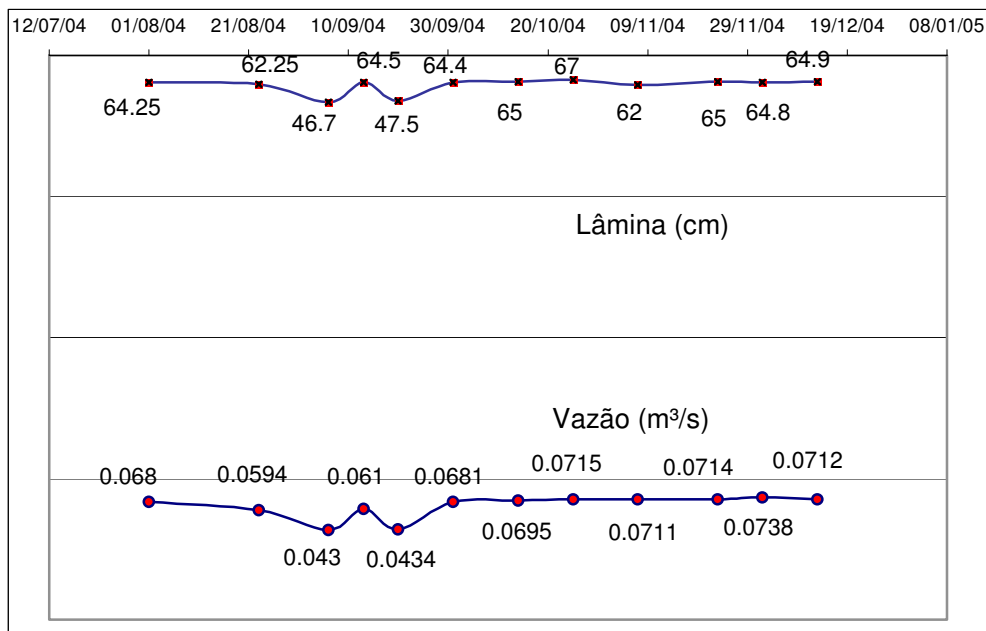


Figura 26. Curvas resultantes dos valores de lâmina d'água e vazão na primeira captação para rizicultura do Produtor G. Coordenadas UTM 0439930 e 7463259.

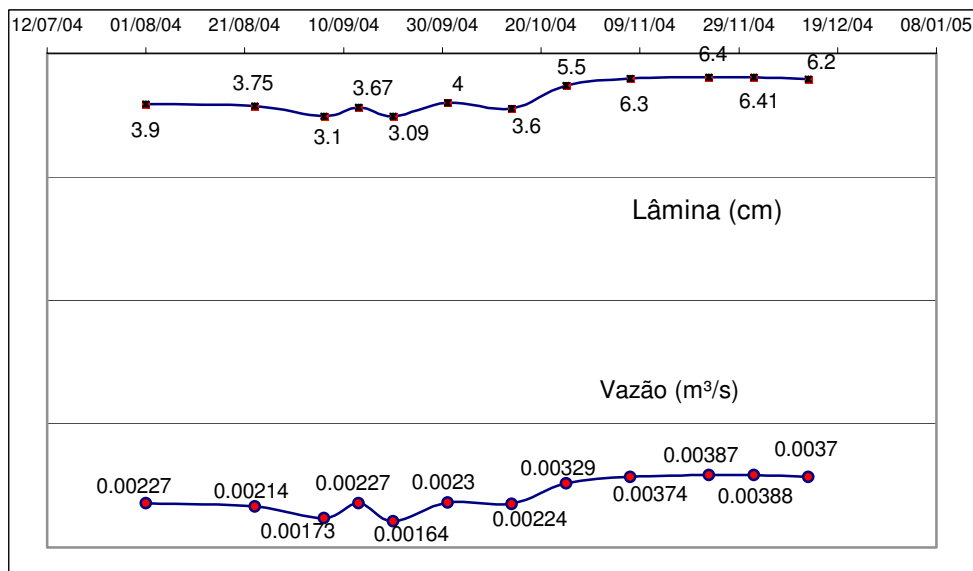


Figura 27. Curvas resultantes dos valores de lâmina d'água e vazão na segunda captação para piscicultura do Produtor G. Coordenadas UTM 0439930 e 7463259.

## **Produtor D**

A propriedade está situada na zona rural do município de Tremembé – SP com a localização geográfica em coordenadas UTM 439,78 Km E, 7463,37 Km N apresentando topografia 100% plana, sendo a ocupação do solo predominantemente para uso em olerícolas e uma pequena área de cultivo arroz com plantios esporádicos. O Produtor D recebe água do lançamento do Produtor C retornando o lançamento ao mesmo Produtor. A única fonte de abastecimento é proveniente da barragem da Maristela, vinda do valetão de baixo Figura 15. Não foram registrados no lado esquerdo da pista conflitos pelo uso da água, uma vez que as valetas correm água sem retorno para os outros produtores do lado direito, os lançamentos vão direto ao encontro com o Ribeirão Santa Maria.

O uso da água é exclusivamente para agricultura, cuja irrigação é predominantemente executada por sistema de aspersão em 50 % da área da propriedade, e possui uma área de 45 quadras de arroz. Pelo fato da irrigação ser por sistema de aspersão não ocorre excesso de água disposta no solo, sendo esta totalmente absorvida pelas culturas praticadas.

A demanda de água para variedades olerícolas oscila entre 4 a 6 litros por segundo por hectare, considerando a média de 5 l/s por hectare a propriedade necessita de  $(2,61 \times 5 \times 3600) 0,0130 \text{ m}^3/\text{s}$ . Segue a Figura 28 com os valores das medições realizadas na única captação.



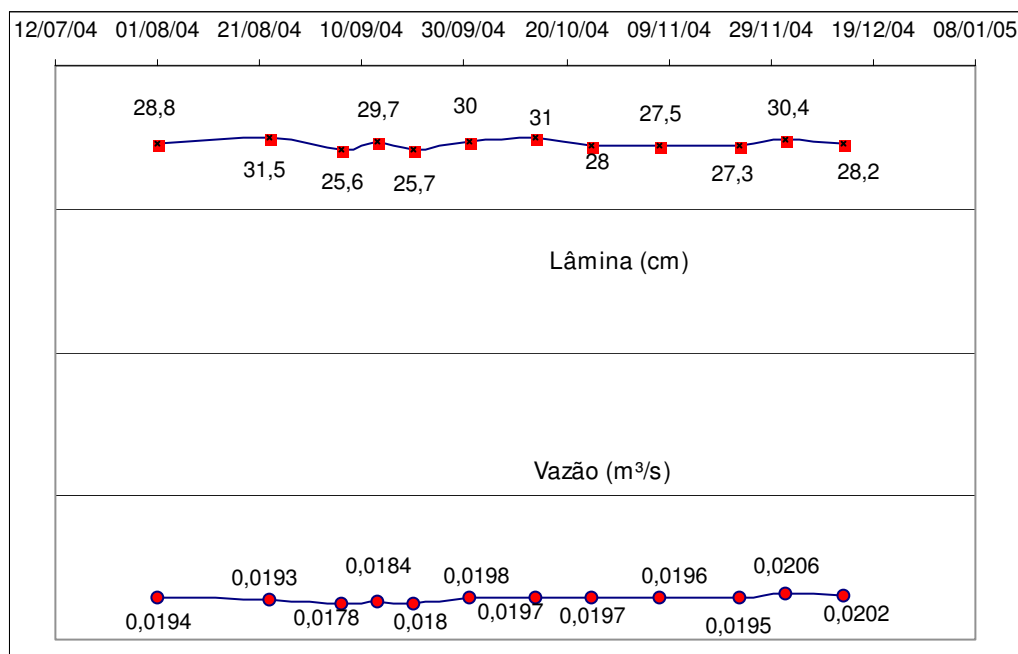


Figura 28. Curvas resultantes dos valores de lâmina d'água e vazão na captação na propriedade para olericultura e rizicultura do Produtor D. Coordenadas UTM 0439924 e 7463263.

### Produtor H

A propriedade está localizada no município de Tremembé nas seguintes coordenadas geográficas UTM 439,490 Km E e 7463,340 Km N, situada no trevo de Tremembé para Campos de Jordão na qual também a rodovia Carvalho Pinto se encontra. A área explorada pelo plantio de arroz é de 100 quadras, e a finalidade foi o diversificação da atividade rizícola que era o forte da propriedade para a piscicultura como forma de melhorar a rentabilidade econômica.

O Produtor H tem duas captações rizicultura e piscicultura vinda do valetão de baixo Figura 15, com uma única entrada d'água, ele controla através de uma caixa vedada de concreto que fica trancada derivando para a lavoura e para a piscicultura sobrando muitas vezes, e esta sobra ajuda a gerar mais conflitos pois poderia estar indo para o Produtor E. Para a piscicultura a água captada é represada em diques de terra, e a lavoura a captação é separada dentro da propriedade, e os extravasores lançará a água

que irá somar a outras captações que desembocam no Produtor E e o Produtor F. Seguem as Figuras 29 e 30 com os valores das medições realizadas nas duas captações.

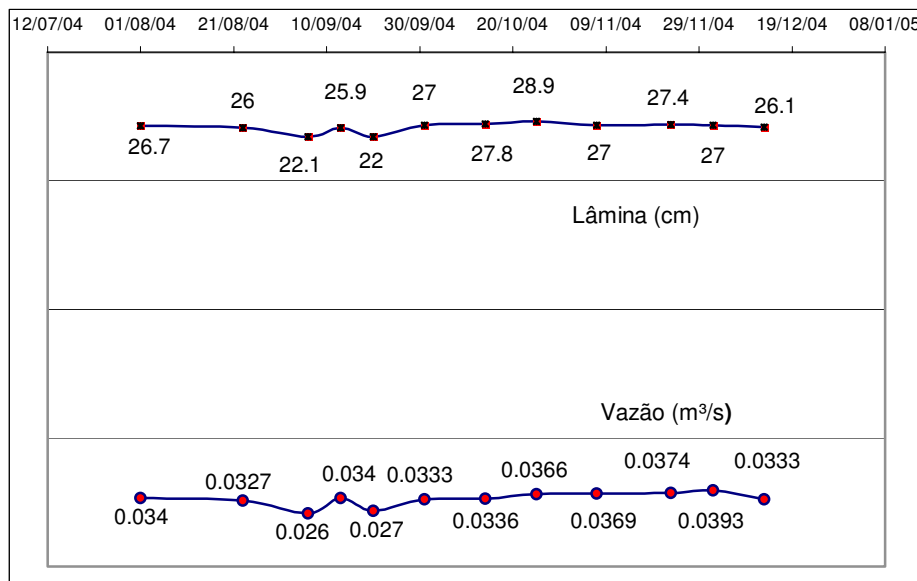


Figura 29. Curvas resultantes dos valores de lâmina d'água e vazão, na primeira captação para rizicultura do Produtor H. Coordenadas UTM 0439181 e 7463576.

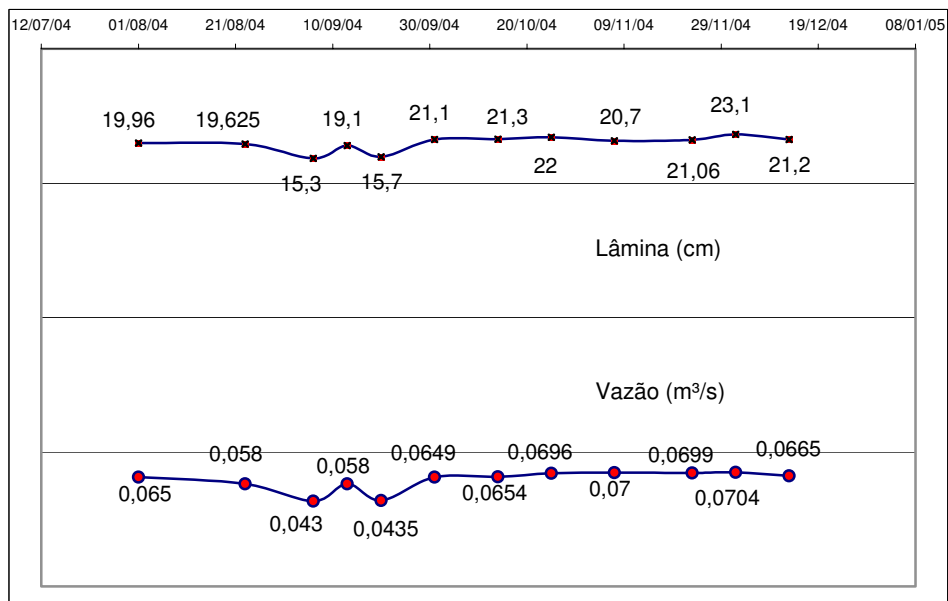


Figura 30. Curvas resultantes dos valores de lâmina d'água e vazão na segunda captação para piscicultura do Produtor H. Coordenadas UTM 0439181 e 7463576.

## **Produtor C**

A propriedade situa-se no município de Tremembé, em uma extensa área de várzea com topografia plana com inclinação de 2% no seu máximo e ao lado esquerdo da estrada (retão). As coordenadas da fazenda são em UTM 437,2 Km E e 7463,70 Km N. É uma propriedade que começa na estrada da Fazenda Maristela no Bairro do Mato Dentro passa por trás do trevo de Tremembé para Campos de Jordão na qual a Rodovia Carvalho Pinto se encontra, e adentra para o retão, limítrofe com a propriedade do Produtor D.

O Produtor C possui duas captações com apenas uma Outorga, pelo fato de suas várzeas situarem em locais onde apenas uma captação não daria para irrigar toda a área, então optou-se por dividir sua vazão outorgada fazendo então duas captações, sendo a primeira passando ao lado de uma casa pegando a parte superior das áreas, cujo foi verificado o lançamento de esgoto in natura no canal vindo desta casa e pouco mais a diante a segunda captação irrigando a parte mais baixa da área. Sua vazão vem do valetão de baixo como mostrou Figura 15 e seu lançamento desemboca no Produtor D, que por sua vez retorna na sua propriedade mais a diante até chegar no Ribeirão Santa Maria.

Existe uma saída d'água que o Produtor C poderia lançar para ajudar nas vazões no lado direito do retão, é uma água perdida enquanto não a usa, ou seja, nos períodos que antecedem e sucedem aos períodos de inundação de suas quadras, este agricultor poderia lançar para o Produtor G para ajudar no enchimento das quadras de arroz temporariamente, uma vez que este produtor é o último proprietário na bacia do Serragem a efetuar seus plantios no sentido de montante para jusante. Isso acontece devido à rodovia ou o retão de Tremembé cortar as propriedades, restringindo as várzeas da bacia, e impossibilitando seu retorno a outras áreas. Seguem as Figuras 31 e 32 com os valores das medições realizadas nas duas captações.

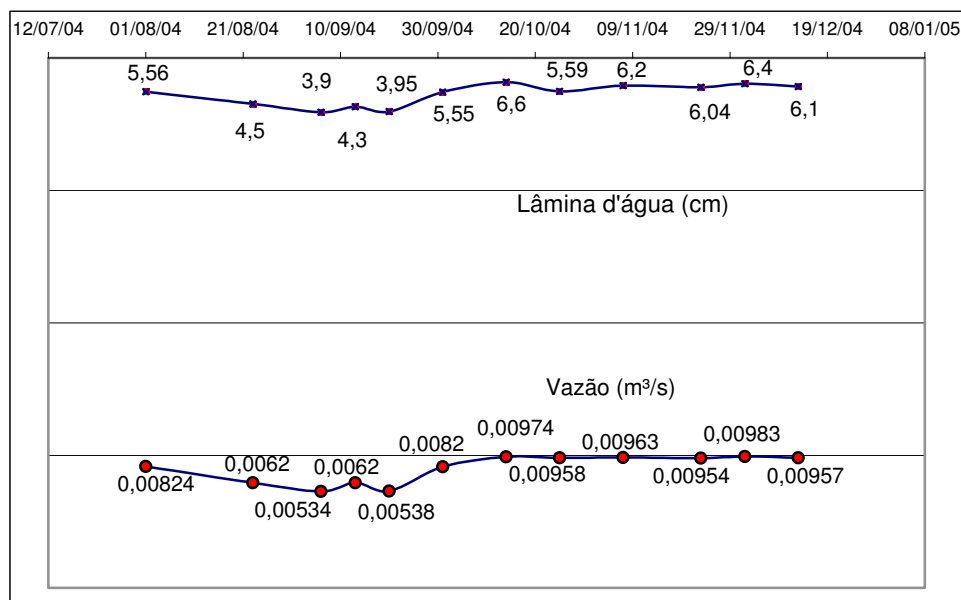


Figura 31. Curvas resultantes dos valores de lâmina d'água e vazão na primeira captação para rizicultura do Produtor C. Coordenadas UTM 0438530 e 7463872.

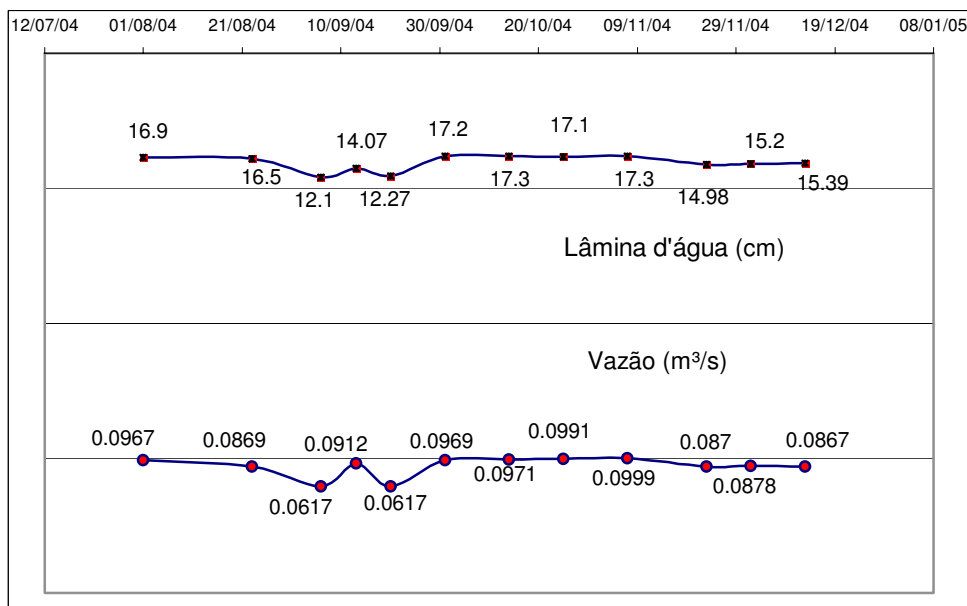


Figura 32. Curvas resultantes dos valores de lâmina d'água e vazão, na segunda captação para rizicultura do Produtor C. Coordenadas UTM 438715 e 7463823.

As Figuras 16 a 32 demonstraram que não houve déficit hídrico e a utilização da água por parte dos produtores foi de modo excessivo no ano de 2004, devido à climatologia ter superado as expectativas em relação aos anos anteriores, demonstrados na Tabela 3. Os volumes captados nas propriedades neste ano deram para atingir as metas de produção com boa produtividade dos grãos, devido à lâmina d'água nas quadras permanecer no nível estático adequado Figura 33, usualmente a lâmina d'água sobre o solo até o momento antes da colheita deve ser de 10 cm (Soma, 2002). Este fato só ocorreu devido aos maiores produtores (E e F) optarem pelos plantios escalonados nestas áreas. Esta prática pode demonstrar uma nova era “sem conflitos”, ou o começo da adequabilidade entre produtores do volume gerado na bacia versus demanda para as áreas de irrigação. Essa mentalidade se deve a reuniões constantes no DAEE onde os engenheiros os orientam desse modo.

As medições foram realizadas nos meses mais críticos do ano, para avaliação dos períodos de maior pico, uma no período seco e a outra no período das chuvas, registradas sem interrupções durante a segunda parte do ano, na ocorrência dos plantios. No mês de dezembro, assegurado de que neste período as precipitações ocorrem em regimes mais agudos na região, houve aumento do escoamento superficial nas valetas e também do reservatório de regularização, as tomadas d'água aumentaram em relação aos períodos de julho, agosto e setembro como mostraram as Figuras 16 a 32.

Os plantios de arroz na bacia começam geralmente no mês de julho/agosto Tabela 7, principalmente dos Produtores E, F e C. Em uma bacia conflitante, esta é a pior época para irrigar necessitando de grande demanda para atender todas as vazões. O maior índice de déficit hídrico na bacia hidrográfica ocorre neste período como mostra a Figura 4 (página 32), com abertura das comportas que dão acesso às lavouras para o enchimento das quadras com a lâmina d'água para o preparo do barro, fator essencial no manejo do plantio. As comportas são fechadas já com as sementes pré-germinadas jogadas a lanço ou com trator no campo ocorrendo ao mesmo tempo à germinação e a drenagem das quadras, e recomenda-se não secar o solo, pois esta secagem favorece a germinação e o desenvolvimento das plantas daninhas havendo a necessidade de manter uma pequena lâmina d'água, aumentando ainda mais o consumo. Depois da emissão do

sistema radicular da plântula, abre-se novamente as comportas com regime integral de entrada e saída de água e quando a maioria dos grãos tiver alcançado o estado pastoso os quadros devem ser drenados para colheita.

Comparando os valores de 6 (seis) medições realizadas em campo com os valores Outorgados Tabela 1, época de semeadura e colheita, indicaram que o volume d'água medido nas captações nas primeiras medições foi um pouco inferior aos volumes registrados na segunda época por estar no período das águas, não diferindo significativamente do período seco pelo fato de ter sido um ano chuvoso principalmente nos períodos que vão de julho a dezembro Tabelas 8 e 9.

Tabela 7. Manejo de plantio e colheita do cultivo do Arroz empregado pelos produtores na bacia do ribeirão da serragem.

| JUN             | JUL | AGO                      | SET                 | OUT | NOV | DEZ | JAN | FEV      | MAR | ABR | MAI |  |
|-----------------|-----|--------------------------|---------------------|-----|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|--|
|                 |     |                          |                     |     |     |     |     | Colheita |     |     |     |  |
|                 |     |                          |                     |     |     |     |     | Drenagem |     |     |     |  |
|                 |     |                          | Inundação           |     |     |     |     |          |     |     |     |  |
|                 |     |                          | Drenagem/Germinação |     |     |     |     |          |     |     |     |  |
|                 |     | Inundação para semeadura |                     |     |     |     |     |          |     |     |     |  |
| Preparo do Solo |     |                          |                     |     |     |     |     |          |     |     |     |  |

Fonte: Fundação Coopetec (2002).



Figura 33. Altura de lâmina d'água na inundação das quadras para o preparo do barro na plantação de arroz. Coordenadas UTM 0437373 e 7463660.

Tabela 8. Comparação entre as vazões captadas e as outorgadas, época de estiagem.

| Nome       | Usos         | 1º med    | 2º med    | 3º med    | Média    | Outor.   | Difer.   | %      |
|------------|--------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|--------|
|            |              | Q ( m³/s) | Q ( m³/s) | Q ( m³/s) | Q (m³/h) | Q (m³/h) | Q (m³/h) |        |
| Produtor A | rizicultura  | 0,322     | 0,285     | 0,250     | 1028,3   | 268,7    | 759,3    | 282,5  |
| Produtor B | rizicultura  | 0,068     | 0,0594    | 0,043     | 204,48   | 86,4     | 118,08   | 137,5  |
| Produtor B | piscicultura | 0,00227   | 0,00214   | 0,00173   | 7,36     | 60,1     | 52,74    | -87,75 |
| Produtor C | horticultura | 0,0194    | 0,0193    | 0,0173    | 67,19    | 47       | 20,19    | 42,9   |
| Produtor D | rizicultura  | 0,114     | 0,0967    | 0,0762    | 344,7    | 150      | 194,7    | 129,8  |
| Produtor D | piscicultura | 0,0043    | 0,0042    | 0,0025    | 13,1     | 21,6     | 8,5      | -39,35 |
| Produtor E | rizicultura  | 0,0340    | 0,0327    | 0,0260    | 111,2    | 93,6     | 18,6     | 19,87  |
| Produtor E | piscicultura | 0,065     | 0,058     | 0,043     | 199,1    | 28,8     | 170,3    | 591,3  |
| Produtor F | rizicultura  | 0,104     | 0,0931    | 0,0922    | 347,1    | 93,6     | 253,5    | 270,2  |

Tabela 9. Comparação entre as vazões captadas e as outorgadas, época das águas.

| Nome       | Usos         | 10º med   | 11º med   | 12º med   | Média    | Outor.   | Difer.   | %      |
|------------|--------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|--------|
|            |              | Q ( m³/s) | Q ( m³/s) | Q ( m³/s) | Q (m³/h) | Q (m³/h) | Q (m³/h) |        |
| Produtor A | rizicultura  | 0,322     | 0,285     | 0,250     | 1028,4   | 268,7    | 759,7    | 282,7  |
| Produtor B | rizicultura  | 0,0714    | 0,0738    | 0,0712    | 204,48   | 86,4     | 118,08   | 136,6  |
| Produtor B | piscicultura | 0,00387   | 0,00388   | 0,00370   | 13,73    | 60,1     | 46,37    | -53,6  |
| Produtor C | horticultura | 0,0195    | 0,0206    | 0,0202    | 72,36    | 47       | 25,36    | 53,9   |
| Produtor D | rizicultura  | 0,133     | 0,142     | 0,132     | 488,4    | 150      | 338,4    | 225,6  |
| Produtor D | piscicultura | 0,00468   | 0,00497   | 0,00459   | 17,08    | 21,6     | 3,98     | -18,42 |
| Produtor E | rizicultura  | 0,0374    | 0,0393    | 0,0333    | 131,9    | 93,6     | 38,3     | 41,45  |
| Produtor E | piscicultura | 0,0699    | 0,0704    | 0,0665    | 248,1    | 28,8     | 219,3    | 761,4  |
| Produtor F | rizicultura  | 0,0965    | 0,0976    | 0,0962    | 348,36   | 93,6     | 254,7    | 272,1  |

Todo volume de água gerado na bacia do Ribeirão da Serragem escoar superficialmente para as valetas de drenagem nas áreas de várzea, não percorrendo seu caminho natural Figura 34. É através do extravasor de descarga para controlar a lâmina d'água após uma precipitação de longa duração que água atinge seu nível máximo na barragem, passando por cima do extravasor, Figuras 35. Quando ocorre esta dinâmica a água do ribeirão da Serragem dispensada pela barragem chegará ao talvegue principal. Na reforma do reservatório da Maristela na década de 90, foi colocado apenas o vertedouro do tipo Stop Log para controle de vazão a jusante para o escoamento

superficial nas valetas e não foi projetado um descarregador de fundo para manter a água no curso natural, tornando o ribeirão da Serragem um rio fictício em seu leito principal sendo sua água descarregada diretamente no rio Paraíba do Sul através de três saídas d'água em propriedades diferentes, como mostra a Figura 36.



Figura 34. Mudança do escoamento superficial no leito para valetas de irrigação. Coordenadas UTM 0440527 e 7462271.



Figura 35. Canal de descarga do escoamento superficial após ultrapassar a cota máxima do volume da barragem da Maristela. Coordenadas UTM 0437205 e 7463689.





Figura 36. Saída d'água do ribeirão da Serragem para a foz (Paraíba do Sul) vinda do Produtor E. Coordenadas UTM 0439669 e 7461050.

### 5.7 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Para geração dos dados temáticos locais, e através do mapa vetorial serão fornecidos os valores das áreas de cada classe de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do ribeirão da Serragem, como mostra a Figura 37.

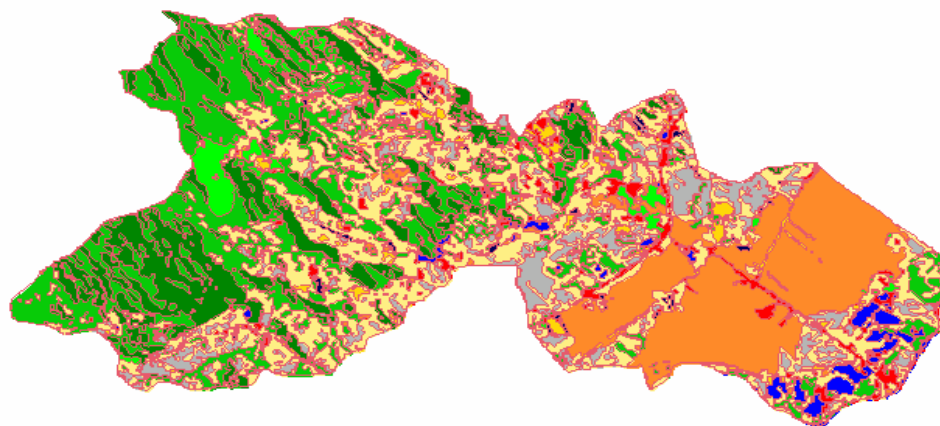


Figura 37. Bacia poligonalizada com dados de uso e ocupação do solo.  
Fonte: Kather (2003).

Para Teixeira (2003) o sensoriamento remoto associado a técnicas de Geoprocessamento é uma ferramenta de alta eficiência no diagnóstico do meio físico, permitindo uma análise precisa sobre os níveis qualitativos e quantitativos de ocupação do solo.

A partir dos dados temáticos locais foi gerado um gráfico contendo o “Plano de Informação – Mapa Vetorial” com os devidos usos ocorrentes na bacia hidrográfica do ribeirão da Serragem, como mostra a Figura 38.

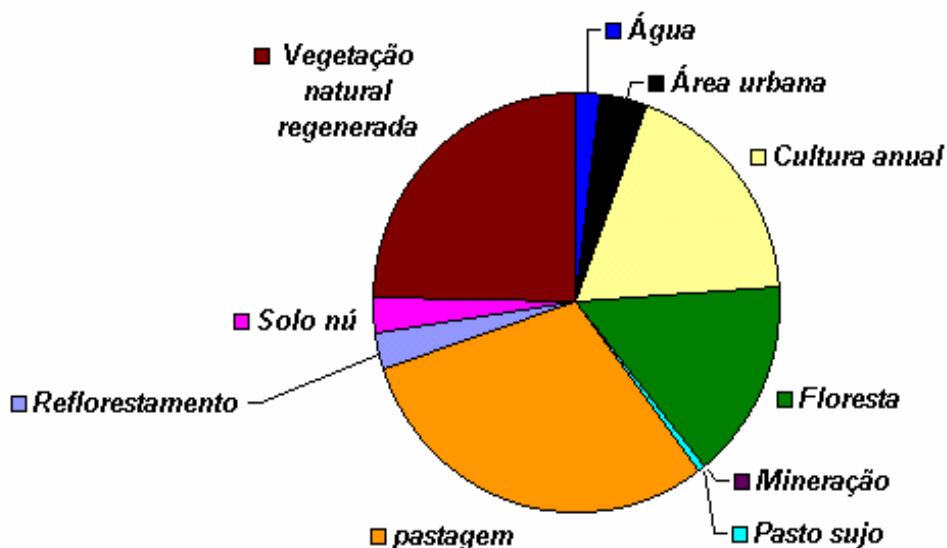


Figura 38. Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão da Serragem para o ano de 2002.

Fonte: Kather (2003).

Os resultados obtidos a partir das informações temáticas foram: água 129,1 ha, área urbana 238 há, cultura anual 1133,3 há, floresta 964,7 há, mineração 09 há, pasto sujo 38 há, pastagem 1892 ha, reflorestamento 184,3 há, solo nu 173,2 ha, vegetação natural regenerada 1553,3 há. Conforme a Figura 38, verifica-se que a classe de maior ocorrência na bacia é pastagem com 30% da ocupação, que não oferece uma condição ideal de infiltração de água no solo importante na hidrologia da bacia e para a perenidade do ribeirão. Em segundo, a classe dominante é vegetação natural regenerada,

embora essa bacia seja de uso intensivo, ela apresenta uma cobertura significativa de vegetação natural regenerada (22,6%) o que pode contribuir, no futuro, para a disponibilidade de água, especialmente, se a bacia for gerenciada segundo critérios de conservação e com plantios escalonados nas áreas de várzea (Kather, 2003), indicativos de que o armazenamento de água na bacia tende a melhorar. As áreas de reflorestamento exótico comercial são da ordem de 3%. As classes área urbana, solo nu e pasto sujo totalizam 8% da ocupação do solo na bacia, sendo essas áreas com altos índices de impermeabilização do solo, principalmente área urbana, proporcionando aumento do escoamento superficial direto. Nota-se que 18% da bacia é ocupada com a cultura anual principalmente com a cultura do arroz irrigado, atividade predominante nas áreas de várzea da bacia hidrográfica. Esse fator traz para a bacia grande pressão sobre os recursos hídricos locais tornando escassos.

A bacia do ribeirão da serragem possui um grande potencial agrícola, notadamente para a agricultura irrigada. O impacto desta atividade para o desenvolvimento sócio-econômico da região impõe um novo paradigma para o uso dos recursos hídricos na bacia. Plantios alternados seria uma estratégia local importante, onde o volume captado pelos grandes produtores derive para as menores áreas nos períodos de estiagem, e quando chegar o período chuvoso, eles efetivam seus plantios.

O DAEE forneceu as outorgas corretamente isso no ano de 1997, quando começaram a ser elaborada. Somando-se as outorgas 0,236 m<sup>3</sup>/s, o cálculo foi feito não ultrapassando 50% do valor do (Q7,10) na época de 700 m<sup>3</sup>/s, mas se comparar com a média dos valores das medições de vazão 0,739 m<sup>3</sup>/s na descarga da barragem da Maristela no ano de 2004 mostrado na Tabela 6, o cenário continua o mesmo ou seja os volumes de vazão medidos neste ano nas captações continuam altos, e não estão retratando bem isso. Vale salientar que as vazões nunca foram respeitadas mesmo na época em que foi instituída a Lei 9433, em 1997. As vazões captadas na bacia hidrográfica do ribeirão Serragem estão muito acima dos valores permitidos pela outorga, sendo este o grande motivo dos conflitos entre produtores, como mostram os valores nas Tabelas 8 e 9, o que ajuda ainda mais na depleção dos recursos hídricos locais se enquadrando nos artigos 13 e 14 da Lei 9034 utilizando mais de 50% da vazão

do (Q7,10) e mesmo assim não sendo suficiente para atender a toda demanda, tornando-se uma bacia conflitante pelo uso da água, isso ocorre devido a não fiscalização dos recursos hídricos pelo órgão gestor.

Existe um grande volume d'água lançada pela descarga da barragem da Maristela direcionada as quadras de arroz nas áreas de várzea, constatadas nas medições realizadas em campo, mas não suprem todas as demandas devido às captações estarem ocorrendo simultaneamente. A média das vazões 0,739 m<sup>3</sup>/s demonstram que, mesmo com valores de chuva acima da média para o ano de 2004, Tabela 3, e automaticamente aumento na vazão, não foi suficiente em nenhum momento para atender a demanda total da bacia 1,390 m<sup>3</sup>/s existindo déficit hídrico. Alguns produtores conseguiram efetivar seus plantios com boa produtividade no ano de 2004 devido a climatologia, esperando para fazer seus plantios em épocas diferentes, devido às áreas serem muito grandes, demonstrando ser mais um problema de gestão na divisão dos recursos hídricos da bacia. Recomenda-se que os produtores (E, F e C) que possuem maior área procurem fazer um escalonamento do cultivo para as safras de verão, evitando plantar toda a área de uma só vez, possibilitando que os Produtores (G, H e D) façam seus plantios na mesma época com mais água.

A meteorologia nos anos (1982, 1984, 1985, 1986, 1990, 1992, 1994, 1997, 1998, 1999, 2001 e 2003) não atingiu a média conforme Tabela 3, sendo a média de 1350 mm (Fisch, 1995), ou seja, a precipitação não foi suficiente para agregar mais volume nas vazões, ocorrendo nestes anos à diminuição significativa das vazões e aumentando os problemas de escassez, ocasionando maiores conflitos entre produtores que dependem do recurso na bacia hidrográfica.

Quanto às vazões para piscicultura elas não interferem nos outros usos e os produtores devem deixar a água somente para esta prática e não revertê-la para a lavoura se houver escalonamentos terão mais água durante o ano.

## **6. CONCLUSÃO**

O escoamento superficial distribuído nas valetas para irrigação na bacia do ribeirão da Serragem é insuficiente para atender as demandas de captação simultaneamente.

A bacia hidrográfica do ribeirão da Serragem deve ser considerada crítica e de conflito pelo uso de água perante a Lei 9034/94 em seus artigos 13 e 14.

A racionalização do uso da água e o escalonamento dos plantios de arroz como forma de gestão dos recursos hídricos podem minimizar os conflitos.

## **7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

AZEVEDO NETO, J. M. Manual de hidráulica. 6.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1973. 668p.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Brasília: Congresso Nacional, 1997.

AGOSTINI, M. D. Dinâmica do uso da terra na planície aluvionar do Rio Paraíba do Sul – Município de Taubaté. 2001. 170f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade de Taubaté, Taubaté.

AMORIM, R. S. S. Desprendimento e Arraste de Partículas de Solo Decorrente de Chuvas Simuladas. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Agosto de 1999, 76p.

BERNARDO, S. Manual de Irrigação. 4. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, UFV, 1986. 488p.

BATISTA, G, T. comunicação pessoal, UNITAU, Taubaté, abril. 2003. Orientador e Professor de sensoriamento remoto.

BELTRAME, L. F. S.; GONDIM, L. A. O. Estudo hidrológico do consumo de água em lavoura de arroz. Lavoura arroseira, Porto Alegre, v.35, n.33, p.22-28, jan/fev, 1982.

CATELANI, C. S.; BATISTA, G. T.; PEREIRA, W. F. Adequação do uso da terra em função da legislação ambiental. Anais do XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, 05-10 abril de 2003, INPE, p. 559-566.

COELHO NETTO, ANA L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: Guerra, Antônio J.T.; Cunha, Sandra B. da. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

CRUCIANI, D.E. A drenagem na agricultura. 4ed. São Paulo: Nobel, 1987. 337p.

CORRÊA, R. C. Avaliação das Atividades Antrópicas sobre a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Itaim . 2001. 108f. Dissertação. (Mestrado em Ciências Ambientais) Faculdade de Ciências Agrárias Universidade de Taubaté, Taubaté.

Carta do Brasil – IBGE – Levantamento Estereofotogramétrico Topográfico Regular, Ministério do Planejamento e Coordenação Geral.. São Paulo: IBGE – Instituto de cartografia 1974. Folha SF-23-Y-B-V-4, Escala: 1:50.000.

Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e Serra da Mantiqueira – CBH – PSM (São Paulo). Relatório de Situação dos Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas do Rio Paraíba do Sul e Serra da Mantiqueira, 1995. São Paulo, 1995. 29p.

Consulta base de dados no site do DAEE do Sistema de informações de gerenciamento dos recursos hídricos, SIGRH. Disponível em: > [www.dae.sp.gov.br](http://www.dae.sp.gov.br) < Acesso em: 10 março. 2004

Consulta ([www.google.com.br](http://www.google.com.br)) base de dados sobre a cidade de Tremembé, Informações gerais. Disponível em: > <http://www.tremembe.sp.gov.br> < Acesso em: 13 junho. 2004

Consulta ([www.google.com.br](http://www.google.com.br)) base de dados sobre a Fazenda Maristela, Capa. Disponível em: > [http://www.pousadamaristela.com.br/apresentacao/capa\\_apres.htm](http://www.pousadamaristela.com.br/apresentacao/capa_apres.htm) < Acesso em: 17 janeiro. 2005.

Consulta ([www.google.com.br](http://www.google.com.br)) base de dados sobre meio ambiente. Disponível em: > <http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/ociclo.htm>< Acesso em: 17 janeiro. 2005.

Consulta ([www.google.com.br](http://www.google.com.br)) base de dados sobre ciclo hidrológico. Disponível em: > [http:// www.meioambiente.pro.br/agua/guia/ocorrencia.htm](http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/ocorrencia.htm) < Acesso em: 17 janeiro. 2005.

CÂMARA, G. et al. Integrating remote sensing and GIS whih object-oriented data modelling. *Cputers Graphics*. V.15, n. 6, p.13-22, 1996.

CARVALHO, J. J.; AZEVEDO, C. A. V.; HENRIQUE, J.; NETO, J.D.; LIMA, V. L. A.; PORDEUS, R. V. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande. Jan. 2003, vol.7, no.1, p.1-6.

CONAMA, Resolução Nº 303 de 20 de março de 2002. Dispões sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.

CONAB. Estimativas de safras. *Indicadores da Agropecuária*. Brasília, v.9, n.2, p.8, fev. 2000

DE OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO, F. B. Mapa pedológico do Estado de São Paulo. Legenda expandida. Instituto Agrônômico de Campinas (IAC) e EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Campinas, 1999, 63p.



DE OLIVEIRA, J. B. Solos do Estado de São Paulo: Descrição das classes registradas no mapa pedológico. Instituto Agrônômico (IAC). Campinas, 1999, 108p.

DAKER, A. Irrigação e Drenagem; A água na agricultura. 7.ed. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos, 1988. v.3. 543p.

DOEBELIN, E. O. Measurement Systems, Application and Design. Tokyo, MacGraw-Hill Kogakusha Ltda, 1975.

D'ANGIOLELA, G.L.B.; VASCONCELOS, VLD. Cálculo do balanço hídrico climatológico com diferentes métodos para estimativa da evapotranspiração potencial, em planilhas Excel. XII Congresso Brasileiro de Meteorologia. Foz do Iguaçu, PR. Setembro, 2002.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Síntese do relatório de situação dos recursos hídricos do Estado de São Paulo. São Paulo: DAEE, 1999a. 53p.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Águas subterrâneas: uma riqueza de São Paulo. São Paulo, 1999b.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Plano Estadual dos Recursos Hídricos. São Paulo, 1994.

ELIAS, MICHEL JOSÉ, comunicação pessoal, DAEE, Diretor da regional Taubaté, abr. 2003. Entrevista concedida a Christian Kather.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRAULICA – FCTH. Medidores de Vazão Para Pequenos Cursos D'água. Rio de Janeiro: PRONI, 1990 88p.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRAULICA. Sistema de Informações para o gerenciamento dos recursos hídricos do estado de São Paulo (SIGRH). São Paulo. DAEE, 2000. 1 CD-ROOM

FERREIRA, G.C. 1995. Estudo dos mercados produtor e consumidor de areia industrial no Estado de São Paulo. Rio Claro, IGCE-UNESP, 142p. (Tese de Doutorado em Geociências).

FISCH, G. Caracterização Climática e Balanço Hídrico de Taubaté (SP). Revista de Biociências da Universidade de Taubaté, Taubaté, v. 1, n 1, p 81-90, jul/dez1995.

FISCH, G. Caracterização Climática e Balanço Hídrico de Taubaté (SP). Revista de Biociências da Universidade de Taubaté, Taubaté, v. 1, n 1, p 81-90, out/dez1999.

FIGUEIREDO, S.V.A . Conflitos relativos ao uso da água. In: Recursos Hídricos e Desenvolvimento sustentável da agricultura (Silva,D.D & Pruski,F.F eds.) Brasília, MMA;SRH;ABEAS. Viçosa.UFV. p.37-44. 1997.

FRANCHI, J. G.; SÍGOLO, J. B.; LIMA, J. R.B. Turfa utilizada na recuperação ambiental de áreas mineradas: metodologia para avaliação laboratorial. Revista Brasileira de Geociências. 33(3). 255-262 setembro de 2003.

GONZÁLEZ, L. N.; SILVA, A.; GONZÁLEZ, A. M. Vulnerabilidad de las aguas subterranas de la cuenca del rio claro, viii region del bio-bio, Chile. In: JOINT WORLD CONGRESS ON GROUNDWATER, 1, 2000, Fortaleza. Anais Fortaleza: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas - ABAS, 2000.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO – Secretaria de Recursos Hídricos Saneamento e Obras – DAEE, Plano Estadual de Recurso Hídricos, Manual de cálculo

das vazões máximas, médias e mínimas nas bacias hidrográficas do estado de São Paulo, 1994, p.63.

GRIZOLIA, J. A. Projeto de Manejo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Antas Contribuição a Estudos Hidrológicos, Boletim Técnico. 4 Composto e impresso no setor de divulgação do DAEE – Serviço do Vale do Paraíba, Taubaté – SP, 1970. 28p.

GRAZIANO, J. S. O novo rural brasileiro. Campinas, Unicamp/IE, 1999a (coleção pesquisas, n.1).

HERAS, Rafael, et al. Manual de ingeniería de regadios. Madrid : MOPU/CEEOP/Escuela de Hidrologia y Recursos Hidraulicos/Instituto de Hidrologia, 1981. p.173-201.

HERNANDEZ, F.B.T.; LEMOS FILHO, M.A.F.; BUZETTI, S. Cinturão verde: projeto piloto de agricultura irrigada em Ilha Solteira – Reestruturação. Ilha solteira: UNESP, 2001.29p. (Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil) Disponível em:<<http://www.unep.org/>>. Acesso em: 07 set. 2004.

HERNANDEZ, F. B. T. et al. Balanço hídrico e clima para região de Ilha solteira, Estado de São Paulo CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXIV. Viçosa, RESUMO, 1995 p.226.

ISTAKE, M.; BARROS, J. C. S; MARTONI, A. M.; SOUSA FILHO, E. E. Caracterização fisiográfica da bacia do rio Ivinheima com emprego do Autocad. Disponível em:><http://www.dec.uem.br/eventos/Enteca2003/enteca2000/artigos/E200.PDF> < Acesso em: 17 janeiro. 2005

INPE, 2003. Análise temporal da mineração na Várzea do Rio Paraíba do Sul – SP no período entre os anos de 1986 e 2002. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 44p

INPE; UNITAU; PMT ( convênio ) Base digital de dados sobre a Bacia do Rio Una.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 1995. Lixo municipal : manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT/Cempre. 278p. IPT – Publicação, 2160)

INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ (IRGA). Custo de produção do arroz. Porto Alegre, v.12, m.1, p.1-47, out.1997. Produção brasileira de arroz. Informativo. v.8, n.1, jan./fev. 2000.

Instituto Geológico e Mineiro (2001). Água Subterrânea: Conhecer para Preservar o Futuro. Instituto Geológico e Mineiro. Versão On line no site do IGM ([http://www.igm.pt/edicoes\\_online/diversos/agua\\_subterranea/indice.htm](http://www.igm.pt/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm)).

MARCOLIN, E.; ROBAINA, A. D. CONSUMO DE ENERGIA E EFICIÊNCIA DAS ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO DE LAVOURAS DE ARROZ IRRIGADO. Cienc. Rural, mar./abr. 2002, vol.32, no.2, p.229-235. ISSN 0103-8478.

KATHER, C.; BATISTA, G. T.; MONTESI, E. C.; CATELANI, C. S. "Mapa de uso e cobertura do solo utilizando dados do satélite Landsat sensor ETM com ênfase no cultivo irrigado na região de Tremembé – Vale do Paraíba" IV Mostra de Pós Graduação/UNITAU, no período de 20 A 23 de outubro 2003.

OLITA, A.F.L. Os métodos de irrigação. São Paulo : Nobel, 1985. 267p.

RIGHETTO, A. M. Hidrologia e Recursos Hídricos. São Carlos: EESC/USP, 1998. 840p.

Relatório zero, Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos Paraíba do Sul UGHRI – 2, Agosto, 2000.

SASAKI, R.K. S.; MALTA, F. J. N.C. Caracterização de impactos no uso do solo ocorridos em áreas de várzea de 1960 a 2000, no distrito meia lua, Jacareí-SP. Rev. Ciên. Hum., Taubaté, v.9, n.2, p.129-136, jul-dez 2003.

SILVEIRA, André L. da.; Louzada, José A.; Beltrame, Lawson F. Infiltração e armazenamento no solo. In: TUCCI, Carlos E.M. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Ed.Universidade; ABRH, EDUSP, 1993

SOMA, N. T. 2002. Controle de níveis de água de arroz de sequeiro no Vale do Paraíba, 65f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) – Faculdade Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SOUZA PINTO, N. L. et al. Hidrologia Básica. Edgard Blücher: São Paulo, 1976. p. 278

SOUZA, A. F. Influência da Cobertura Vegetal no Escoamento Superficial na Bacia Hidrográfica do Itaim e Suas Implicações na Área de várzea, Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade de Taubaté. Taubaté, São Paulo. 2000.

SAMPAIO, S. C.; CORRÊA, M. M.; VILAS BOAS, M. A.; DE OLIVEIRA, L. F. C. Estudo da precipitação efetiva para o município de Lavras, MG. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.2, p.210-213, 2000. Campina Grande, PB, DEAg/UFPB.

TONIAL, M. T.; MISSIO, E.; SANTOS, J. E.; SALATIEL, J. L. P.; HENKE, C. O.; RITTERBUCH, M. A.; ZANG, N. Revista de pesquisa e Pós-Graduação. Erechim- Editora da URI: , v.1, p.107 - 115, 2000. VI Seminário de Integração de Pesquisa e Pós Graduação.

TARGA, MARCELO DOS SANTOS, comunicação pessoal, UNITAU, Taubaté, fevereiro. 2004. Orientador e Chefe do Departamento de Ciências Agrárias.

TUCCI, C. E. M.; Clarke, R. T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento : revisão. Revista Brasileira de Recursos Hídricos – 1997. 247 p. Volume 2.

TUCCI, C. E. Modelos Hidrológicos. ABRH. 1998. p 13-78.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: UFRGS/ABRH/EDUSP, (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.4)1993. 944 p.

TUNDISI, J.G. Água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos: RiMA, 2003, 248p.

UEHARA, K.; et al. Previsão de enchentes - métodos probabilísticos. São Paulo : Escola Politécnica - USP, 1980

WETZEL, R. G. Limnology. W. B. Saunders Company, London. 743p.

VANZELA, L.S. Qualidade de água para irrigação na microbacia do córrego três barras no município de Marinópolis, SP. Dissertação ( Mestrado)- SP. 2004 119f. Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP.

VILELA & MATOS, 1975. Hidrologia aplicada. São Paulo, Mc-Graw do Brasil, 245p.

VIEIRA, Antonio F. G. Erosão por voçorocas em áreas urbanas: o caso de Manaus (AM). Florianópolis. Departamento de Geografia da UFSC (dissertação de Mestrado), 1998.

## **8. ANEXOS**

Anexo 01: Matéria publicada pelo Jornal Vale Paraibano no dia 17 de janeiro de 1999 a respeito da reforma da Barragem da Maristela pelo CTH-USP, construída no século passado visando a reservação de água para os produtores nas áreas de várzea que conflitam água da bacia hidrográfica do ribeirão da Serragem. Acesso ao site [www.valeparaibano.com.br](http://www.valeparaibano.com.br) dia 19 de fevereiro de 2005.

Anexo 02: Dado das medições aferidas em campo, nas respectivas datas dos valores de vazão na captação do Produtor E.

Anexo 03: Dado das medições aferidas em campo, nas respectivas datas dos valores de vazão na captação do Produtor F.

Anexo 04: Dado das medições aferidas em campo, nas respectivas datas dos valores de vazão na captação do Produtor G.

Anexo 05: Dado das medições aferidas em campo, nas respectivas datas dos valores de vazão na captação do Produtor D.

Anexo 06: Dado das medições aferidas em campo, nas respectivas datas dos valores de vazão na captação do Produtor H.

Anexo 07: Dado das medições aferidas em campo, nas respectivas datas dos valores de vazão na captação do Produtor C.

## Anexo 01

### **Barragem leva risco a arrozal de Tremembé**

*Tremembé*

O DAAE (Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo) inicia amanhã a reforma da barragem da fazenda Maristela em Tremembé, que corre risco de rompimento.

A obra, estimada em R\$ 147,8 mil, vai reconstruir toda a "crista" da barragem e os vertedores de água. Também serão feitas obras para evitar a erosão de terra às margens da barragem.

"Se não for tomada nenhuma providência há possibilidade de rompimento, principalmente por causa das constantes chuvas", afirma o engenheiro regional do DAAE, Nazareno Mostarda Neto, que realizou vistoria no local na quinta-feira.

A barragem da fazenda Maristela foi construída na década de 30 e é fundamental para a produção de arroz em Tremembé, além de abastecer pesqueiros e outros produtores rurais na região.

As águas da barragem também formam um riacho no local, conhecido como ribeirão da Serragem.

Vale do Paraíba, domingo, 17 de janeiro de 1999

<http://www.valeparaibano.com.br/1999/01/17/tau/barra.html>



**Anexo 02**

Primeira captação (cachoeira da Sonda) – Produtor E. Coordenadas UTM 0438947  
7463240.

|             | 01/08/04 | 23/08/04 | 06/09/04 | 13/09/04 | 20/09/04 | 01/10/04 | 18/10/04 | 25/10/04 | 07/11/04 | 23/11/04 | 06/12/04 | 13/12/04 |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Lâmina (cm) | 30,75    | 30,66    | 26,2     | 28,3     | 26,34    | 30,93    | 32       | 31,23    | 31,7     | 31,3     | 31,7     | 30,8     |
| Tempo(s)    | 20,9     | 23       | 23,8     | 23,97    | 22,91    | 21,4     | 20,9     | 19,2     | 19,6     | 19,5     | 19,16    | 19,5     |
| seção       | 92,5     | 92,5     | 92,5     | 92,5     | 92,5     | 92,5     | 92,5     | 92,5     | 92,5     | 92,5     | 92,5     | 92,5     |
| Q (m³/s)    | 0,135    | 0,123    | 0,101    | 0,108    | 0,106    | 0,133    | 0,141    | 0,149    | 0,149    | 0,148    | 0,152    | 0,145    |

Segunda captação – Produtor E. Coordenadas UTM 0438916 e 7463219.

|             | 01/08/04 | 23/08/04 | 06/09/04 | 13/09/04 | 20/09/04 | 01/10/04 | 18/10/04 | 25/10/04 | 07/11/04 | 23/11/04 | 06/12/04 | 13/12/04 |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Lâmina (cm) | 77,2     | 77,69    | 72,6     | 79,78    | 71       | 76       | 76,7     | 77,5     | 77,8     | 78       | 77,05    | 77,9     |
| Tempo(s)    | 26,05    | 30       | 31,7     | 30,7     | 32       | 26,4     | 25       | 26       | 26,2     | 26       | 24,6     | 26       |
| seção       | 64       | 64       | 64       | 64       | 64       | 64       | 64       | 64       | 64       | 64       | 64       | 64       |
| Q (m³/s)    | 0,189    | 0,165    | 0,146    | 0,166    | 0,141    | 0,184    | 0,196    | 0,190    | 0,189    | 0,191    | 0,200    | 0,191    |

Terceira entrada (armazém velho casinha) – Produtor E. Coordenadas UTM 043892 e  
7463121.

|             | 01/08/04 | 23/08/04 | 06/09/04 | 13/09/04 | 20/09/04 | 01/10/04 | 18/10/04 | 25/10/04 | 07/11/04 | 23/11/04 | 06/12/04 | 13/12/04 |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Lâmina (cm) | 15,4     | 16       | 11,1     | 15,6     | 11,8     | 17       | 16,7     | 15,6     | 15       | 14,7     | 16,87    | 14,6     |
| Tempo(s)    | 39,9     | 41,49    | 43,9     | 39,98    | 45,2     | 44       | 44,3     | 41,1     | 40       | 39       | 44,38    | 42,7     |
| seção       | 67       | 67       | 67       | 67       | 67       | 67       | 67       | 67       | 67       | 67       | 67       | 67       |
| Q (m³/s)    | 0,0258   | 0,0257   | 0,0169   | 0,0260   | 0,0174   | 0,0256   | 0,025    | 0,0253   | 0,0250   | 0,0252   | 0,0254   | 0,0250   |

Quarta entrada da casinha – Produtor E. Coordenadas UTM 043890 e 7463224

|             | 01/08/04 | 23/08/04 | 06/09/04 | 13/09/04 | 20/09/04 | 01/10/04 | 18/10/04 | 25/10/04 | 07/11/04 | 23/11/04 | 06/12/04 | 13/12/04 |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Lâmina (cm) | 15,87    | 15,66    | 12,1     | 15,99    | 12,7     | 15,6     | 15,2     | 16,2     | 17       | 16,8     | 18       | 17,1     |
| Tempo(s)    | 47,54    | 51,79    | 50,4     | 47,12    | 52       | 48       | 48,5     | 44,3     | 45,9     | 45,8     | 46,8     | 45,8     |
| seção       | 63       | 63       | 63       | 63       | 63       | 63       | 63       | 63       | 63       | 63       | 63       | 63       |
| Q (m³/s)    | 0,0208   | 0,0190   | 0,0151   | 0,0212   | 0,0153   | 0,0204   | 0,0195   | 0,0230   | 0,0233   | 0,0229   | 0,0241   | 0,0233   |

Quinta entrada – Produtor E. Coordenadas UTM 043886 e 7463344.

|                       | 01/08/04 | 23/08/04 | 06/09/04 | 13/09/04 | 20/09/04 | 01/10/04 | 18/10/04 | 25/10/04 | 07/11/04 | 23/11/04 | 06/12/04 | 13/12/04 |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Lâmina (cm)           | 12,34    | 12,33    | 10,1     | 12,07    | 10,3     | 12,5     | 11,6     | 12,6     | 12,5     | 12,04    | 12,8     | 11,99    |
| Tempo(s)              | 69,99    | 70       | 77,2     | 68,9     | 77,3     | 70,7     | 70,9     | 69,89    | 69,3     | 70       | 67,7     | 69,6     |
| seção                 | 45       | 45       | 45       | 45       | 45       | 45       | 45       | 45       | 45       | 45       | 45       | 45       |
| Q (m <sup>3</sup> /s) | 0,0078   | 0,0067   | 0,0058   | 0,0078   | 0,0059   | 0,00792  | 0,00736  | 0,00811  | 0,00810  | 0,00772  | 0,00850  | 0,00774  |

Sexta entrada da manilha – Produtor E. Coordenadas UTM 043889 e 7463227.

|                       | 01/08/04 | 23/08/04 | 06/09/04 | 13/09/04 | 20/09/04 | 01/10/04 | 18/10/04 | 25/10/04 | 07/11/04 | 23/11/04 | 06/12/04 | 13/12/04 |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Lâmina (cm)           | 25,23    | 27,375   | 22,6     | 27,87    | 22,9     | 24,7     | 22,9     | 27,2     | 27,1     | 27,2     | 25,4     | 27,4     |
| Tempo(s)              | 44,1     | 49,51    | 56,9     | 49,1     | 57,2     | 44       | 42,9     | 55,28    | 55,2     | 55,29    | 51       | 55,38    |
| seção                 | 1,073    | 1,073    | 1,073    | 1,073    | 1,073    | 1,073    | 1,073    | 1,073    | 1,073    | 1,073    | 1,073    | 1,073    |
| Q (m <sup>3</sup> /s) | 0,0612   | 0,0591   | 0,0425   | 0,0608   | 0,0428   | 0,0602   | 0,0571   | 0,0526   | 0,0525   | 0,0526   | 0,0533   | 0,0530   |

**Anexo 03**

Primeira captação (cachoeira da Sonda) – Produtor F. Coordenadas UTM 0438984 e 7463228.

|             | 01/08/04 | 23/08/04 | 06/09/04 | 13/09/04 | 20/09/04 | 01/10/04 | 18/10/04 | 25/10/04 | 07/11/04 | 23/11/04 | 06/12/04 | 13/12/04 |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Lâmina (cm) | 33       | 29,83    | 25,1     | 30,03    | 25       | 33,5     | 35,6     | 32,6     | 32,9     | 32,78    | 33,1     | 32       |
| Tempo(s)    | 26,2     | 28,02    | 29,9     | 27,6     | 29,3     | 26,6     | 24       | 21,8     | 22       | 22,4     | 21,1     | 21,9     |
| seção       | 91       | 91       | 91       | 91       | 91       | 91       | 91       | 91       | 91       | 91       | 91       | 91       |
| Q (m³/s)    | 0,114    | 0,0967   | 0,0762   | 0,0989   | 0,0774   | 0,114    | 0,134    | 0,135    | 0,135    | 0,133    | 0,142    | 0,132    |

Segunda captação para piscicultura – Produtor F. Coordenadas UTM 0441123 e 7462320.

|             | 01/08/04 | 23/08/04 | 06/09/04 | 13/09/04 | 20/09/04 | 01/10/04 | 18/10/04 | 25/10/04 | 07/11/04 | 23/11/04 | 06/12/04 | 13/12/04 |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Lâmina (cm) | 3,87     | 3,8      | 2,5      | 3,89     | 2,57     | 3,79     | 3,64     | 3,6      | 3,5      | 3,8      | 3,69     | 3,8      |
| Tempo(s)    | 40,98    | 41,25    | 43,7     | 40,12    | 43,2     | 41       | 40,03    | 34       | 33,79    | 37,12    | 33,96    | 37       |
| seção       | 46       | 46       | 46       | 46       | 46       | 46       | 46       | 46       | 46       | 46       | 46       | 46       |
| Q (m³/s)    | 0,0043   | 0,0042   | 0,0025   | 0,0042   | 0,0027   | 0,0041   | 0,00417  | 0,00485  | 0,00476  | 0,00468  | 0,00497  | 0,00459  |

**Anexo 04**

Primeira captação para rizicultura – Produtor G. Coordenadas UTM 0439930 e 7463259.

|                       | 01/08/04 | 23/08/04 | 06/09/04 | 13/09/04 | 20/09/04 | 01/10/04 | 18/10/04 | 25/10/04 | 07/11/04 | 23/11/04 | 06/12/04 | 13/12/04 |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Lâmina (cm)           | 64,25    | 62,25    | 46,7     | 64,5     | 47,5     | 64,4     | 65       | 67       | 62       | 65       | 64,8     | 64,9     |
| Tempo(s)              | 102      | 113      | 117      | 114      | 118      | 102      | 101      | 101      | 94       | 98,31    | 94,6     | 98,3     |
| seção                 | 1,08     | 1,08     | 1,08     | 1,08     | 1,08     | 1,08     | 1,08     | 1,08     | 1,08     | 1,08     | 1,08     | 1,08     |
| Q (m <sup>3</sup> /s) | 0,0680   | 0,0594   | 0,0430   | 0,0610   | 0,0434   | 0,0681   | 0,0695   | 0,0715   | 0,0711   | 0,0714   | 0,0738   | 0,0712   |

Segunda captação para piscicultura – Produtor G. Coordenadas UTM 0439930 e 7463259

|                       | 01/08/04 | 23/08/04 | 06/09/04 | 13/09/04 | 20/09/04 | 01/10/04 | 18/10/04 | 25/10/04 | 07/11/04 | 23/11/04 | 06/12/04 | 13/12/04 |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Lâmina (cm)           | 3.9      | 3.75     | 3,1      | 3,67     | 3.09     | 4        | 3.6      | 5.5      | 6.3      | 6.4      | 6.41     | 6.2      |
| Tempo(s)              | 64.2     | 65.3     | 67       | 60.1     | 69.8     | 65       | 60.1     | 62.5     | 63       | 62       | 61.7     | 61.7     |
| seção                 | 37.5     | 37.5     | 37,5     | 37,5     | 37.5     | 37.5     | 37.5     | 37.5     | 37.5     | 37.5     | 37.5     | 37.5     |
| Q (m <sup>3</sup> /s) | 0,00227  | 0,00214  | 0,00173  | 0,00227  | 0,00164  | 0,0023   | 0,00224  | 0,00329  | 0,00374  | 0,00387  | 0,00388  | 0,0037   |

**Anexo 05**

Única captação para olerícolas e rizicultura – Produtor D Coordenadas UTM 0439924 e 7463263.

|                       | 01/08/04 | 23/08/04 | 06/09/04 | 13/09/04 | 20/09/04 | 01/10/04 | 18/10/04 | 25/10/04 | 07/11/04 | 23/11/04 | 06/12/04 | 13/12/04 |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Lâmina (cm)           | 28,8     | 31,5     | 25,6     | 29,7     | 25,7     | 30       | 31       | 28       | 27,5     | 27,3     | 30,4     | 28,2     |
| Tempo(s)              | 157      | 172      | 152      | 170      | 151      | 160      | 166      | 150      | 148      | 148      | 156      | 147      |
| seção                 | 1,06     | 1,06     | 1,06     | 1,06     | 1,06     | 1,06     | 1,06     | 1,06     | 1,06     | 1,06     | 1,06     | 1,06     |
| Q (m <sup>3</sup> /s) | 0,0194   | 0,0193   | 0,0178   | 0,0184   | 0,0180   | 0,0198   | 0,0197   | 0,0197   | 0,0196   | 0,0195   | 0,0206   | 0,0202   |

**Anexo 06**

Primeira captação para rizicultura – Produtor H. Coordenadas UTM 0439181 e 7463576.

|                       | 01/08/04 | 23/08/04 | 06/09/04 | 13/09/04 | 20/09/04 | 01/10/04 | 18/10/04 | 25/10/04 | 07/11/04 | 23/11/04 | 06/12/04 | 13/12/04 |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Lâmina (cm)           | 26.7     | 26       | 22,1     | 25,9     | 22       | 27       | 27.8     | 28.9     | 27       | 27.4     | 27       | 26.1     |
| Tempo(s)              | 49.2     | 49.79    | 52,2     | 47,7     | 51       | 51       | 52       | 49.7     | 46       | 45.97    | 43.2     | 49.2     |
| seção                 | 63       | 63       | 63       | 63       | 63       | 63       | 63       | 63       | 63       | 63       | 63       | 63       |
| Q (m <sup>3</sup> /s) | 0,034    | 0,0327   | 0,026    | 0,034    | 0,027    | 0,0333   | 0,0336   | 0,0366   | 0,0369   | 0,0374   | 0,0393   | 0,0333   |

Segunda captação para piscicultura – Produtor H. Coordenadas UTM 0439181 e 7463576

|                       | 01/08/04 | 23/08/04 | 06/09/04 | 13/09/04 | 20/09/04 | 01/10/04 | 18/10/04 | 25/10/04 | 07/11/04 | 23/11/04 | 06/12/04 | 13/12/04 |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Lâmina (cm)           | 19,96    | 19,625   | 15,3     | 19,1     | 15,7     | 21,1     | 21,3     | 22       | 20,7     | 21,06    | 23,1     | 21,2     |
| Tempo(s)              | 26,13    | 26,33    | 28,3     | 25,8     | 28,5     | 25,7     | 25,68    | 25       | 20,7     | 21,16    | 23       | 22,4     |
| seção                 | 79,33    | 79,33    | 79,33    | 79,33    | 79,33    | 79,33    | 79,33    | 79,33    | 70,33    | 70,33    | 70,33    | 70,33    |
| Q (m <sup>3</sup> /s) | 0,065 m  | 0,058    | 0,043    | 0,058    | 0,0435   | 0,0649   | 0,0654   | 0,0696   | 0,0700   | 0,0699   | 0,0704   | 0,0665   |

**Anexo 07**

Primeira captação para rizicultura – Produtor C. Coordenadas UTM 0438530 e 7463872.

|                       | 01/08/04 | 23/08/04 | 06/09/04 | 13/09/04 | 20/09/04 | 01/10/04 | 18/10/04 | 25/10/04 | 07/11/04 | 23/11/04 | 06/12/04 | 13/12/04 |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Lâmina (cm)           | 5,56     | 4,5      | 3,9      | 4,3      | 3,95     | 5,55     | 6,6      | 5,59     | 6,2      | 6,04     | 6,4      | 6,1      |
| Tempo(s)              | 37,13    | 39,97    | 40,2     | 38,2     | 40,5     | 37,3     | 37,35    | 35,5     | 35,5     | 35,01    | 35,9     | 35,2     |
| seção                 | 55,3     | 55,3     | 55,3     | 55,3     | 55,3     | 55,3     | 55,3     | 55,3     | 55,3     | 55,3     | 55,3     | 55,3     |
| Q (m <sup>3</sup> /s) | 0,00824  | 0,00620  | 0,00534  | 0,00620  | 0,00538  | 0,00820  | 0,00974  | 0,00958  | 0,00963  | 0,00954  | 0,00983  | 0,00957  |

Segunda captação para rizicultura – Produtor C. Coordenadas UTM 438715 e 7463823.

|                       | 01/08/04 | 23/08/04 | 06/09/04 | 13/09/04 | 20/09/04 | 01/10/04 | 18/10/04 | 25/10/04 | 07/11/04 | 23/11/04 | 06/12/04 | 13/12/04 |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Lâmina (cm)           | 16,9     | 16,5     | 12,1     | 14,07    | 12,27    | 17,2     | 17,3     | 17,1     | 17,3     | 14,98    | 15,2     | 15,39    |
| Tempo(s)              | 27,4     | 29,8     | 30,6     | 24,1     | 31,1     | 27,84    | 27,9     | 27,02    | 27,1     | 27       | 27,08    | 27,79    |
| seção                 | 1,57     | 1,57     | 1,57     | 1,57     | 1,57     | 1,57     | 1,57     | 1,57     | 1,57     | 1,57     | 1,57     | 1,57     |
| Q (m <sup>3</sup> /s) | 0,0967   | 0,0869   | 0,0617   | 0,0912   | 0,0617   | 0,0969   | 0,0971   | 0,0991   | 0,0999   | 0,0870   | 0,0878   | 0,0867   |