

## QUANTITATIVE SURVEY OF THE RESERVOIR VOLUME AND FLOW OF RURAL SETTLEMENT "FAZENDA SANTA HELENA" FOR MANAGEMENT OF SUSTAINABLE WATER USE.

Eng. André Aukar Britschgy de Camargo	Mestrando Escola de Engenharia de São Carlos - USP. andreaukar@sc.usp.br
Eng. Diego Mendonça Arantes	Mestrando Escola de Engenharia de São Carlos - USP. diego-engambiental@hotmail.com
Eng. Júlio Issao Kuwajima	Mestrando Escola de Engenharia de São Carlos - USP. jkuwajima@gmail.com
Prof. Dr. Frederico Fábio Mauad	Prof. Dr. Escola de Engenharia de São Carlos - USP. mauadffm@sc.usp.br
Prof. Dra. Márcia Noelia Eler	Prof. Dra. Universidade Federal de São Carlos - UFSCar. marciaeler@yahoo.com.br

### Abstract:

This paper aims at providing a simulation and quantitative management of water resources in the rural settlement "Fazenda Santa Helena" in order to grant the request for the use of water covering sustainable development, rational use and conservation of water ecosystem. For this purpose it was necessary to survey the dam topography of reservation quota for the generation of curves-area-volume, and the survey of quantitative variation of available water over a year to obtain grants for multiple uses of water in the settlement. Due to the location of the spillway and the need to ensure the ecological flow, the volume available for use, 1153 m<sup>3</sup>, covers only a quarter of the total found. The minimum performance required for the irrigation system would be 69% using 100% flow bestowable permitted by law.

Palavra-chave: irrigação, planejamento, batimetria.

### 1. INTRODUÇÃO:

A primeira menção no Brasil referente à preservação de suas águas datam da década de 1800 quando D. João VI foi estimulado a convocar o botânico amador Major Acher, para reflorestar ao longo dos cursos d'água do Maciço da Tijuca, no Rio de Janeiro, como forma de estimular e garantir a qualidade da água (SANTOS, R. F., 2004). Porém apenas em 1934 a preocupação com os recursos hídricos culminou na criação do decreto 24.643 de 10 de julho de 1934, com as diretrizes para o uso das águas nacionais, intitulado código das águas. Com a promulgação da Constituição Federal em 1988, tornou-se imperativo atualizar essa legislação básica, de forma a ajustá-la ao prescrito no Inciso XIX, do Artigo 21 da Carta Magna que diz que compete à União instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga do direito de seu uso (BRASIL, 1988). Assim em 1997, no dia 8 de Janeiro foi aprovada e sancionada a Lei 9.433 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Um dos objetivos desta Lei é assegurar a disponibilidade de água necessária, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, para as atuais e futuras gerações, utilizando-se cinco instrumentos, dentre eles a Outorga dos Direitos de Uso de Recursos Hídricos, mecanismo pelo qual é garantido ao usuário o direito de uso da água.

No estado de São Paulo, o processo de outorga de uso e intervenção em recursos hídricos foi estabelecido no Capítulo II, Artigo de 9 a 13 da lei 7.663 de 30 de dezembro de 1991 (SÃO PAULO, 1991) que estabeleceu a Política Estadual de Recursos Hídricos, e foi aprovada pelo Decreto nº 41.258, de 31 de outubro de 1996 (SÃO PAULO, 1996).

Considera-se no Estado a vazão mínima das médias de 7 dias consecutivos para um tempo de retorno igual a 10 anos ( $Q_{7,10}$ ), como vazão de referência apesar de não estipulada na legislação segundo o DAEE. A vazão outorgável é de 80% da vazão de referência para o somatório de vazões até aquele ponto de captação, ou seja, se o somatório das vazões captadas a montante for igual ou maior que a  $Q_{7,10}$  para a área de drenagem da bacia de contribuição naquele ponto, ou ainda se a captação a jusante a uma distância tal que não haja significativa diferença na área de drenagem atingir este limite, dificilmente será concedida a outorga, considerando ainda o critério de uso preferencial. De modo prático considera-se como bacia crítica aquela em que a soma das vazões captadas excede a 50% da  $Q_{7,10}$ .

Apesar dos valores estipulados em leis está-se consciente de que, por sua irregular disponibilidade, a qual varia marcadamente ao longo do ano, de ano a ano e de região a região, o uso da água de forma contínua e indefinida torna-se impossível (PAZ, TEODORO & MENDONÇA, 2000). Mendonça, 2003, diz que essa grande variabilidade de disponibilidade hídrica ressalta a necessidade de permanente quantificação de descargas líquidas visando à previsão de vazões futuras, e que o êxito no planejamento de diversos projetos depende em grande parte do conhecimento da quantidade de água envolvida. O autor ainda conclui: "A quantificação representa uma das atividades de maior importância para tomadas de decisão adequadas no que diz respeito ao planejamento, aproveitamento e controle de recursos hídricos".

Uma das metas estratégicas a ser atingida, para a preservação da disponibilidade e da qualidade dos recursos hídricos consiste no estabelecimento de critérios do uso as atividades produtivas. Os modelos tecnológicos propostos para o alcance de uma agricultura planejada, devem considerar um rigoroso equilíbrio entre produção agrícola e preservação dos recursos naturais. O desenvolvimento atual da irrigação busca procedimentos tecnológicos e econômicos que otimizem o uso da água com melhoria da eficiência, proporcionem ganhos de produtividade baseados na resposta da cultura à aplicação de água e outros insumos, sem, contudo, comprometer a quantidade e a qualidade do recurso (PAZ, TEODORO & MENDONÇA, 2000).

A água destinada à irrigação no Brasil representa 61% do uso total deste recurso no país, seguido por 21% para o consumo humano e 18% para o uso industrial segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2009). No mundo, a porcentagem destinada à irrigação de culturas é ainda maior, 71% do consumo total, restando apenas 9% para o consumo doméstico e 20% para o consumo industrial. Com a democratização ao acesso a água por populações não atendidas, tender-se-á a um aumento da porcentagem deste recurso destinado ao consumo humano e industrial, exigindo, portanto, o uso mais eficiente deste bem por parte da agricultura, conclui a FAO (2009).

O manejo racional da água de irrigação tem por objetivo minimizar o consumo de energia, maximizar a eficiência do uso da água e manter favorável as condições de umidade do solo e de fitossanidade para o bom desempenho da cultura (SILVA & MAROUELLI, 1998).

Para que o manejo da água de irrigação proceda dentro de um critério racional é necessário um controle diário da umidade do solo e/ou da evapotranspiração, durante todo o ciclo da cultura. Para tanto, é indispensável o conhecimento de parâmetros relacionados à planta, ao solo e ao clima; só deste modo pode-se determinar o momento oportuno, o qual a irrigação e a quantidade de água deverão ser aplicados (MAROUELLI, SILVA W. e SILVA H, 1994).

Para o caso do cultivo de hortaliças no Assentamento Rural Santa Helena, o desenvolvimento é intensamente influenciado pelas condições de umidade do solo, fator limitante para a produção elevada e de boa qualidade. A reposição de água ao solo, na quantidade e momento oportuno, é decisiva para o sucesso da horticultura (MAROUELLI, SILVA W. e SILVA H, 1996)

Quanto à utilização da água para dessedentação de animais na produção de frangos de corte, atividade secundária dos assentados, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Suínos e Aves realizou uma estimativa de consumo, afirmando que a quantidade de água de bebida depende de vários fatores como idade, sal e proteína da dieta, temperatura ambiental e tipo de ração. Um valor de consumo médio está em torno de 2 a 3 litros de água por quilograma de ração. Alguns valores estimados para consumo diário de água conforme a idade estão representados na tabela 3.4.1.

Tabela 3.4.1: Consumo de água na dessedentação de frago de corte.

<b>Semana</b>	<b>ml / dia / frango</b>	<b>l / dia / 12.000 frangos</b>
1	32	384
2	69	828
3	104	1248
4	143	1716
5	179	2149
6	214	2568
7	250	3000
8	286	3432

Fonte: EMBRAPA Suínos e Aves

Palhares (2005) ressalva que a avicultura pode impactar a água de diversas maneiras. Os impactos quantitativos estão relacionados ao manejo hídrico no interior das granjas, tais como os bebedouros, mangueiras e torneiras com vazamentos; manejos de lavagem com equipamentos inadequados; mau dimensionamento dos galpões e uso incorreto dos sistemas de climatização, tornando a demanda maior, principalmente em épocas de calor.

Para garantir uma regularização do fornecimento de água passível de utilização a essas atividades, é necessário o armazenamento deste recurso em épocas de grande disponibilidade, evitando-se assim sua falta em períodos de estiagem. O represamento do curso d'água foi a alternativa adotada no assentamento para tal função.

As represas são ambientes lacustres provenientes do barramento artificial de cursos d'água, que tem como objetivo o armazenamento de água, seja para obtenção de um volume adequado às diversas utilizações (principalmente abastecimento de água para centros urbanos e indústrias, além de irrigação), seja para garantir uma altura de queda d'água suficiente para a geração de energia (SPERLING, E. V., 1999).

No Brasil, a Lei nº 9.433/97 que instituiu o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, ocasionou uma demanda extraordinária de estudos hidrológicos para fundamentar solicitações de outorga, bem como para permitir variadas análises técnicas. Esse tipo de análise exige um conhecimento

profundo do regime hidrológico do curso d'água, o que por sua vez requer informações de campo confiáveis sem as quais qualquer estudo se torna um mero exercício de especulação (SANTOS, I., et al., 2001).

A elaboração de estudos e projetos voltados ao aproveitamento de recursos hídricos, a sua avaliação pelos órgãos de controle e licenciamento e o monitoramento de seu desempenho real depende da hidrometria como instrumento essencial para garantir a qualidade e a objetividade das análises. Nesse contexto, a hidrometria, fonte dos dados observados no campo, constitui-se em disciplina fundamental à pesquisa hidrológica (SANTOS, I., et al., 2001).

Dentre as duas características físicas do reservatório, dados primários, necessárias para a realização deste estudo estão: o levantamento batimétrico, que consiste em um levantamento detalhado do relevo da "seção molhada", ou parte submersa da seção transversal; e a quantificação da vazão ou descarga do rio que é o volume de água que passa através de uma seção transversal na unidade de tempo. A partir de cálculos realizados com estes dois parâmetros primários, dados secundários são gerados indiretamente como: a área que representa a superfície total do espelho d'água conforme a oscilação do nível do corpo d'água; o volume que indica a quantidade de água acumulada na depressão (bacia hidráulica) da represa, a partir da integração de produtos entre as áreas dos diversos estratos e a espessura de cada estrato; profundidade máxima; perímetro; comprimento máximo; largura máxima; profundidade média; largura média; profundidade relativa; dentre outros (SPERLING, E. V., 1999).

Existem vários processos para a coleta de dados em batimetria que devem ser empregados conforme a necessidade, a finalidade do levantamento, disponibilidade de recursos, equipamentos e conhecimento técnico. O processo mais moderno exige a aquisição de equipamentos de alto valor como: Sistema de Posicionamento Global (GPS), para localização global dos pontos coletados, acoplado a um ecobatímetro, que mede a profundidade da água pela medida do intervalo de tempo necessário para que ondas sonoras emitidas pelo aparelho viagem, desde um ponto conhecido (alguns centímetros abaixo do nível da água) até o leito do rio, onde são refletidas e voltam até o equipamento; computador para armazenamento dos dados em tempo real; embarcação; além de equipamentos para coleta de informações da margem como estação total e miras. As vantagens são: a coleta de dados de forma contínua, tipo de varredura, podendo ser utilizado em praticamente todas as situações de velocidades, inclusive permitindo o levantamento de corredeiras. Neste caso, o levantamento é feito com a embarcação em movimento com uma precisão de em torno de 2% da profundidade (SANTOS, I., et al., 2001).

Contudo há processos confiáveis mais demorados, como o utilizado por Bufon, A. G. M., 1999 para levantamento batimétrico da "Represa Velha", Pirassununga – SP, que consiste na utilização de guincho hidrométrico. O posicionamento nas verticais pode ser feito com cabo de aço graduado ou régua (para profundidades superiores a 4,00 m) e os dados são anotados a mão pelo operador.

A vazão é medida convencionalmente com o levantamento e a integração da distribuição de velocidades na seção e, mais recentemente pelo método acústico. Ressalva-se, no entanto, que o método convencional com molinete é ainda o mais usado na hidrometria de rios naturais. Consiste em determinar a área da seção e a velocidade média do fluxo que passa nessa seção. A área é determinada pela medição da largura do rio e da profundidade em um número significativo de pontos ao longo da seção, chamados de verticais, nas quais também é realizada a medição da velocidade com molinete hidrométrico, em um número significativo de pontos a diferentes profundidades, que irão originar a velocidade média na vertical (Santos, I., et al., 2001).

Desta forma, o objetivo geral deste trabalho foi realizar e simular uma gestão quantitativa dos recursos hídricos do assentamento rural "Fazenda Santa Helena", tendo em vista o pedido de outorga para o uso da água que contemple o desenvolvimento sustentável, o uso racional da água e a preservação do ecossistema.

## **2. METODOLOGIA:**

### **2.1. Área de estudo:**

O assentamento rural, Sítio Santa Helena, criado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária no ano de 2005, situa-se na região rural do município de São Carlos SP. Em; latitude – 21°08'44,6140``S, longitude – 48°43'29,2627``O, altitude 539,79 m. Possui um total de 13 famílias beneficiadas e agraciadas com um lote de aproximadamente 5,8 ha, totalizando uma área de 102,4406 ha juntamente com a reserva legal, 6,5698 ha, e a área coletiva, 10,2146 ha.

O critério de função e implantação deste assentamento, como em todas as propriedades rurais, prevê 20% de sua área como reserva legal, instituída pela lei Federal nº 4.771/65 (Código Florestal), alterada pela Lei Federal nº 7.803, de 18 de julho de 1989, e pelas Medidas Provisórias 2166 e 2167, de 2001, cuja qual, 6,41% presente, detém o único manancial superficial disponível para abastecer de água a comunidade e seus usos múltiplos como irrigação, dessedentação de animais e lazer. O restante da reserva, 13,41% foi averbada na Comunidade Agrária 21 de Dezembro.

O manancial de água local é caracterizado por ser um barramento artificial do curso natural da água. Devemos, contudo, aceitar a posição de Aguiar, M. C. P. (2009) que aponta para o impacto ambiental que advém após a construção dos barramentos de rios e mananciais. Segundo este autor salienta que:

*“A construção de barramentos e o excesso de retirada de água altera a dinâmica natural do rio permitindo a ocorrência de magnitudes, períodos e frequências das vazões e níveis fluviométricos diferentes das que ocorriam naturalmente no rio. No leito dos rios deve haver uma determinada vazão que satisfaça a todos os usos previstos pela Política Nacional de Recursos Hídricos, inclusive as demandas ambientais satisfeitas pela vazão ecológica (Pelissari e Sarmento, 2003) deve ser mantida ao longo do seu trecho para fornecer ao ecossistema local condições de sobrevivência.”*

Atualmente o assentamento capta parte da água proveniente das nascentes do manancial para abastecer as famílias com o auxílio de uma bomba e de uma roda d'água, movida pelo redirecionamento do restante da água que atravessa a represa. Não há qualquer estudo sobre a vazão e o volume disponível para o seu uso correto com vistas aos gerenciamentos dos usos antrópicos e ecológicos, ficando estes susceptíveis as condições climáticas e usos não planejados na fazenda em questão.

O princípio do assentamento exigido pelo INCRA baseia-se na agricultura orgânica, que segundo a associação de agricultura orgânica, *“é um sistema de produção que exclui o uso de fertilizantes sintéticos de alta solubilidade e agrotóxicos, além de reguladores de crescimento e aditivos sintéticos para a alimentação animal. Sempre que possível, baseia-se no uso de esterco animais, rotação de culturas, adubação verde, compostagem e controle biológico de pragas e doenças. Busca manter a estrutura e produtividade do solo, trabalhando em harmonia com a natureza.”*, meta de desenvolvimento local sustentável a ser difundida na agricultura familiar dos assentados.

## **2.2. Batimetria**

Para levantamento detalhado do relevo da “seção molhada”, ou parte submersa da seção transversal, foi necessária a utilização de alguns equipamentos de apoio tais como: Estação Total, miras, barco e régua de alumínio.

A “Estação Total” é um instrumento eletrônico utilizado na medição de ângulos e distâncias, capaz de inclusive armazenar os dados recolhidos e executar alguns cálculos mesmo em campo. O modelo utilizado possui ainda um GPS que georeferencia os pontos coletados automaticamente.

Para a sua utilização é necessário um ponto de partida, do qual os outros pontos são referenciados.

Os pontos são marcados com uma “mira” para que facilite a coleta de informações pela “Estação Total”.

Foram coletados pontos estratégicos ao longo de toda a margem da represa, de forma a se aproximar ao máximo do perímetro real observado. Regiões da margem cujo contorno se afastava da forma retilínea tiveram uma maior quantidade de coleta de pontos próximos. Os pontos coletados à margem referem-se ao nível da água no dia da coleta.

Geralmente para os pontos localizados ao longo da região central da represa, exige-se o planejamento prévio das seções a serem percorridas pelo barco, distanciadas igualmente entre si, cujas quais terão informações de localização e profundidade de diversos pontos, também distanciados igualmente entre si. Como a represa em questão é de porte pequeno e a “Estação Total” referencia localmente os pontos, a coleta foi realizada com a “mira” diretamente no barco e a profundidade medida com o auxílio de uma régua de alumínio. O percurso realizado pelo barco buscou abranger toda a região central da represa.

Os pontos coletados e associados podem ser trabalhados em diversos programas computacionais para a formulação das curvas de nível referentes à seção molhada da represa. Para a realização deste trabalho foram utilizados os programas computacionais “Surfer” e “AutoCAD”.

O “Surfer” é um pacote de software, escrito para Windows 98, Me, 2000 e XP, criado e distribuído pela empresa “Golden Software, que transforma dados de latitude, longitude e elevação para criar mapas de contorno, mapas 3D da superfície, mapas 3D “wireframe”, mapas de relevo sombreado, mapas com escala em cores do arco-íris, mapas vetoriais e mapas de base, além de calcular seções transversais, áreas e volumes.

Para a formulação das curvas de nível o programa se baseia em diversas formas de interpolação dos pontos coletados, sendo da competência do usuário a escolha do melhor para a situação analisada. A menos que se tenham informações específicas sobre o conjunto de dados, como a declividade do terreno, por exemplo, o programa recomenda o uso do método de interpolação padrão, que é a “krigagem” com um variograma linear, que parte do princípio que pontos próximos no espaço tendem a ter valores mais parecidos do que pontos mais afastados. Este método foi selecionado como o padrão, pois ele faz um bom trabalho de interpolação com uma variedade ou conjuntos de dados. No entanto, este método nem sempre produz os resultados desejados para cada conjunto de dados, sendo às vezes vantajosa a consideração de outros métodos de interpolação.

Para efeito deste trabalho, foi utilizado o método padrão para interpolação, “Kriging”.

O “AutoCAD” é um software do tipo CAD — computer aided design ou projeto com ajuda de computador - criado e comercializado pela Autodesk, Inc. desde 1982. É utilizado principalmente para a elaboração de peças de desenho técnico em duas dimensões (2D) e para criação de modelos tridimensionais (3D). Além dos desenhos técnicos, o software vem disponibilizando, em suas versões mais recentes, vários recursos para visualização em diversos formatos. É amplamente utilizado em arquitetura, design de interiores, engenharia mecânica, engenharia geográfica e em vários outros ramos da indústria. O

AutoCAD é atualmente disponibilizado apenas em versões para o sistema operacional Microsoft Windows, embora já tenham sido comercializadas versões para UNIX e Mac OS.

Para o projeto, a principal função deste programa foi o cálculo de áreas das curvas de nível encontradas.

As vantagens do uso concomitante destes dois programas em conjunto foram: 1) o “Surfer” importa e exportou os dados no formato “.dwg”, principal extensão utilizada pelo software “AutoCAD”. 2) o “Surfer” trabalhou os dados de forma rápida e confiável para a formulação de curvas de nível e modelo digital do terreno referente à “seção molhada” da represa. 3) o “AutoCAD” calculou a área do espelho d’água referente a cada curva de nível encontrada pelo “Surfer” para o posterior cálculo do volume.

### **2.3. Área da Bacia Hidrográfica**

Bacia Hidrográfica é uma determinada área de terreno que drena água, partículas de solo e material dissolvido para um ponto de saída comum, situado ao longo de um rio, riacho ou ribeirão.

A partir da carta SF-23-V-C-IV-3, fornecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na escala 1:50.000, quantificou-se a área de contribuição da represa do Córrego da Lagoinha interligando os pontos de maior altitude na região do entorno deste recurso hídrico. A união dos pontos de maior altitude para/e o cálculo da área de contribuição, bacia hidrográfica, foram realizados com o auxílio do Software “AutoCAD 2008”.

### **2.4. Dados Meteorológicos**

#### **2.4.1. Dados Pluviométricos**

Exprime-se a quantidade de chuva pela altura de água caída e acumulada sobre uma superfície plana e impermeável. Estes dados foram avaliados por meio de medidas executadas em pontos previamente escolhidos, utilizando-se de aparelhos denominados pluviômetros ou pluviógrafos, conforme o receptáculo de água precipitada que registram essas alturas no decorrer do tempo. As medidas realizadas nos pluviômetros foram periódicas; em geral, em intervalos de vinte e quatro horas feitas normalmente, no Brasil, às sete horas da manhã.

Os dados utilizados corresponderam a estação meteorológica C4-092, localizada ao norte da bacia hidrográfica do Córrego da Lagoinha, aproximadamente a 4Km de distância, na Latitude 21° 52’S e Longitude 47° 48’O. A medição da altura pluviométrica diária foi realizada com pluviômetro que possui um registro histórico de de 44 anos.

As leituras de dados dos pluviômetros foram realizadas por operadores voluntários, que naturalmente puderam cometer erros. Assim tornou-se necessário realizar uma análise de consistência, buscando-se encontrar dados suspeitos.

Foi necessário, muitas vezes, suplementar certos dados incompletos de precipitação, estimando-se os valores que faltaram em um ou mais postos, assim como comparar dados para análise de consistência.

Um método alternativo para preenchimento de dados de precipitação faltantes foi o desenvolvido pelo National Weather Service. O método requer dados de quatro estações-índice A, B, C e D, cada uma delas localizada próxima à estação x. O valor de precipitação estimado na estação x foi a média ponderada dos valores das quatro estações-índice. Para cada estação-índice, o peso aplicado foi proporcional ao quadrado de sua distância L à estação x.

O procedimento é descrito pela seguinte equação:

$$P_x = \frac{\left[ \sum_{i=1}^4 \left( \frac{P_i}{L_i^2} \right) \right]}{\left[ \sum_{i=1}^4 \left( \frac{1}{L_i^2} \right) \right]}$$

onde P é a precipitação, L é a distância entre a estação-índice e a estação x, e o índice i refere-se à cada uma das estações-índice A, B, C e D.

O período utilizado para análise dos dados abrangeram os meses de Janeiro de 1974 a Dezembro de 2003, ou seja, 30 anos de observação.

#### **2.4.2. Dados de Temperatura.**

Temperatura do ar é uma medida de sua energia cinética, ou seja, da velocidade média dos átomos e moléculas. A variação diária da temperatura depende da entrada de energia solar, da saída de energia da terra, tipo de superfície e tempo de exposição.

Para determinação da temperatura ambiente, utilizaram-se termômetros (mercúrio ou álcool) ou termógrafos.

As normais climatológicas de temperatura que foram utilizadas neste trabalho foram obtidas do posto meteorológico nº 83.726, apresentadas pelo Ministério da Agricultura e Reforma Agrária em 1992, para o período de observação de 1961 a 1990. Este posto de 2ª classe localiza-se ao norte da cidade de São Carlos, SP, entre o Cemitério Nossa Senhora do Carmo e o Aeroporto, mais precisamente na Latitude 22,01° e Longitude 47,53°.

Este posto foi escolhido por ser o único a possuir dados disponíveis para acesso público.

## 2.5. Vazões

### 2.5.1. Vazão real coletada

A medição convencional com molinete hidrométrico é universalmente utilizada para a determinação da vazão em cursos de água naturais e consiste em determinar a área da seção e a velocidade média do fluxo que passa nesta seção. A área é determinada por meio da medição da largura do rio e da profundidade em um número significativo de pontos ao longo da seção, chamados de verticais, nas quais também é realizada a medição da velocidade com molinete hidrométrico, em um número significativo de pontos a diferentes profundidades. Destes dados obtêm-se a velocidade média na vertical.

O cálculo da velocidade da água em cada ponto de coleta é dado pela equação:

$$v = \left( \frac{Ns}{t} \right) \times 0,2506 + 0,011$$

em que Ns é o número de sinais emitidos pelo molinete (1 sinal = 1 volta completa da hélice) em um determinado tempo t. As constantes 0,2506 e 0,011 são referentes a calibração do molinete.

A distância entre as verticais (d) vezes a profundidade máxima da vertical (h), vezes a velocidade média da água da vertical (v), fornece a descarga líquida que passa por esta seção (i). A soma da descarga líquida de todas as seções fornece a descarga líquida total (Q) do canal estudado segundo a equação:

$$Q = \sum_{i=1}^n (h \times d \times v)_i$$

A escolha do ponto de análise no canal natural levou em consideração a acessibilidade local e a concentração das vazões dos três pontos que vertem água da represa. O ponto escolhido localiza-se a poucos metros após o córrego ultrapassar uma estrada rural.

É de suma importância a aferição do molinete em um laboratório de hidráulica antes de sua utilização para a tomada de dados, para que se tenha uma perfeita relação entre o número de voltas dada pelas hélices do molinete com a velocidade da água.

### 2.5.2. Vazões previstas

Algumas das vazões utilizadas para a realização deste trabalho foram calculadas a partir do programa de "Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo", disponível para consulta pública no "Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH)".

Este programa exige dados de entrada para efetivação dos cálculos, sendo eles:

- Área da Bacia Hidrográfica em Km<sup>2</sup>;
- Coordenadas Geográficas ou UTM da Foz da Bacia Hidrográfica de Estudo, e;
- Longitude do Meridiano Central.

Alguns dados utilizados automaticamente pelo sistema podem ser modificados após a efetivação dos cálculos, quando do conhecimento do operante. No caso foi utilizada a precipitação anual média (mm) encontrada para este estudo.

Os dados finais fornecidos pelo sistema são:

- Vazão Média Plurianual;
- Curva de Permanência;
- Vazão Firme, e;
- Vazão Q<sub>7,10</sub>.

## 2.6. Volume de água requerido

### 2.6.1. Horticultura

Diversas são as verduras e suas necessidades hídricas requeridas em campo. Para efeito dos cálculos foram escolhidas para análise três hortaliças consideradas comuns: alface, cenoura e repolho.

O roteiro de cálculos utilizados para a estimativa da lâmina de água total, em mm, necessária a manutenção de uma cultura qualquer, se resume a uma seqüência de equações, cada qual com sua metodologia.

Lâmina de água total representa a lâmina líquida de água que deve ser reposta ao solo para manutenção da cultura. Contudo, a eficiência de aplicação de água de qualquer sistema de irrigação é inferior a 100%. É necessário, portanto, corrigir o valor da lâmina real de água necessária, em função da eficiência de irrigação do sistema.

$$LTN = \frac{LRN}{Ei}$$

LTN: lâmina de água total necessária (mm);

Ei: eficiência da irrigação;

LRN: lâmina de água real necessária (mm);

A eficiência de irrigação depende fundamentalmente do sistema/método adotado, das condições em que o projeto foi implantado e da habilidade do irrigante. Enquanto nos métodos de irrigação superficial a

eficiência de irrigação raramente ultrapassa os 50%, na aspersão situa-se frequentemente entre 70% e 80%, e no sistema por gotejamento entre 85% e 95%.

A lâmina de água real necessária (mm) é a quantidade de água necessária para determinada cultura se desenvolver em sua melhor capacidade.

$$LRN = ETc - Pe$$

Pe: precipitação efetiva (mm/mês);

ETc: evapotranspiração da cultura (mm/mês);

A precipitação efetiva utilizada é a mesma calculada no item dados meteorológicos.

Evapotranspiração da cultura é a quantidade de água evapotranspirada por uma cultura crescendo sem restrições de umidade, fertilidade ou qualquer outro fator. Para fins de manejo da água de irrigação, em razão de ser difícil sua medida direta e precisa em nível de campo, a evapotranspiração da cultura tem sido estimada indiretamente a partir da evapotranspiração do cultivo de referência por meio de coeficientes de cultura determinados experimentalmente (MAROUELLI et. al., 1994).

$$ETc = Kc \times ETo$$

Kc: coeficiente de cultura;

ETo: evapotranspiração do cultivo de referência (mm/mês);

Os coeficientes de culturas (Kc) são determinados empiricamente, considerando as necessidades hídricas de cada cultura nos seus diversos estádios de desenvolvimento. Os valores apresentados na tabela 4.6.1.1 foram adaptados de Doorenbos & Pruitt (1977) e Doorenbos e Kassam (1979) por Marouelli et. al. (1994), e representam o coeficiente de cultura (Kc) médio em diferentes estádios de desenvolvimento. O estágio I, o mais crítico, refere-se até 10% do desenvolvimento vegetativo. O estágio II de 70% a 80% do desenvolvimento vegetativo. Já o estágio III é referente desde o final do estágio II até o início da maturação. E por fim o estágio IV que corresponde ao final do estágio III até a colheita.

Tabela 4.6.1.1: Coeficiente de cultura (Kc) médio em diferentes estádios de desenvolvimento.

Hortaliça	Estádios de desenvolvimento			
	I	II	III	IV
Alface	0,55	0,75	1,00	0,95
Cenoura	0,55	0,77	1,07	0,77
Repolho	0,45	0,75	1,03	0,87

Fonte: Marouelli et. al. (1994)

A evapotranspiração do cultivo de referência é a quantidade de água evapotranspirada de uma superfície totalmente coberta por vegetação rasteira, em fase de crescimento ativo, sem restrições de umidade e com bordadura adequada. O método utilizado para seu cálculo é o de Blaney-Criddle, que segundo Bernardo (1986) é, provavelmente, a mais conhecida expressão para estimativa das exigências hídricas dos cultivos, para fins de dimensionamento de sistemas de irrigação.

$$ETo = P \times (0,46 \times T + 8,13)$$

P: horas de luz solar no mês (%);

T: temperatura média mensal (°C);

A porcentagem das horas de luz solar em um mês (P), para latitudes “pares” de 0° a 36° sul, são fornecidas por Bernardo (1986). Para a latitude 21° 54'11”S referente ao Assentamento Rural Santa Helena, considerou-se para efeito dos cálculos os valores da latitude 22° sul, contidas na tabela 4.6.1.2.

Tabela 4.6.1.2: Horas de luz solar, em % para latitude 22° Sul

Luz(%), Latitude 22° Sul			
Janeiro	9,35	Julho	7,62
Fevereiro	8,12	Agosto	7,95
Março	8,59	Setembro	8,11
Abril	7,86	Outubro	8,83
Maior	7,75	Novembro	8,97
Junho	7,33	Dezembro	9,42

Fonte: Bernardo (1986)

A temperatura média mensal (°C) utilizada é a mesma citada anteriormente nos dados meteorológicos.

### 2.6.2. Granja de Frangos

Para o estudo do volume de água requerido para a criação de frangos em granjas, a Embrapa Suínos e Aves recomenda a relação contida na tabela 4.6.2.1, apenas para dessedentação das aves.

Tabela 4.6.2.1: Consumo de água na dessedentação de frangos de corte.

Semana	ml / dia / frango	l / dia / 12.000 frangos
1	32	384
2	69	828
3	104	1248
4	143	1716
5	179	2149
6	214	2568
7	250	3000
8	286	3432

Fonte: EMBRAPA Suínos e Aves

### 3. DESCOBERTAS E DISCUSSÕES

#### 3.1. Área de estudo

A forma de ocupação pretendida pelo INCRA elimina qualquer risco de contaminação ao meio ambiente, sobre tudo aos corpos d'água. No entanto, algumas práticas ainda realizadas pelos assentados, como o uso clandestino de defensivos e corretivos agrícolas, fossas negras, dentre outros menos importantes, não garantem a total ausência de contaminação ao ambiente essencial para o desenvolvimento e permanência das famílias no local. A água, compartilhada entre os assentados, torna-se então o principal foco de atenção e estudos por ser o meio mais propício para a propagação de agentes químicos e biológicos ao ambiente.

O desenvolvimento e melhoria da qualidade de vida dos assentados está diretamente relacionada ao modo de produção agrícola, a qual garante o sustento das famílias ao longo do ano. Visando um aumento de renda, os assentados planejam o uso da água represada para irrigação das culturas no assentamento, principalmente durante períodos de estiagem, e na dessedentação de frangos de corte. Sem um estudo adequado de viabilidade para o uso da água nestes projetos, o ecossistema e a população local ficam a mercê do uso abusivo, da falta de planejamento e conhecimento das capacidades locais.

#### 3.2. Batimetria

A figura 5.2.1 mostra a posição espacial local do ponto escolhido como sendo a partida para a coleta dos dados e dos 79 pontos coletados ao longo da margem da seção molhada da represa e do seu interior.

A união dos pontos referentes à margem e a região central associados a profundidade, permite a elaboração do mapa topográfico referente à parte molhada da represa, a partir da escolha do método "Kriging" de interpolação dos pontos. O resultado obtido pode ser observado na figura 5.2.2. Neste mapa, que trás o perfil da profundidade ao longo da represa, nota-se que a região mais profunda encontra-se próxima ao barramento com aproximadamente 2,10 m, e que regiões com profundidade até 1,00 m localizam-se às margens da represa.

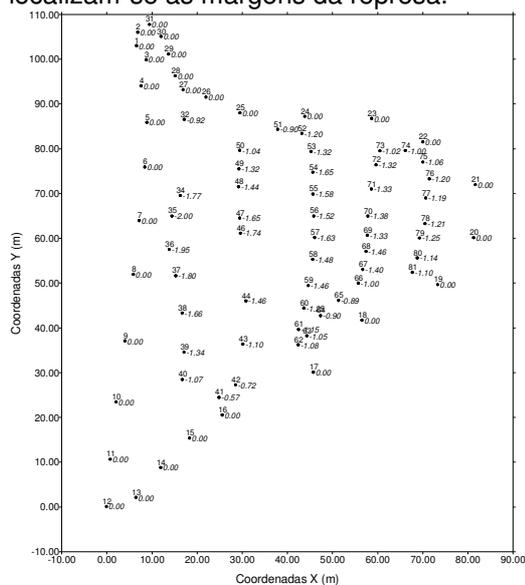


Figura 5.2.1: Pontos coletados para caracterização da represa.

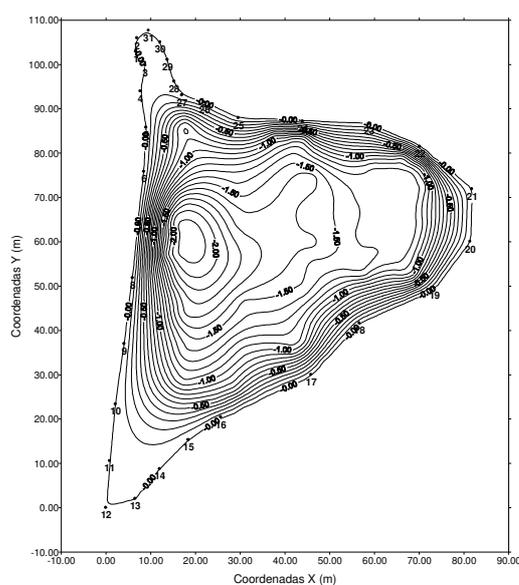


Figura 5.2.2: Modelo obtido pelo método de interpolação *kriging*.

#### 3.3. Cálculo do volume de armazenagem

Os dados obtidos para a topografia da seção molhada foram extraídos do Software “Surfer” e transferidos para o Software “AutoCAD 2008” permitindo o cálculo da área de polígonos como no caso de curvas de nível. Os resultados podem ser observados na Tabela 5.3.1 que apresenta a cota da curva referente, sua área de espelho d'água e volumes.

O volume foi calculado baseado na seguinte relação:

$$\text{Volume entre duas cotas} = [(\text{Área1} + \text{Área2}) * \text{distância entre cotas}] / 2$$

$$\text{Volume da primeira cota} = (\text{Área} * 3) / \text{distância entre cotas}$$

$$\text{Volume Total} = \Sigma \text{volumes}$$

Tabela 5.3.1: Cálculo do volume parcial entre cotas e do volume acumulado.

Cota	Área (m <sup>2</sup> )	Volume Parcial (m <sup>3</sup> )	Volume Total (m <sup>3</sup> )
0,0	4388,08	415,27	4352,91
-0,1	3917,36	380,25	3937,64
-0,2	3687,66	359,43	3557,39
-0,3	3500,96	341,77	3197,96
-0,4	3334,43	325,67	2856,19
-0,5	3178,98	310,39	2530,52
-0,6	3028,75	295,41	2220,13
-0,7	2879,42	280,33	1924,73
-0,8	2727,11	264,46	1644,40
-0,9	2562,04	247,81	1379,94
-1,0	2394,14	230,53	1132,13
-1,1	2216,50	211,61	901,60
-1,2	2015,76	190,36	689,99
-1,3	1791,43	156,67	499,63
-1,4	1341,96	118,27	342,96
-1,5	1023,38	86,47	224,69
-1,6	706,07	55,42	138,22
-1,7	402,42	34,16	82,79
-1,8	280,76	23,60	48,64
-1,9	191,31	15,35	25,03
-2,0	115,62	8,12	9,68
-2,1	46,84	1,56	1,56

Com base na tabela 5.3.1 o volume total armazenado pela represa corresponde a aproximadamente 4.353 m<sup>3</sup> quando o nível da água se encontra na cota 0,0. O montante acumulado de água decai juntamente com o decréscimo dos valores da cota, caracterizando uma represa no estilo de letra “V”.

A dispersão volume x cota nos permite saber qual o volume armazenado em relação à profundidade. Este conhecimento é de fundamental importância para o gerenciamento do uso da água, pois a quantificação do volume presente em determinado período fornece a base necessária para a tomada de decisão quanto às necessidades prioritárias do uso.

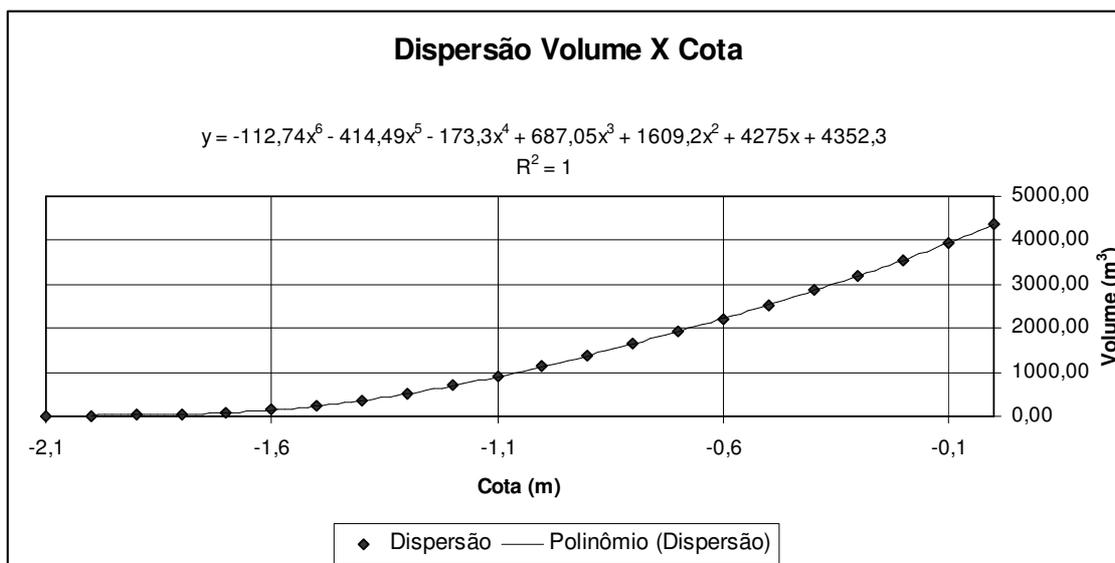


Gráfico 5.3.2: Dispersão do volume ocupado pela água em relação à cota.

Para a quantificação do volume em relação à cota foi estabelecida uma curva chave baseada no polinômio que melhor se adapta aos pontos plotados. O menor erro encontrado,  $R^2=1$ , foi para o polinômio de 6º grau que consta no gráfico 5.3.2.

### 3.3.1. Volume passível de uso

A vazão mínima ecológica: “Vazão que deve ser garantida a jusante de uma estrutura de armazenagem (barragem) ou captação (tomada de água) para que se mantenham as condições ecológicas naturais de um rio”, requerida pelo Estado de São Paulo corresponde a 20% da vazão  $Q_{7,10}$ . No caso da represa do assentamento rural, a vazão se dá por uma tubulação de 200 mm, que se localiza entre as cotas -0,21 m e -0,31 m em relação ao nível máximo da água, 0,0 m. Para que a vazão que afluí da represa continue seu percurso a jusante, o volume represado passível de uso é o mesmo contido entre as cotas 0,00 m e -0,31 m, apresentados na tabela 5.3.1.1. Quando o volume de água ultrapassa a cota estipulada em 0,00 m, o excesso extravasa por uma canaleta de controle de cheias.

Tabela 5.3.1.1: Volume passível de uso para a represa.

Cota	Área (m2)	Volume Parcial (m3)	Volume Total (m3)
0,00	4388,08	414,61	1152,63
-0,11	3904,20	379,22	738,01
-0,21	3680,26	358,79	358,79
-0,31	3495,50	-	-

O volume armazenado passível de uso, 1.152,63 m<sup>3</sup>, corresponde a aproximadamente 1/4 do volume total de armazenagem.

### 3.4. Área da Bacia Hidrográfica

O polígono encontrado, com o auxílio do Software “AutoCAD 2008”, referente à Bacia Hidrográfica da represa (Figura 5.4.1), apresenta uma área de 2139855,94 m<sup>2</sup> ou 2,14 Km<sup>2</sup>.

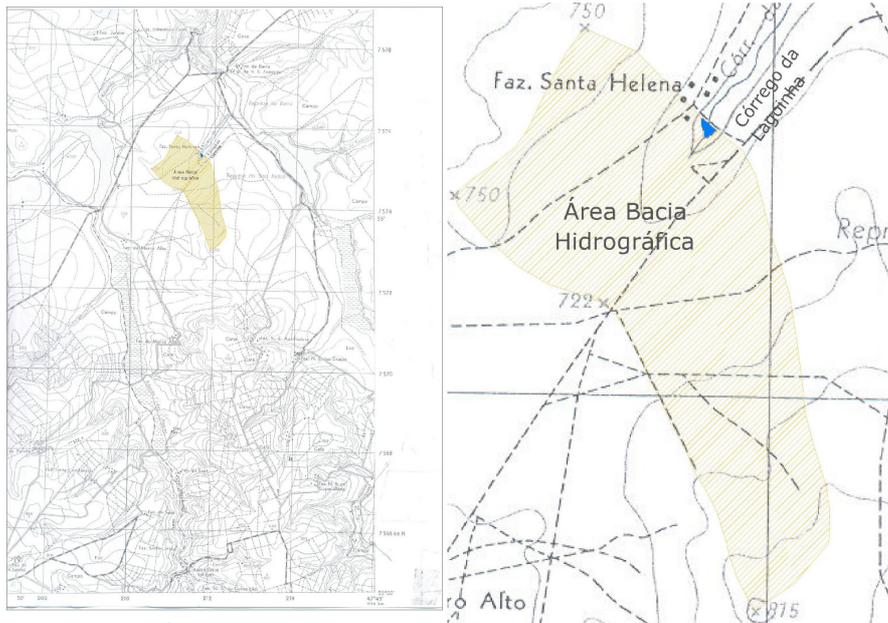


Figura 5.4.1: Área da bacia hidrográfica da represa.

### 3.5. Dados Meteorológicos

#### 3.5.1. Dados Pluviométricos

Após análise de consistência dos dados, observou-se a inexistência de dados pluviométricos nos seguintes dias: 27 de Outubro de 1979; 13 de Março de 1980; 17 de Março de 1980; 27 de Junho de 1980; e 18 de Março de 1981.

Os postos pluviométricos escolhidos para preenchimento das falhas segundo a metodologia desenvolvida pelo National Weather Service, e que possuem histórico dos dados no período de análise, bem como o resultado obtido pela correção estão relacionados na tabela 5.5.1.1.

Tabela 5.5.1.1: Relação de precipitação e distância de postos pluviométricos.

	Posto	C4-019_5	C4-021	C4-101	C4-019_5gra	C4-092
	Distância (Km)	18,0	13,8	16,8	9,4	0,0
Precipitação (mm)	27/10/1979	16,0	11,6	1,6	0,0	5,0
	13/3/1980	1,2	4,1	4,6	0,2	1,9
	17/3/1980	10,2	12,6	0,0	9,7	8,9
	27/6/1980	16,8	18,0	12,9	10,2	13,3
	18/3/1981	52,0	6,2	8,5	0,0	9,6



Figura 5.5.1.1: Localização dos postos pluviométricos.

Com a correção das falhas existentes foi possível calcular a precipitação média para cada mês no período de 01 de Janeiro de 1974 a 31 de Dezembro de 2003, ou seja, 30 anos de observação (Tabela 5.5.1.2).

Tabela 5.5.1.2: Precipitação média mensal para 30 anos de observações.

Mês	Precipitação média (mm)	Mês	Precipitação média (mm)
<b>Janeiro</b>	264,8	<b>Julho</b>	23,8
<b>Fevereiro</b>	198,7	<b>Agosto</b>	27,5
<b>Março</b>	185,8	<b>Setembro</b>	70,9
<b>Abril</b>	76,5	<b>Outubro</b>	127,4
<b>Maio</b>	62,1	<b>Novembro</b>	160,6
<b>Junho</b>	34,0	<b>Dezembro</b>	257,0
<b>Média Mensal</b>	124,1	<b>Média Anual</b>	1489,0

Embora os registros de precipitação possam sugerir uma tendência de aumentar ou diminuir, existe na realidade uma tendência de voltar a média. Períodos úmidos, mesmo que irregularmente, são sempre contrabalanceados por períodos secos.

Em virtude das variações estacionais, define-se Ano Hidrológico, que é dividido em duas “estações”, o semestre úmido e o semestre seco.

Pode-se ver no quadro anterior, os valores de precipitação média de cada um dos meses do ano, assim como a precipitação média anual e a precipitação média mensal.

Define-se, portanto, como semestre úmido os meses de Outubro a Março, uma vez que a precipitação média mensal de cada um destes meses foi superior à precipitação média mensal (considerando-se os doze meses do ano) de 124,1 mm. No semestre seco, de Abril a Setembro, encontram-se os meses cuja precipitação média foi inferior à média mensal citada de 124,1 mm. Pode-se visualizar graficamente estes dados na figura 5.5.1.2.

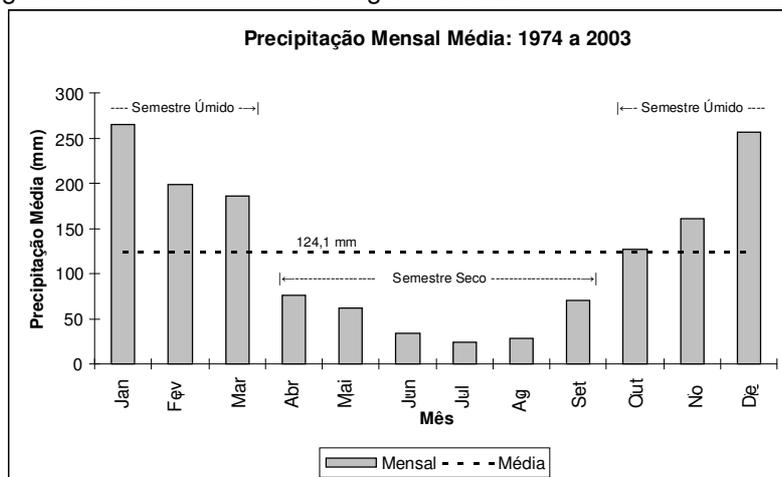


Figura 5.5.1.2: Caracterização do ano hidrológico.

### 3.5.2. Dados de Temperatura

A análise dos dados de temperatura do posto meteorológico 83.726, estabelecida pelo Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, fornece a temperatura média mensal em °C para o período de 1961 a 1990, ou seja, 30 anos, demonstrado na tabela 5.5.2.1.

Tabela 5.5.2.1: Temperaturas médias mensais de São Carlos, SP, para 30 anos de observações.

TEMPERATURA MÉDIA MENSAL SÃO CARLOS - SP			
Mês	Temperatura Média (°C)	Mês	Temperatura Média (°C)
Janeiro	21,6	Julho	16,0
Fevereiro	21,9	Agosto	17,8
Março	21,7	Setembro	19,6
Abril	20,2	Outubro	19,7
Maio	18,1	Novembro	21,1
Junho	16,7	Dezembro	21,4
ANO			19,6

## 3.6. Vazões

### 3.6.1. Vazão real coletada

O canal natural cuja coleta foi realizada apresenta pequenas profundidades em toda a sua largura, resultando na medição de apenas um ponto de velocidade em cada vertical.

Tabela 5.6.1.1: Cálculo da descarga líquida do córrego da lagoinha.

Vertical	Dist. do Ponto Inicial	Larg. entre Verticais	Prof. na Vertical	Número de Sinais	Tempo	Vel. na Vertical	Vel. Média na Vertical	Area do Seguimento	Descarga
-	m	m	m	-	s	m/s	m/s	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s
1	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-
2	1,30	0,30	0,25	0	0,0	0,00	0,00	0,08	0,000
3	1,60	0,30	0,25	0	0,0	0,00	0,00	0,08	0,000
4	1,90	0,30	0,30	10	34,2	0,08	0,08	0,09	0,007
5	2,20	0,30	0,31	10	27,4	0,10	0,10	0,09	0,009
6	2,50	0,30	0,23	20	45,5	0,12	0,12	0,07	0,008
7	2,80	0,30	0,25	20	42,3	0,13	0,13	0,08	0,010
8	3,10	0,30	0,20	30	44,2	0,18	0,18	0,06	0,011
9	3,40	0,30	0,19	30	42,4	0,19	0,19	0,06	0,011
10	3,70	0,30	0,20	10	52,1	0,06	0,06	0,06	0,004
11	4,00	-	-	-	-	-	-	-	-

No ponto de coleta temos os seguintes resultados:

Largura do canal: 4,00 m

Profundidade média: 0,21m

Velocidade média da água na vertical: 0,09 m/s

Área do seguimento: 0,65 m<sup>2</sup>

Descarga líquida total: 0,060 m<sup>3</sup>/s

### 3.6.2. Vazões previstas

Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo – SIGRH.

Dados de Entrada:

- Área da Bacia Hidrográfica: 2,14 Km<sup>2</sup>
- Longitude do Meridiano Central: 51°
- Localização: 21° 54' 11,09"S e 47° 47' 32,55"O
- Precipitação Anual Média: 1489,0 mm

Dados de Saída:

- Vazão Média Plurianual: 0,032 m<sup>3</sup>/s
- Vazão Firme: 0,016 m<sup>3</sup>/s
- Vazão Q<sub>7,10</sub>: 0,008 m<sup>3</sup>/s
- Curva de Permanência: Figura 5.6.2.1.

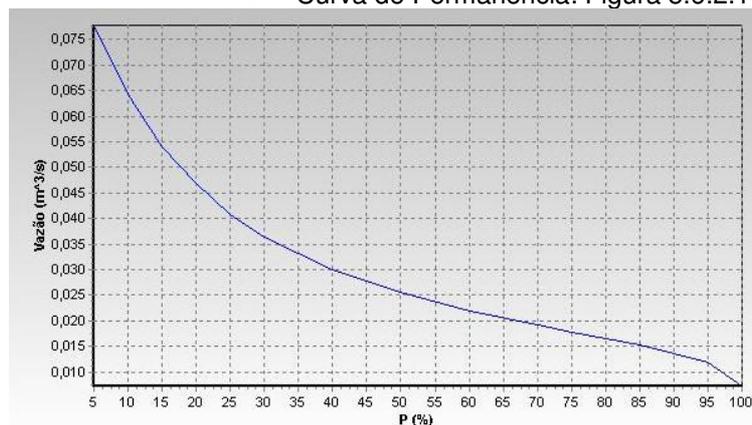


Figura 5.6.2.1: Vazão para “P(%)” de permanência (m<sup>3</sup>/s).

Neste gráfico podemos relacionar a vazão real coletada e concluir que esta corresponde a uma permanência de 12%, ou seja, a descarga líquida encontrada só ocorre no Córrego da Lagoinha em 12% do tempo analisado pelo sistema. Este evento pode ser explicado devido a ocorrência de precipitações nos dois dias anteriores a data de coleta, 1 de Outubro de 2009.

### 3.7. Volume total disponível para outorga

No estado de São Paulo a lei 7.663 de 30 de dezembro de 1991 estabelece que a vazão máxima permitida para outorga corresponda a 80% da vazão de referencia. Como a lei não determina qual a vazão de referencia, usa-se comumente, segundo o DAEE, a vazão Q<sub>7,10</sub> a partir da regionalização hidrológica

realizada para todo o estado. Portanto, a vazão disponível para outorga no assentamento é de 80% da vazão  $0,008 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{7,10}$ , encontrada anteriormente, ou seja,  $0,0064 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### 3.8. Volume de água requerido

#### 3.8.1. Horticultura

Os resultados para a lâmina de água total necessária são apresentados na tabela 5.8.1.2, para os quatro estádios das três culturas em estudo, alface, cenoura e repolho, supondo eficiência de irrigação em 50% e 95%. Os dados iniciais para os cálculos estão contidos na tabela 4.6.1.1 e tabela 5.8.1.1.

Tabela 5.8.1.1: dados de horas de luz solar, temperatura, evapotranspiração do cultivo de referência e precipitação média respectivamente.

Mês	Luz(%)	T(°C)	Eto(mm)	Pe (mm)
Janeiro	9,35	21,6	168,9171	264,8
Fevereiro	8,12	21,9	147,8165	198,7
Março	8,59	21,7	155,5821	185,8
Abril	7,86	20,2	136,9369	76,5
Mai	7,75	18,1	127,534	62,1
Junho	7,33	16,7	115,902	34,0
Julho	7,62	16	118,0338	23,8
Agosto	7,95	17,8	129,7281	27,5
Setembro	8,11	19,6	139,0541	70,9
Outubro	8,83	19,7	151,8054	127,4
Novembro	8,97	21,1	159,9889	160,6
Dezembro	9,42	21,4	169,3151	257,0

A época com maior deficiência hídrica corresponde ao semestre seco do ano hidrológico, com ênfase para o mês de Agosto que possui o maior déficit de lâmina de água em relação aos demais. Com relação ao período de desenvolvimento das culturas analisadas, o estágio III é o que necessita de uma maior quantidade de água devido ao alto valor do coeficiente das culturas em análise.

A maior lâmina de água total necessária para as hortaliças estudadas corresponde à cenoura, 222,64mm, no mês de Agosto para o estágio III de desenvolvimento com eficiência de 50% da irrigação, considerada assim a situação de maior consumo de água no estudo.

Para a área de  $102.146 \text{ m}^2$  destinada ao uso coletivo pelos assentados, durante o estágio III de desenvolvimento dos vegetais, a tabela 5.8.1.3 relaciona a vazão média necessária para manutenção das culturas estudadas, supondo o uso total da área para o plantio de apenas uma das hortaliças, segundo a equação:

$$\bar{Q} = LTN(m) \times \text{Área}$$

Para a horticultura, no caso dos três vegetais estudados, o maior consumo de água diário requerido se dá no mês de Agosto para o cultivo de cenoura,  $733,62 \text{ m}^3/\text{dia}$  ou  $0,0085 \text{ m}^3/\text{s}$  para um eficiência de irrigação de 50% e,  $386,12 \text{ m}^3/\text{dia}$  ou  $0,0045 \text{ m}^3/\text{s}$  para a eficiência máxima de 95%.

Ressalva-se que os valores de vazão encontrados para manutenção das culturas consideram o valor total de água necessária, desprezando a disponibilidade presente ou armazenada ao longo das regas no solo. Portanto os valores aqui determinados levam em consideração o valor fictício de 0,00 mm de água no solo.

#### 3.8.2. Granja de Frangos

Os resultados utilizados neste trabalho foram os obtidos pela Embrapa Suínos e Aves (frangos de corte).

O maior consumo possível requerido para dessedentação de 12.000 aves equivale a  $3,432 \text{ m}^3/\text{dia}$ . O montante de aves escolhido corresponde a capacidade de instalação de barracões convencionais como a já existente no assentamento.

### 3.9. Utilização do Recurso: cenários futuros

A vazão total requerida para suporte aos futuros empreendimentos agrícola compreende a somatória das vazões requeridas pela horticultura irrigada e a vazão necessária para a dessedentação das aves na criação de frango de corte.

Diversos são os cenários futuros dependentes da eficiência do sistema de irrigação, podendo a vazão requerida final variar em torno de 3,5 L/s dependendo dos casos analisados.

Para elaboração dos cenários futuros foram utilizados três valores de eficiências para o sistema de irrigação: a eficiência mínima e máxima atingidas pelos sistemas de irrigação atuais, 50% para superficial e 95% para gotejamento, respectivamente; e a eficiência mínima requerida pelo assentamento para garantir a irrigação ao longo de todo o ano e a criação de frangos de corte.

A Figura 5.9.1 demonstra as vazões requeridas para a manutenção da monocultura das hortaliças estudadas, com a eficiência da irrigação em 50%, durante o terceiro estágio de desenvolvimento, por assim exigir a maior vazão, somada ao montante requerido para a criação de 12.000 frangos de corte na 8ª semana de desenvolvimento.

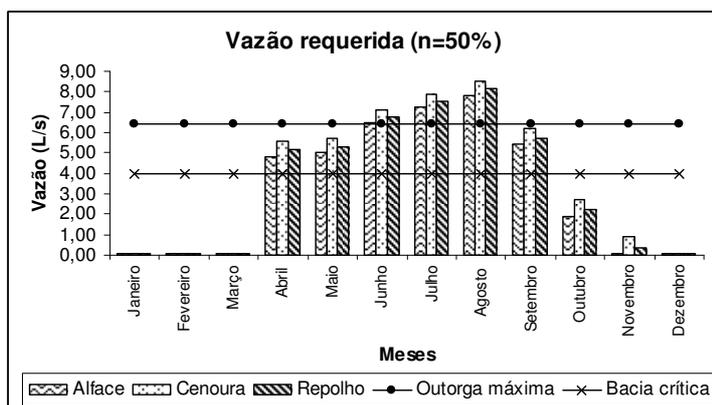


Figura 5.9.1: somatória das vazões requeridas para irrigação, com 50% de eficiência, das monoculturas de hortaliças e dessoragem de 12.000 frangos de corte na 8ª semana de desenvolvimento.

Na situação analisada, para os meses de abril a setembro as vazões necessárias para dar suporte aos empreendimentos excedem 50% da vazão Q7,10, ou seja, durante estes meses a bacia hidrográfica estudada se enquadra em um cenário crítico de utilização de suas água. As vazões requeridas para os meses de junho, julho e agosto são ainda piores, extrapolando o montante máximo permitido para outorga. Nestes três meses não seria possível, na teoria, a manutenção das culturas e da criação de frangos ao mesmo tempo apenas com a água disponível no manancial em questão. A alternativa, caso seja adotado um sistema de irrigação com esta eficiência, seria o cultivo da alface e a criação de frangos durante o mês de junho. Salienta-se que no decorrer deste mês existe vazão necessária para ambos, e a manutenção apenas da criação de frangos durante os meses de julho e agosto.

O pedido de outorga, neste caso, exigiria a vazão máxima permitida, ou seja, 80% da Q7,10, 0,064 L/s, caracterizando assim a pior das situações analisadas.

Assim como anteriormente, a figura 5.9.2 demonstra as vazões requeridas para a manutenção da monocultura das hortaliças estudadas, com a eficiência da irrigação em 95%, durante o terceiro estágio de desenvolvimento, por assim exigir a maior vazão, juntamente com o montante requerido para a criação de 12.000 frangos de corte na 8ª semana de desenvolvimento.

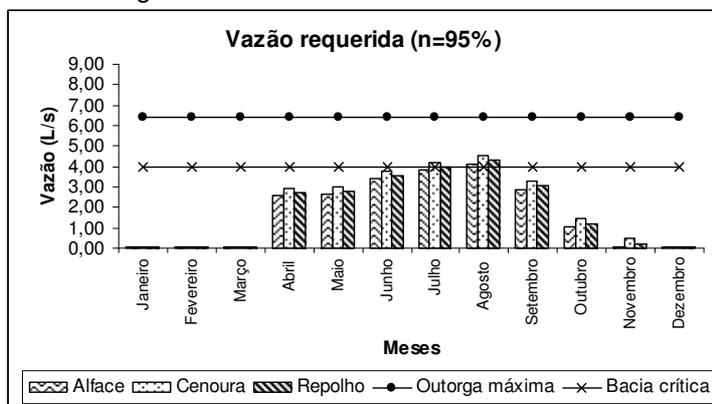


Figura 5.9.2: somatória das vazões requeridas para irrigação, com 95% de eficiência, das monoculturas de hortaliças e dessoragem de 12.000 frangos de corte na 8ª semana de desenvolvimento.

Neste segundo caso em que se atinge a eficiência máxima de irrigação por gotejamento é possível a manutenção dos empreendimentos ao longo de todo o ano.

Todos os meses, com exceção de julho e agosto, se mantém abaixo de 50% da vazão Q7,10, abaixo da vazão crítica para utilização das águas do manancial. Porém, neste cenário considerado o melhor entre os estudados na questão ambiental por exigir a menor vazão de outorga, aproximadamente 4,5 L/s, exige equipamentos caros e mão de obra especializada para manutenção da alta eficiência requerida.

Como a preservação do meio ambiente está assegurada por diversas leis, as quais, dentre outras normas, estabelecem a vazão máxima permitida para outorga, optou-se pelo fator econômico como limitante para a elaboração de um terceiro cenário.

Nas diversas formas de irrigação utilizadas atualmente, a eficiência atingida está diretamente relacionada com o custo de manutenção do sistema, desta forma foi considerada a eficiência mínima requerida pelo assentamento para garantir a irrigação e a criação de frangos de corte ao longo de todo o ano, ambos em seus respectivos períodos de maior consumo, como demonstrado na figura 5.9.3. A eficiência mínima necessária a manutenção dos empreendimentos foi estabelecida em 69%.

Tabela 5.8.1.2: Resultados de lâmina de água total necessária, LTN, para eficiências de 50% e 95%, nas culturas de alface, cenoura e repolho.

Hortaliça	Mês	Estágio de desenvolvimento															
		I				II				III				IV			
		Etc (mm)	LRN (mm)	LTN (mm)		Etc (mm)	LRN (mm)	LTN (mm)		Etc (mm)	LRN (mm)	LTN (mm)		Etc (mm)	LRN (mm)	LTN (mm)	
50%	95%			50%	95%			50%	95%			50%	95%				
Alface	Janeiro	92,90	-171,85	-	-	126,69	-138,06	-	-	168,92	-95,83	-	-	160,47	-104,28	-	-
	Fevereiro	81,30	-117,43	-	-	110,86	-87,87	-	-	147,82	-50,92	-	-	140,43	-58,31	-	-
	Março	85,57	-100,22	-	-	116,69	-69,11	-	-	155,58	-30,21	-	-	147,80	-37,99	-	-
	Abril	75,32	-1,16	-	-	102,70	26,22	52,45	27,60	136,94	60,46	120,91	63,64	130,09	53,61	107,22	56,43
	Maio	70,14	8,03	16,06	8,45	95,65	33,54	67,07	35,30	127,53	65,42	130,84	68,86	121,16	59,04	118,09	62,15
	Junho	63,75	29,77	59,54	31,34	86,93	52,95	105,90	55,74	115,90	81,93	163,85	86,24	110,11	76,13	152,26	80,14
	Julho	64,92	41,16	82,31	43,32	88,53	64,76	129,52	68,17	118,03	94,27	188,54	99,23	112,13	88,37	176,74	93,02
	Agosto	71,35	43,86	87,73	46,17	97,30	69,81	139,62	73,48	129,73	102,24	204,48	107,62	123,24	95,76	191,51	100,79
	Setembro	76,48	5,63	11,25	5,92	104,29	33,44	66,87	35,20	139,05	68,20	136,40	71,79	132,10	61,25	122,50	64,47
	Outubro	83,49	-43,94	-	-	113,85	-13,58	-	-	151,81	24,38	48,75	25,66	144,22	16,79	33,57	17,67
	Novembro	87,99	-72,60	-	-	119,99	-40,60	-	-	159,99	-0,60	-	-	151,99	-8,60	-	-
	Dezembro	93,12	-163,90	-	-	126,99	-130,03	-	-	169,32	-87,70	-	-	160,85	-96,17	-	-
Cenoura	Janeiro	92,90	-171,85	-	-	130,07	-134,68	-	-	180,74	-84,01	-	-	130,07	-134,68	-	-
	Fevereiro	81,30	-117,43	-	-	113,82	-84,91	-	-	158,16	-40,57	-	-	113,82	-84,91	-	-
	Março	85,57	-100,22	-	-	119,80	-66,00	-	-	166,47	-19,32	-	-	119,80	-66,00	-	-
	Abril	75,32	-1,16	-	-	105,44	28,96	57,92	30,49	146,52	70,04	140,09	73,73	105,44	28,96	57,92	30,49
	Maio	70,14	8,03	16,06	8,45	98,20	36,09	72,18	37,99	136,46	74,35	148,70	78,26	98,20	36,09	72,18	37,99
	Junho	63,75	29,77	59,54	31,34	89,24	55,27	110,54	58,18	124,02	90,04	180,08	94,78	89,24	55,27	110,54	58,18
	Julho	64,92	41,16	82,31	43,32	90,89	67,12	134,25	70,66	126,30	102,53	205,07	107,93	90,89	67,12	134,25	70,66
	Agosto	71,35	43,86	87,73	46,17	99,89	72,40	144,81	76,21	138,81	111,32	222,64	117,18	99,89	72,40	144,81	76,21
	Setembro	76,48	5,63	11,25	5,92	107,07	36,22	72,44	38,12	148,79	77,93	155,87	82,04	107,07	36,22	72,44	38,12
	Outubro	83,49	-43,94	-	-	116,89	-10,54	-	-	162,43	35,00	70,00	36,84	116,89	-10,54	-	-
	Novembro	87,99	-72,60	-	-	123,19	-37,40	-	-	171,19	10,60	21,20	11,16	123,19	-37,40	-	-
	Dezembro	93,12	-163,90	-	-	130,37	-126,65	-	-	181,17	-75,85	-	-	130,37	-126,65	-	-
Repolho	Janeiro	76,01	-188,74	-	-	126,69	-138,06	-	-	173,98	-90,77	-	-	146,96	-117,79	-	-
	Fevereiro	66,52	-132,22	-	-	110,86	-87,87	-	-	152,25	-46,48	-	-	128,60	-70,13	-	-
	Março	70,01	-115,78	-	-	116,69	-69,11	-	-	160,25	-25,54	-	-	135,36	-50,44	-	-
	Abril	61,62	-14,86	-	-	102,70	26,22	52,45	27,60	141,05	64,57	129,13	67,96	119,14	42,66	85,31	44,90
	Maio	57,39	-4,72	-	-	95,65	33,54	67,07	35,30	131,36	69,25	138,49	72,89	110,95	48,84	97,68	51,41
	Junho	52,16	18,18	36,36	19,14	86,93	52,95	105,90	55,74	119,38	85,40	170,80	89,90	100,83	66,86	133,72	70,38
	Julho	53,12	29,35	58,70	30,90	88,53	64,76	129,52	68,17	121,57	97,81	195,62	102,96	102,69	78,93	157,85	83,08
	Agosto	58,38	30,89	61,78	32,52	97,30	69,81	139,62	73,48	133,62	106,13	212,27	111,72	112,86	85,38	170,75	89,87
	Setembro	62,57	-8,28	-	-	104,29	33,44	66,87	35,20	143,23	72,37	144,74	76,18	120,98	50,12	100,25	52,76
	Outubro	68,31	-59,12	-	-	113,85	-13,58	-	-	156,36	28,93	57,86	30,45	132,07	4,64	9,28	4,88
	Novembro	72,00	-88,59	-	-	119,99	-40,60	-	-	164,79	4,20	8,40	4,42	139,19	-21,40	-	-
	Dezembro	76,19	-180,83	-	-	126,99	-130,03	-	-	174,39	-82,63	-	-	147,30	-109,72	-	-

Eto: evapotranspiração do cultivo de referência. LRN: lâmina de água real necessária. LTN: lâmina de água total necessária.

Tabela 5.8.1.3: Vazão diária média para manutenção das hortaliças durante o estágio III de desenvolvimento dos vegetais.

Hortaliça	Mês	Área de cultivo (m <sup>2</sup> ): 102146		Estádio de Desenvolvimento III			
		Eficiência de irrigação 50%			Eficiência de irrigação 95%		
		LTN (mm)	Vazão (m <sup>3</sup> /dia)	Vazão (L/s)	LTN (mm)	Vazão (m <sup>3</sup> /dia)	Vazão (L/s)
Alface	Abril	120,91	411,70	4,764994	63,64	216,68	2,507892
	Maio	130,84	431,13	4,989889	68,86	226,91	2,626257
	Junho	163,85	557,89	6,457053	86,24	293,63	3,398449
	Julho	188,54	621,25	7,190376	99,23	326,97	3,784408
	Agosto	204,48	673,78	7,798352	107,62	354,62	4,104396
	Setembro	136,40	464,43	5,375333	71,79	244,44	2,829123
	Outubro	48,75	160,64	1,859204	25,66	84,54	0,978528
	Novembro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cenoura	Abril	140,09	476,97	5,520495	73,73	251,04	2,905524
	Maio	148,70	489,96	5,670815	78,26	257,87	2,984640
	Junho	180,08	613,14	7,096501	94,78	322,70	3,735001
	Julho	205,07	675,70	7,820578	107,93	355,63	4,116094
	Agosto	222,64	733,62	8,490993	117,18	386,12	4,468944
	Setembro	155,87	530,71	6,142514	82,04	279,32	3,232902
	Outubro	70,00	230,66	2,669719	36,84	121,40	1,405115
	Novembro	21,20	72,17	0,835307	11,16	37,98	0,439635
Repolho	Abril	129,13	439,67	5,088780	67,96	231,41	2,678305
	Maio	138,49	456,34	5,281714	72,89	240,18	2,779850
	Junho	170,80	581,57	6,731102	89,90	306,09	3,542685
	Julho	195,62	644,58	7,460463	102,96	339,25	3,926559
	Agosto	212,27	699,43	8,095198	111,72	368,12	4,260631
	Setembro	144,74	492,84	5,704125	76,18	259,39	3,002171
	Outubro	57,86	190,65	2,206567	30,45	100,34	1,161351
	Novembro	8,40	28,59	0,330917	4,42	15,05	0,174167

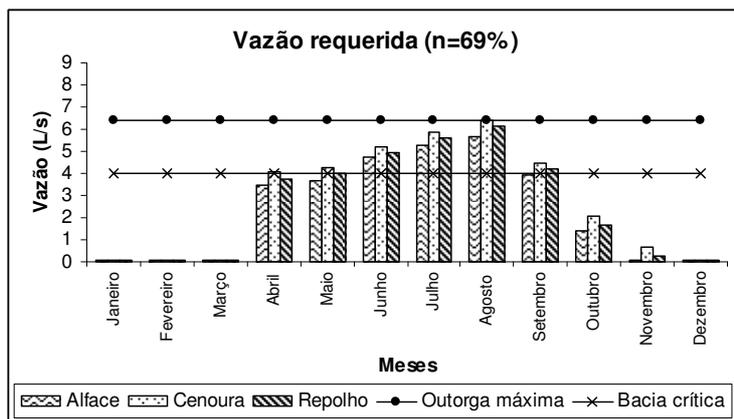


Figura 5.9.3: somatória das vazões requeridas para irrigação, com 69% de eficiência, das monoculturas de hortaliças e dessedentação de 12.000 frangos de corte na 8ª semana de desenvolvimento.

Durante o semestre seco do ano hidrológico praticamente todos os meses ultrapassaram a vazão crítica estabelecida para a bacia hidrográfica, atingindo, como na hipótese de 50% de eficiência, o valor máximo permitido de 6,4 L/s para o pedido de outorga de uso das águas.

Nesta situação foi atingida a eficiência mínima requerida para a manutenção do pior cenário, monocultura de cenoura e criação de frango, e a melhor técnica de irrigação utilizada para este caso é a aspersão, segundo Resolução Nº 707, de 21 de Dezembro de 2004, é também a técnica mais utilizada atualmente no Brasil, correspondendo a uma eficiência entre 70% e 80%, segundo Marouelli (1996).

#### 4. CONCLUSÕES

No mapa gerado a partir do levantamento dos dados in situ foi possível o cálculo da área e do volume de armazenagem conforme a cota de fundo da represa. Ambos os parâmetros diminuem conforme a cota se aproxima do ponto mais profundo da represa. A plotagem destes valores, para intervalos regulares entre cotas, fornece a base de dados para cálculo rápido e eficiente de ambos os parâmetros para uma determinada cota. Estes cálculos são feitos a partir da leitura dos gráficos gerados ou ainda pela resolução de polinômios gerados a partir da dispersão dos valores levantados. A maior área ocupada pelo espelho d'água equivale a 4.388 m<sup>2</sup> e possui um volume de aproximadamente 4.353 m<sup>3</sup>.

Os cenários elaborados apontaram que a capacidade de reservação de água na represa é deficiente, não demonstrando a capacidade para ser utilizada como reservatório de armazenagem devido à localização de seu vertedor próximo a superfície referente à cota 0,00 m. Este reduz o volume passível de uso para aproximadamente ¼ da capacidade máxima levantada, 1.153 m<sup>3</sup>. A utilização da represa se daria, por exemplo, como "poço de sucção" da bomba responsável pela vazão requerida para irrigação e pecuária.

O cálculo da vazão requerida para a irrigação e manutenção das culturas de alface, cenoura e repolho foi baseado na lâmina d'água total exigida por cultura. Em todos os momentos dos cálculos foi desprezado o acúmulo de água retida no solo ao longo das irrigações, e que, portanto, diminuiriam o valor total a ser captado do manancial. No entanto os cenários criados a partir de dados meteorológicos reais e pela regionalização hidrológica do estado de São Paulo, confirmaram, baseando-se na comparação com valores estipulados em leis federais e estaduais, a capacidade do recurso hídrico estudado em sustentar a irrigação das culturas estudadas, desde que estabelecidos sistemas de rega com eficiência superior a 69%, além da capacidade de suprir o consumo na dessedentação de frangos de corte.

A eficiência encontrada corresponde à utilização de 100% da vazão disponível para outorga, ou seja, 80% da vazão Q<sub>7,10</sub>, 6,4 L/s.

Por fim pode-se afirmar que o volume de água disponível ao longo de um ano para outorga é suficiente para a manutenção das necessidades do assentamento para sistemas de irrigação com eficiência superiores a 69%.

#### 5. REFERÊNCIAS:

AGUIAR, M. C. P. **Caracterização de ictiofauna bioindicadora da vazão ecológica para o Baixo Curso**

**do Rio São Francisco.** 2009. Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Resolução nº 707, de 21 de dezembro de 2004,** 2004.

ARNÉZ, F. A. **Análise de critérios de outorga do uso da água na bacia do rio Santa Maria, RS.** Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. 162 p.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1986. 488 p.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, 1988. Diário Oficial.

BRASIL. **Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Código de águas**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Rio Janeiro, DF, 1934.

BRASIL. **Lei nº 9433, de 8 de Janeiro de 1997, Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Diário Oficial, Brasília, 9 jan. 1997.

BUFFON, A. G. M. **Variação temporal da taxa de sedimentação na represa Velha (CEPTA/IBAMA/SP) e a sua influência sobre as características limnológicas do sistema. Um estudo de impacto ambiental**. Pirassununga - SP. Monografia. Faculdade de Engenharia de Agrimensura de Pirassununga. 85p. 1999.

DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de cálculo das vazões máximas, médias e mínimas nas bacias hidrográficas do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1994. 64 p.

DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas**. São Paulo, 2005. 116 p.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop and Water Requirements**. Food and Agricultural Organization of the United Nations. FAO/ Rome. Paper 24, 1976.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA SUÍNOS E AVES. **Estimando o consumo de água de suínos, aves e bovinos em uma propriedade**. Concórdia, SC, 2005.

GALIZONI, F.M.; RIBEIRO, E. M. **“As águas da comunidade – representações simbólicas da água em populações rurais de diferentes regiões de Minas Gerais”**. Anais do XLI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural (SOBER), 2003.

MARQUELLI, W.A; SILVA, H. R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 72 p.

MARQUELLI, W. A.; CARVALHO E SILVA, W. L.; SILVA, H. R. **Manejo da irrigação em hortaliças**.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças, Brasília, 1994, 60 p.

- MENDONÇA, A. S. **Introdução: (Razões para a quantificação)**. In: Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas / organizada por João Batista Dias de Paiva e Eloiza Maria Cauduro Dias de Paiva. – Reimpressão rev. aum. – Porto Alegre: ABRH, 2003. 32 p.
- PALHARES, J. C. P. **Impacto ambiental causado pela produção de frango de corte e aproveitamento racional de camas**. In: CONFERÊNCIA APINCO 2005 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS. 2005, Santos. Anais... Campinas: Facta, 2005. p.43-60.
- PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. **Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.4, n.3, p.465-473, 2000.
- SANTOS, I.; FILL, H. D.; KISHI, R. T.; MARONE, E.; LAUTERT, L. F. **Hidrometria Aplicada**. Lactec, Curitiba, 2001, 372 p.
- SANTOS, R. F.; **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de textos, 2004.
- SÃO PAULO. **Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991. Dispõe sobre Política Estadual de Recursos Hídricos**. Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, 02 jan. 1992. 11 p.
- SÃO PAULO. **Decreto nº 41.258, de 31 de outubro de 1996. Dispõe sobre regulamentação do processo de outorga de direitos de uso de recursos hídricos**. Disponível em: <http://sigrh.sp.gov.br>. Acesso em: 01 out. 2009.
- SÃO PAULO. **Portaria DAEE 717/96 de 12 de dezembro de 1996. Aprova a norma e os anexos de I a XVIII que disciplinam o uso dos recursos hídricos**. Disponível em: <http://sigrh.sp.gov.br>. Acesso em: 01 out. 2009.
- SHIMIDT, W. **Agricultura irrigada e o licenciamento ambiental**. Piracicaba, 2007. 126 p. : II. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.
- SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, W. A. **Manejo da irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. UFLA/SBEA, 1998. p. 311-348.
- VON SPERLING, E. **Morfologia de Lagos e Represas**. ISBN: 85-900885-1-0. 136 p., 1999.