

Análise agroclimática da área de influência do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, região noroeste do Estado de São Paulo. Página 1 de 27

ANÁLISES AGROCLIMÁTICA DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE ILHA SOLTEIRA, REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

FERNANDO BRAZ TANGERINO HERNANDEZ¹

Interessado: SEAP - Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca. Convênio SEAP/PR No. 080/2005

ÍNDICE

RESUMO	1
ANTECEDENTES	2
BASE DOS DADOS	5
AGROCLIMATOLOGIA	8
Ilha Solteira: Temperatura, Radiação Global, Insolação e Precipitação	8
Ilha Solteira: Umidade Relativa, Direção e Velocidade do Vento, Evaporação e Evapotranspiração	9
Evaporação do espelho d'água do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira	14
Marinópolis: Precipitação	16
VALORES EXTREMOS	16
Ilha Solteira: agosto de 1991 a agosto de 2007	16
Marinópolis: agosto de 1998 a agosto de 2007	17
BALANÇO HÍDRICO	18
INFLUÊNCIA DA AGROCLIMATOLOGIA SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS	20
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	25

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo a caracterização agroclimatológica da região de abrangência do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, imprescindível, pois associada à outros fatores permitem a modelagem e identificação de áreas próprias para o estabelecimento do Parque Aquícola, bem como prever os riscos que o

¹ Professor Adjunto e Chefe do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da UNESP Ilha Solteira - Área de Hidráulica e Irrigação. www.agr.feis.unesp.br/irrigacao.php e fbhttang@agr.feis.unesp.br.

empreendimento poderá se sujeitar em função dos fenômenos da natureza e ação antrópica, especialmente à ocupação do solo e ao uso de sistemas de irrigação na área da bacia hidrográfica que resultará no uso concorrencial pela água.

Como exemplos, a radiação incidente, ventos e temperatura influenciam a temperatura da água, enquanto que a chuva, especialmente as intensas combinadas pelo uso e ocupação do solo podem determinar a vida útil de um reservatório pelo assoreamento, além de afetar a qualidade da água.

Já a chuva combinada com a evapotranspiração, determina o balanço hídrico que influenciará o consumo de água para irrigação, pela população e assim associado com a evaporação da superfície livre de água afetará a disponibilidade de água no reservatório, ainda que este tem grandes dimensões.

Este trabalho sintetiza toda a série histórica diária disponível na região a partir de duas estações agroclimatológicas (Ilha Solteira e Marinópolis) e está ao alcance de qualquer interessado em www.agr.feis.unesp.br/clima.php.

ANTECEDENTES

A construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, maior usina da CESP e do Estado de São Paulo e terceira maior do Brasil, com sua barragem de 5.605 m de comprimento resultou na formação de um grande reservatório de acumulação, com um espelho d'água de grandes proporções, 122.354 hectares, inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná (Figura 1), abrindo a oportunidade para o estabelecimento de um Parque Aquícola, onde a produção de peixe em cativeiro pode ser consolidar em uma formidável alavanca para o desenvolvimento sócio-econômico de toda uma extensa região.

Para tanto, os fatores de clima, solo, disponibilidade e qualidade de água entre outros deve ser adequadamente caracterizados para que se possam estabelecer as melhores estratégias de produção.

Assim, a SEAP firmou convênio com a UNESP sobre interveniência da FEPISA para a caracterização de todos os fatores do meio físico/climático e a identificação das melhores áreas para se consolidar o Parque Aquícola do Reservatório de Ilha Solteira.

Um dos grandes problemas enfrentados no dimensionamento de projetos hidroagrícolas é a estimativa consistente das reais condições agroclimatológicas devido pela ausência no país de uma rede de estações agroclimatológicas que possa fornecer dados confiáveis e com série histórica aceitável. A utilização de dados inconsistentes pode resultar em projetos e/ou estruturas sub ou superestimadas, podendo até mesmo comprometer a viabilidade do empreendimento.

Com um volume e espelho d'água de água de grandes proporções disponível no Reservatório de Ilha Solteira, é importante considerar que a região noroeste do Estado de São Paulo, apresenta solos de boa fertilidade e topografia plana, boa rede de transporte formada por rodovias, ferrovias, hidrovia e aeroportos, eletrificação rural em elevada densidade e excelentes Escolas Técnicas Agropecuárias e Faculdades de

Análise agroclimática da área de influência do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, região noroeste do Estado de São Paulo.

Página 4 de 27

Nesta situação tem-se o mesmo clima influenciando as duas atividades econômicas, mas de maneira oposta, estabelecendo-se o uso múltiplo da água, mas que no futuro pode se tornar concorrencial, face ao elevado número de meses do ano com déficit hídrico dos solos e a necessidade de se retirar dos mananciais que abastecem a Represa da Usina de Ilha Solteira ou diretamente dela a água necessária para fazer funcionar os sistemas de irrigação.

Assim, o custo de implantação e de operação de sistemas de irrigação estão diretamente relacionados às estimativas da evapotranspiração das culturas irrigadas e por sua vez as condições agroclimáticas reinantes afetará a retirada da água dos mananciais.

Regiões e/ou Estados onde projetos hidroagrícolas se desenvolvem, como por exemplo, a agricultura irrigada, sempre representa uma parcela significativa da economia local e têm nas estações agroclimatológicas um importante instrumento não apenas para planejamento de novos projetos e/ou obras, mas também na manutenção e operação dos sistemas de irrigação. Apenas como exemplo, pode-se verificar que o Estado da Califórnia - Estados Unidos, mantém um programa - o CIMIS (California Irrigation Management Information System) - com 98 estações agroclimatológicas automáticas, que juntas recebem anualmente 72.000 pedidos de informações dos mais vários tipos de usuários. São ao todo 2.900 agricultores, profissionais, empresas e instituições cadastradas neste programa (CIMIS, 1998 e ECHING, 1998).

A região noroeste do Estado de São Paulo, onde se desenvolve o estudo de viabilidade técnico e econômica da implantação do Parque Aquícola é a mesma onde se acredita ser a agricultura irrigada o grande vetor de desenvolvimento sócio-econômico e ainda que as duas opções de atividades devam ser complementares do ponto de vista econômico, são concorrentes no insumo básico - a água.

Trata-se da região com os maiores índices de evapotranspiração do Estado de São Paulo, o que a torna grande consumidora dos recursos hídricos quando as culturas agrícolas são irrigadas. Segundo HERNANDEZ (1998) e HERNANDEZ et al (1995), apesar dos altos valores de evapotranspiração essa é uma região de grande aptidão para o desenvolvimento de uma agricultura irrigada de alto nível, uma vez que o inverno não é rigoroso.

Apesar da inexistência, na área de influência direta do projeto, de uma rede agrometeorológica de alta densidade, essa não apresenta acidentes geográficos de grande monta, isto é, a geomorfologia regional do Planalto Ocidental do Estado de São Paulo é constituída, em sua totalidade, na área do projeto, de relevos de colinas amplas e suaves onduladas. Esse fato por si só, faz com que as variáveis agroclimatológicas não devam apresentar variações significativas na área de interesse do futuro Parque Aquícola. Porém, é certo que existem variações climáticas, principalmente em se considerando a variabilidade espacial e temporal das precipitações pluviais entre os municípios. Isso faz com que a estimativa do valor da evapotranspiração das culturas a serem irrigadas, não devam sofrer grandes variações em função da distribuição espacial das áreas irrigadas atuais e futuras que neste documento vão estar melhor expressadas pelo balanço hídrico, que dirá em quais

meses do ano pode haver uma demanda maior pela água e no futuro oferecer uso concorrencial efetivo à produção confinada de peixe.

Este trabalho trata de fazer a caracterização agroclimatológica de toda a área de influência do que esperamos que no futuro seja o Parque Aquícola do Reservatório de Ilha Solteira.

BASE DOS DADOS

A disponibilidade de água em um reservatório ao longo do ano é função de entradas e saídas de água, enquanto que a temperatura da água tem na radiação e nos ventos suas principais fontes de aquecimento e/ou resfriamento. Em reservatórios de grande proporção como é o caso de Ilha Solteira, a evaporação assume também um componente importante tanto em relação à disponibilidade como na sensação térmica da região de influência do mesmo, enquanto que a velocidade e direção dos ventos afetam o manejo e operação dos tanques redes.

Todavia, a principal entrada de água em uma hidrográfica é proveniente das chuvas, enquanto que o consumo de água pela população está diretamente relacionado com as condições do tempo. Ou seja, quanto maior a temperatura ambiente e menor a umidade relativa, maior o consumo de água pela população.

Também é fonte de retirada de água de um reservatório ou seus afluentes as demandas por água para irrigação, função da evapotranspiração² evidenciada diariamente.

Assim, para este trabalho foi a base climática operada pela Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP Ilha Solteira, obtidas em estações agroclimatológicas automáticas posicionadas nos municípios de Ilha Solteira e Marinópolis como ilustra a Figura 2 e também explicita a divisão do espelho d'água em 4 sub-unidades.

As coordenadas geográficas da estação de Ilha Solteira são: Latitude 20° 25' 23,5" S e Longitude: 51° 21' 12,6" W e altitude de 335 m, enquanto que a estação de Marinópolis está instalada nas seguintes coordenadas: Latitude 20° 26' 46" S e Longitude 50° 48' 25" W. Estão distantes entre si em 54,65 km. O clima da região, representado por Ilha Solteira, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, apresentando temperatura média anual de 24,5°C, precipitação média anual de 1.232 mm e uma umidade relativa média anual de 64,8% (HERNANDEZ et al, 1995).

² Evapotranspiração é a quantidade de água perdida por evaporação do solo e transpiração das plantas e portanto, é a quantidade de água que deve ser repostada ao solo por irrigação - quando não há chuvas - para o perfeito desenvolvimento das culturas. Sua unidade é o mm (milímetro) que na prática, significa um litro de água por metro quadrado. Por exemplo, no caso de uma evapotranspiração de 5,0 mm/dia, significa que o irrigante deve entregar ao solo e às plantas 53.000 litros de água a cada hectares (10.000 metros quadrados irrigados) e este valor deverá ser subtraído do manancial.

Análise agroclimática da área de influência do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, região noroeste do Estado de São Paulo. Página 6 de 27

São estações agroclimatológicas automáticas (CR23X³ e CR10X) que operam com tempo de varredura de 10 segundos e integração de dados a cada hora, registrando-se os eventos máximos e mínimos e o horário de sua ocorrência. A visualização e detalhes dos equipamentos podem ser vistos na Figura 3 acessados em: <http://www.agr.feis.unesp.br/clima.php>.

Assim neste trabalho foi feita a caracterização agroclimatológica da região de influência do Reservatório da Usina Hidroelétrica de Ilha Solteira através dos valores diários médios e extremos da:

- Direção e velocidade do vento à 2,0 metros
- Evaporação da superfície livre de água
- Precipitação
- Pressão atmosférica
- Radiação líquida e global
- Insolação (número de horas de brilho do sol)
- Temperatura do ar à 2,0 metros
- Umidade relativa do ar à 2,0 metros
- Evapotranspiração de referência por Penman-Monteith (Allen et al, 1998)
- Balanço hídrico

Em relação aos dados de Marinópolis, considerando que se insere na mesma classificação climática, optou-se por apresentar apenas os dados de precipitação e o valores extremos registrados na base de dados, disponível na totalidade no Portal da Área de Hidráulica e Irrigação⁴ da UNESP Ilha Solteira.

O balanço hídrico foi elaborado empregando o método de THORNTHWAITE & MATHER (1955) através do programa "BHnorm" elaborado em planilha eletrônica por ROLIM et al. (1998) e SENTELHAS et al (1999), adotando-se uma capacidade de água disponível (CAD) de 100mm.

³ Sensores nas estações agrometeorológicas automáticas: Campbell 03001 Wind Sentry, Campbell Model 255-100 Analog Output Evaporation Gage), Campbell HFT-3 Soil Heat Flux Plate, Campbell CSI Model CS700-L Rain Gage, Campbell CS105 Barometric Pressure Sensor, LI-200X Pyranometer, Campbell Q-7.1 Net Radiometer e Campbell HMP45C Temperature and Relative Humidity Probe.

⁴ Canal CLIMA em <http://www.agr.feis.unesp.br/irrigacao.php>

Análise agroclimática da área de influência do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, região noroeste do Estado de São Paulo. Página 7 de 27

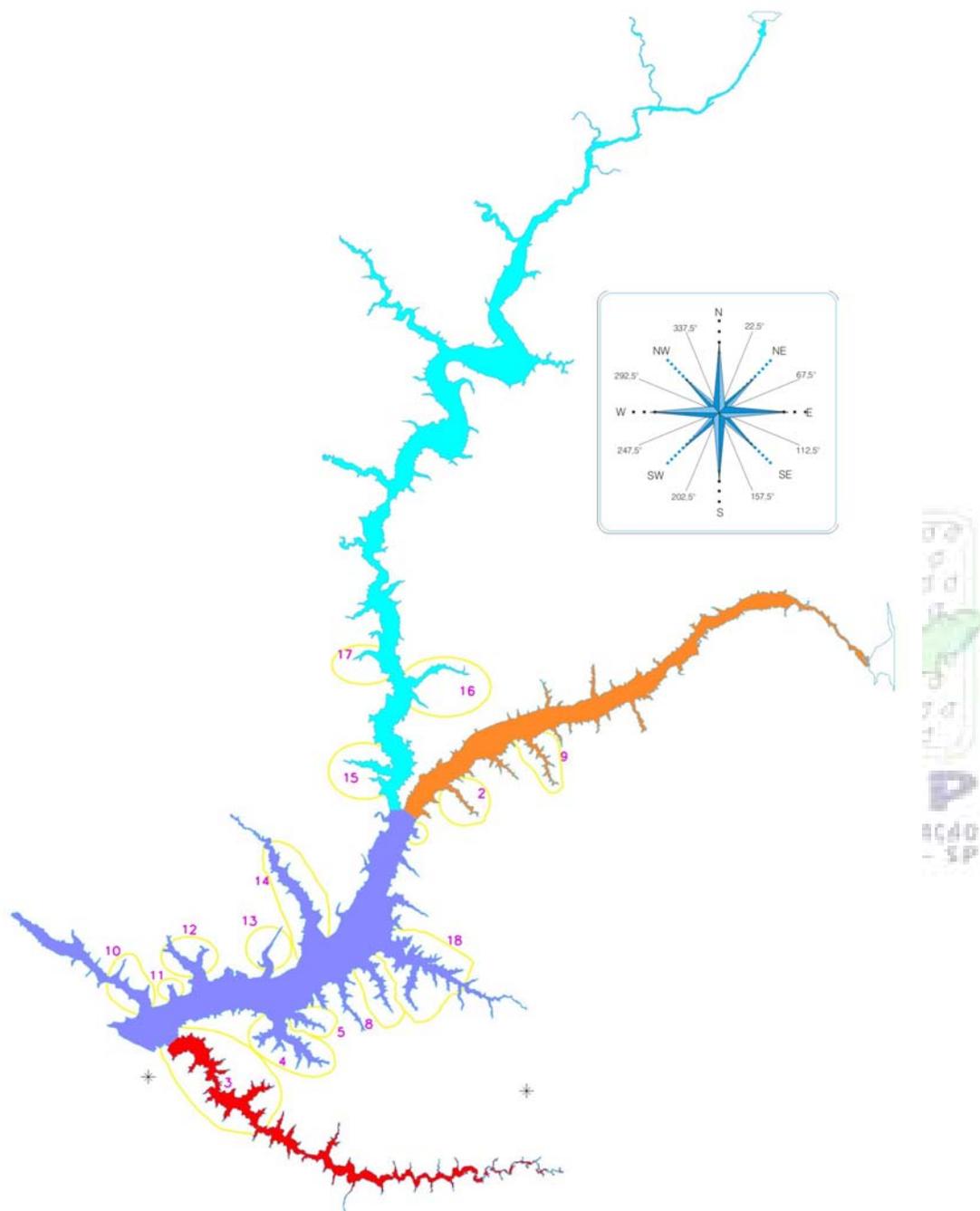


FIGURA 2 - Espelho d'água formado pelo Reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira e suas sub-divisões (São José dos Dourados, Leito Principal, Rio Grande e Rio Paranaíba), braços estudados para a implantação do Parque Aquícola e a localização das estações agrometeorológicas disponíveis na região em Ilha Solteira e Marinópolis e os braços estudados. (Fonte: Imagem CBERS, julho de 2006).

Das duas localidades, Ilha Solteira é a que possui uma base agroclimática mais abrangente iniciando as observações em 1967 pela CESP em caráter analógico, enquanto que a UNESP iniciaria registros em estações agroclimáticas automáticas em 1998. Assim, neste trabalho foram utilizados os dados apresentados por HERNANDEZ et al (1995) que compilam médias climáticas entre os anos de 1967 a 1993, sendo esta uma publicação base para os dados agroclimáticos de Ilha Solteira por permitir a composição de uma série de longa duração.

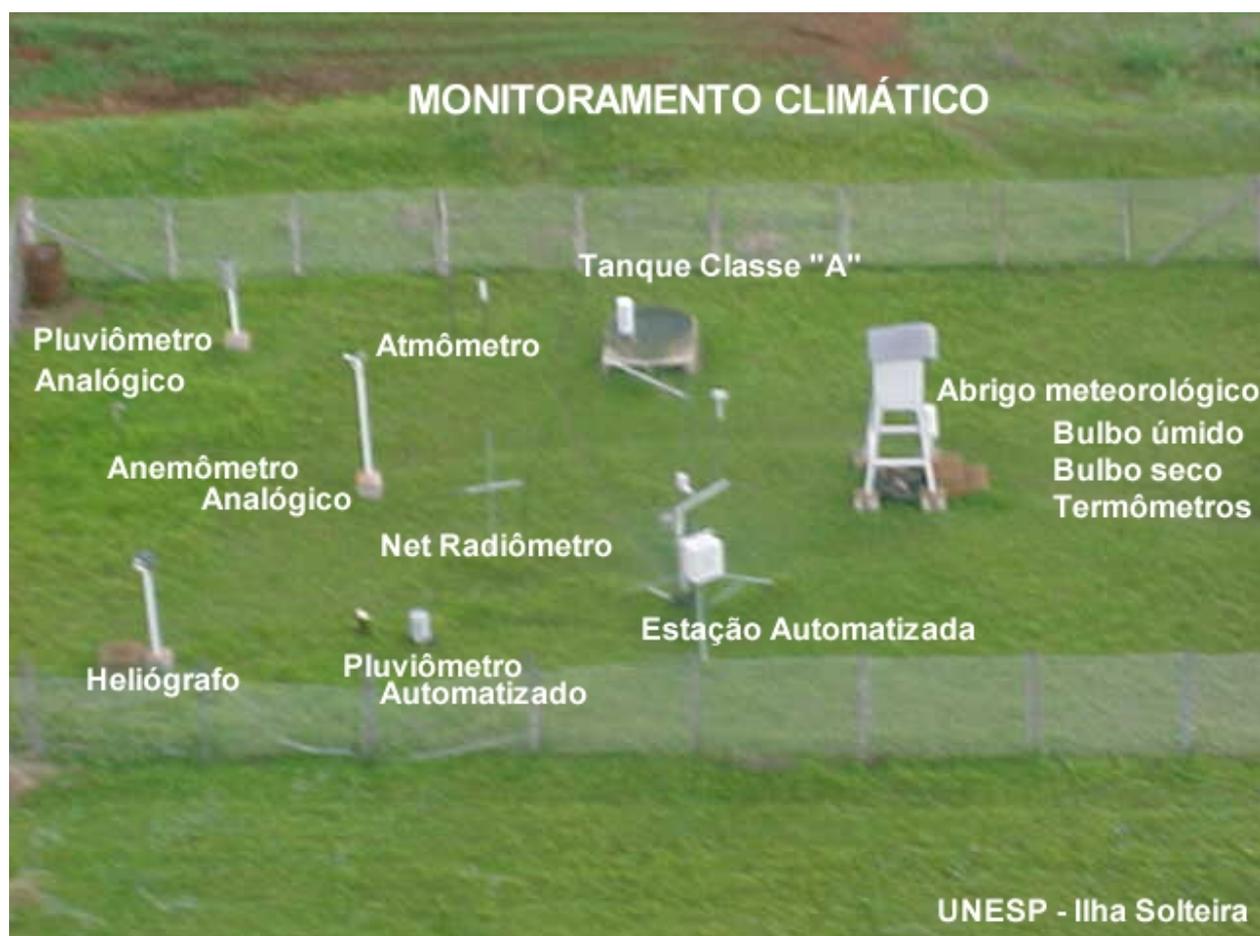


FIGURA 3 - Imagem aérea da estação agrometeorológica automática de Ilha Solteira.

AGROCLIMATOLOGIA

Ilha Solteira: Temperatura, Radiação Global, Insolação e Precipitação

Análise agroclimática da área de influência do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, região noroeste do Estado de São Paulo. Página 9 de 27

A Tabela 1 apresenta as médias e totais das variáveis Temperatura, Radiação Global, Insolação e Precipitação registradas em Ilha Solteira no período compreendido de 1967 a julho de 2007.

A temperatura média em 41 anos de registros é de 24,7°C, 0,2°C superior à registrada no trabalho de HERNANDEZ et al (1995) que compilaram os registros entre os anos de 1967 a 1993. A temperaturas mínimas e máximas médias é de 16,7°C (julho) e de 30,4°C em outubro, ilustradas na Figura 4 e 5.

A radiação global anual média incidente na região é 18,6 MJ/m².dia e o mês de maior incidência é novembro 22,2 MJ/m².dia.

A insolação média anual ou número de horas de brilho de sol é de 7,4 horas/dia, representando 2.701 horas anuais de brilho solar incidente sobre a região.

TABELA 1- Médias mensais e totais no período entre 1967 e 31 de julho de 2007 em Ilha Solteira - SP.

MESES	TEMPERATURA (°C)			RADIÇÃO GLOBAL* MJ/m ² .dia	INSOLAÇÃO** horas/dia	PRECIPITAÇÃO (mm)	
	MÉDIA	MÍNIMA	MÁXIMA			MÉDIA	MÁXIMA
Janeiro	26,4	23,1	30,0	19,7	6,8	225	540
Fevereiro	26,7	23,2	30,3	21,6	7,0	172	344
Março	26,6	23,1	30,2	20,2	7,3	136	336
Abril	25,1	21,5	28,9	18,8	8,1	80	91
Mai	22,5	18,6	26,4	15,5	7,8	66	138
Junho	21,6	17,4	25,8	14,1	7,6	31	56
Julho	21,5	16,7	26,1	15,4	8,2	20	44
Agosto	23,2	18,3	28,0	17,8	7,9	25	103
Setembro	24,3	19,7	28,8	18,8	6,7	67	138
Outubro	25,8	21,7	30,4	20,8	7,5	110	159
Novembro	26,1	21,9	29,4	22,2	7,6	141	199
Dezembro	26,4	22,3	29,2	21,8	6,3	187	326
Média ou Totais	24,7	20,6	28,6	18,6	7,4	1259	-

* Março de 2000 a julho de 2007.

** Insolação: Número de horas de brilho de sol no período entre 1967 e 1998.

A precipitação média incidente sobre a região de Ilha Solteira é de 1259 mm por ano, não apresentando diferenças do que haviam registrado HERNANDEZ et al (1995), observando-se que janeiro é o mês de maiores chuvas, sendo registrado o valor máximo de 540 mm/mês como ilustra a Figura 6.

Ilha Solteira: Umidade Relativa, Direção e Velocidade do Vento, Evaporação e Evapotranspiração

A umidade relativa média do ar na região de Ilha Solteira é de 62,5%, com média das mínimas mensais em 38,3% tendo os meses de agosto e setembro como os mais críticos do ano, conforme explicita a Tabela 2. A baixa umidade relativa do ar influencia

diretamente na evaporação da superfície livre de água, portanto tem-se uma perda de volume de água pelo processo evaporativa.

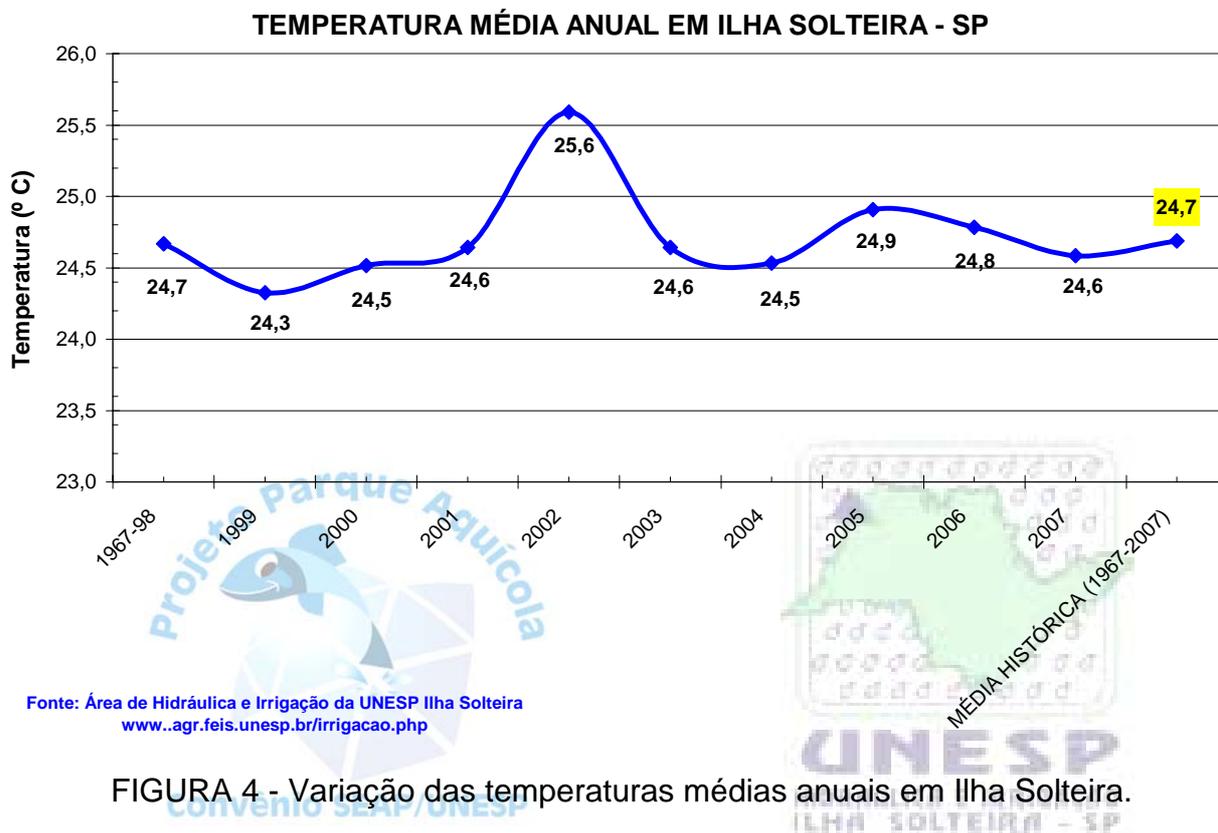


FIGURA 4 - Variação das temperaturas médias anuais em Ilha Solteira.

Na outra ponta, a elevação da radiação incidente e a baixa umidade relativa do ar também influencia também na evapotranspiração levando à uma aumento do déficit hídrico no solo e a necessidade de maior volume de água para a irrigação das culturas, levando neste momento à potencial conflito pelo uso da água se a retirada, seja por evaporação ou para irrigação for expressiva. Com a atual área irrigada na região não se verifica no momento potencial conflito nesta direção face ao grande volume de água armazenado.

Ainda na Tabela 2 se encontra as informações relativas à Direção e Velocidade dos Ventos, onde tem-se a predominância dos ventos na direção Sudeste, tendo apenas o mês de junho com a predominância de leste, ilustrados na Figura 7.

Em relação à velocidade do vento, segundo a classificação da FAO (DOORENBOS e KASSAN, 1988), estes podem ser considerados fracos ao longo dos meses do ano, sendo que somente os meses de agosto e setembro apresentam valores superiores à 2,0 m/s, o que os tornam moderados e podem oferecer riscos às embarcações e/ou manejo dos tanques-rede.

Análise agroclimática da área de influência do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, região noroeste do Estado de São Paulo. Página 11 de 27

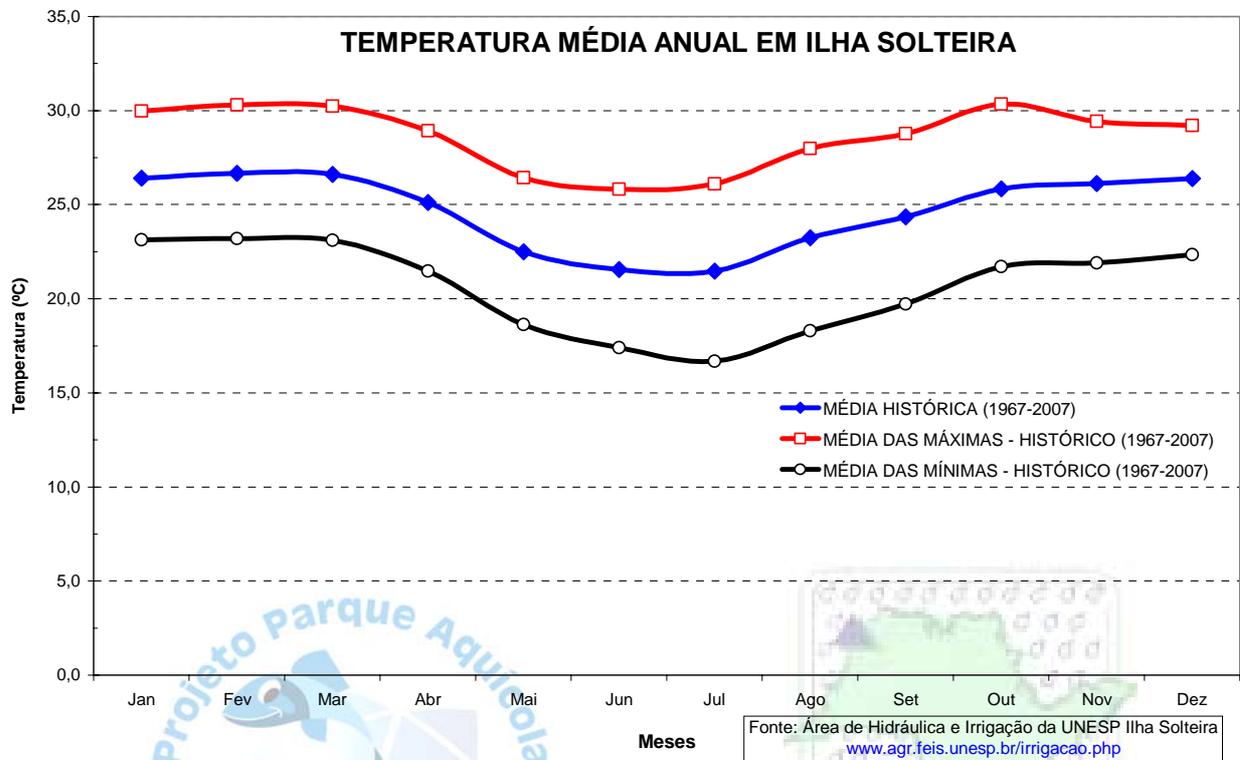


FIGURA 5 - Temperaturas médias e médias das máximas e mínimas.

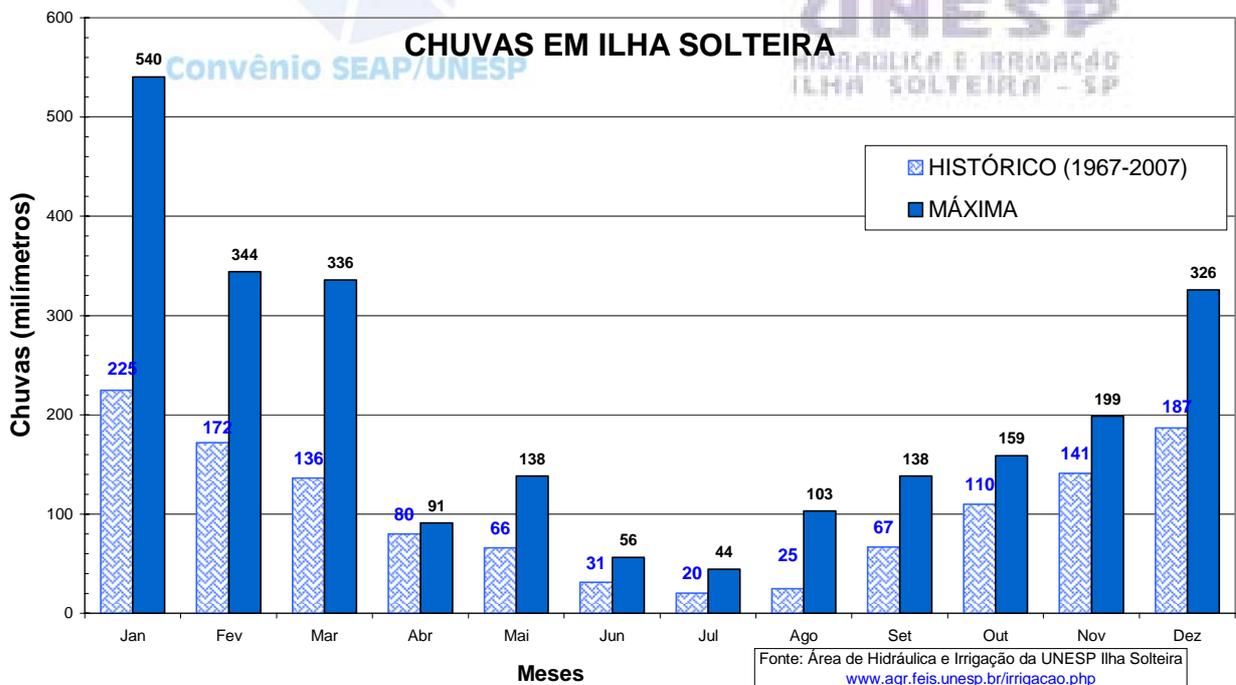


FIGURA 6 - Precipitação histórica média e máxima em Ilha Solteira.

Análise agroclimática da área de influência do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, região noroeste do Estado de São Paulo. Página 12 de 27

No entanto as maiores rajadas de vento são observadas nos meses de março, agosto e setembro, com média das velocidades médias superiores a 19 km/hora ou 5,3 m/s. O maior registro de velocidade de vento é o de 21,6 m/s ou 77,8 km/hora em 31 de agosto de 2000.

TABELA 2 - Médias mensais e totais em Ilha Solteira - SP.

MESES	UMIDADE RELATIVA (%)		DIREÇÃO** DO VENTO (º)	VELOCIDADE DO VENTO (m/s)***		ECA# mm/dia	ETo## mm/dia
	MÉDIA	MÍNIMAS*		MÉDIA	MÁXIMAS		
Janeiro	69,8	45,1	152,3	1,6	4,2	5,7	5,2
Fevereiro	70,6	49,2	136,2	1,5	3,9	6,0	5,3
Março	68,5	45,2	124,0	1,4	5,1	5,7	5,0
Abril	63,9	39,6	118,4	1,5	4,0	5,5	4,7
Mai	63,8	39,7	114,1	1,6	4,1	4,8	4,0
Junho	62,2	38,0	96,6	1,6	4,3	4,6	3,7
Julho	58,8	35,4	107,0	1,9	4,7	5,4	4,0
Agosto	51,8	26,8	115,5	2,1	4,9	6,7	4,9
Setembro	54,4	30,6	118,0	2,1	5,3	6,7	5,0
Outubro	58,8	32,8	122,4	1,8	5,0	6,9	5,6
Novembro	61,1	36,3	138,6	1,8	4,7	6,9	5,6
Dezembro	66,3	40,7	143,6	1,7	4,5	6,2	5,3
Média ou Totais	62,5	38,3	121,8	1,7	4,6	5,9	4,8

* Média das umidades relativas mínimas (agosto de 1991 a julho de 2007)

** Período de janeiro de 2001 a julho de 2007)

*** **Médias** (1967 a 2007) e Médias das Velocidades **Máximas** (agosto de 2001 a julho de 2007)

Evaporação do Tanque Classe A

Evapotranspiração de referência estimada por Penman-FAO (DOORENBOS e PRUITT, 1975) até janeiro de 2000 e após estimada por Penman-Monteith (ALLEN et al, 1998).

A evaporação estimada pelo Tanque Classe A apresentou média anual de 5,9 mm/dia com maiores valores registrados nos meses de outubro novembro.

Em relação à evapotranspiração, a interpretação da Tabela 2 resulta na informação de que os meses críticos para o suprimento hídrico às culturas são agosto e setembro, ainda que outubro apresente um alto valor de evapotranspiração de referência (ETo), historicamente, este é o mês em que as chuvas começam a apresentar índices moderados à elevados. De qualquer maneira, o balanço hídrico, onde se calcula o efeito do total de chuvas sobre o armazenamento de água no solo, mostrará qual realmente é mês mais crítico.

Uma evapotranspiração média de 5,0 mm/dia significa que se deve repor à cultura 50.000 litros por dia e por hectare irrigado, portanto a retirada de água do manancial será superior à este valor, pois há que se considerar a eficiência do sistema.

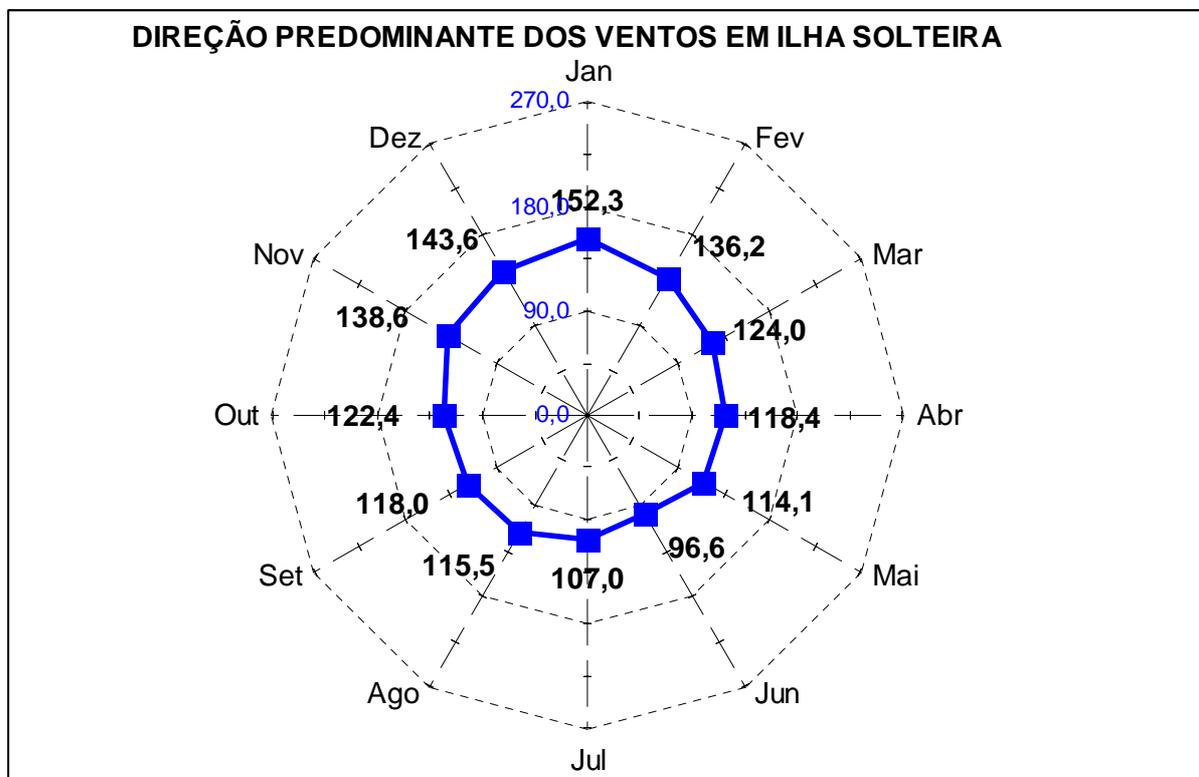


FIGURA 7 - Representação da direção predominante dos ventos em Ilha Solteira.

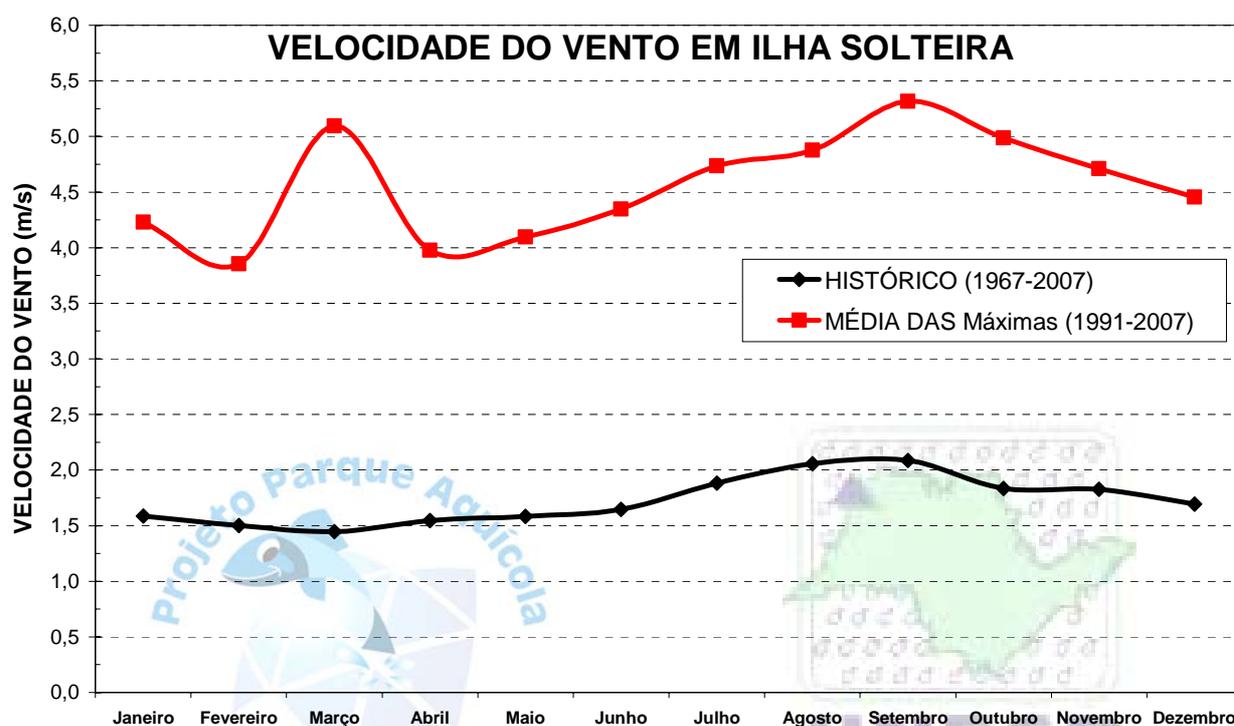
Evaporação do espelho d'água do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira

A evaporação do lago foi estimada conforme a metodologia descrita por TROVATI (1987) que estudou a evaporação do Lago do Reservatório de Ilha Solteira a partir da Evaporação do Tanque Classe A e utilizou o coeficiente de 0,82 e foi estimada a perda de água anual por evaporação por braço (Figura 2), a partir da estação de Ilha Solteira, conforme Tabela 3. Em estudos semelhantes para o lago de Sobradinho PEREIRA (2004) utilizou o coeficiente de 0,57, enquanto que VILLA NOVA (1980) para lagos localizados na região de Piracicaba utilizou 0,76.

A área inundada foi sub-dividida em braços, com a área calculada do espelho d'água a partir de uma imagem CBERS de julho de 2006 com um total de 122.354 hectares, divididos nas seguintes áreas:

- SJD - São José dos Dourados = 10.231 hectares;
- LP - Leito Principal = 49.200 hectares
- RG - Rio Grande = 21.840 hectares
- PARAN - Rio Paranaíba = 41.083 hectares

Na Tabela 3 observa-se que a evaporação total anual média no Lago da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira é de 4,9 mm/dia ou 1.771,8 mm/ano ou que leva à uma evaporação total média de 247.471 m³/hora ou ainda 2.167.844.496 m³ por ano.



Fonte: Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP Ilha Solteira (HERNANDEZ et al, 1995 e www.agr.feis.unesp.br/irrigacao.php)

FIGURA 8 - Velocidade média do vento e média das velocidades máximas.

Evaporação do espelho d'água do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira

A evaporação do lago foi estimada conforme a metodologia descrita por TROVATI (1987) que estudou a evaporação do Lago do Reservatório de Ilha Solteira a partir da Evaporação do Tanque Classe A e utilizou o coeficiente de 0,82 e foi estimada a perda de água anual por evaporação por braço (Figura 2), a partir da estação de Ilha Solteira, conforme Tabela 3. Em estudos semelhantes para o lago de Sobradinho PEREIRA (2004) utilizou o coeficiente de 0,57, enquanto que VILLA NOVA (1980) para lagos localizados na região de Piracicaba utilizou 0,76.

A área inundada foi sub-dividida em braços, com a área calculada do espelho d'água a partir de uma imagem CBERS de julho de 2006 com um total de 122.354 hectares, divididos nas seguintes áreas:

- SJD - São José dos Dourados = 10.231 hectares;
- LP - Leito Principal = 49.200 hectares

Análise agroclimática da área de influência do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, região noroeste do Estado de São Paulo. Página 15 de 27

- RG - Rio Grande = 21.840 hectares
- PARAN - Rio Paranaíba = 41.083 hectares

Na Tabela 3 observa-se que a evaporação total anual média no Lago da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira é de 4,9 mm/dia ou 1.771,8 mm/ano ou que leva à uma evaporação total média de 247.471 m³/hora ou ainda 2.167.844.496 m³ por ano.

TABELA 3 - Perdas de água por evaporação (EVA_L) do Lago de Ilha Solteira por braço do Reservatório (SJD - São José dos Dourados, LP - Leito Principal, RG - Rio Grande e PARAN - Rio Paranaíba.

MESES	EVA _L	SJD	LP	RG	PARAN	TOTAL	
	mm/dia	m3/dia	m3/dia	m3/dia	m3/dia	m3/dia	m3/hora
Janeiro	4,6	474510	2281878	1012931	1905415	5674734	236447
Fevereiro	4,9	500588	2407284	1068599	2010131	5986603	249442
Março	4,7	476956	2293641	1018153	1915237	5703988	237666
Abril	4,5	464608	2234261	991794	1865654	5556318	231513
Mai	3,9	403674	1941235	861719	1620971	4827599	201150
Junho	3,8	388968	1870512	830325	1561916	4651721	193822
Julho	4,4	449840	2163243	960269	1806352	5379705	224154
Agosto	5,5	562356	2704323	1200455	2258164	6725298	280221
Setembro	5,5	564436	2714326	1204896	2266517	6750176	281257
Outubro	5,7	580228	2790264	1238605	2329927	6939025	289126
Novembro	5,6	575324	2766681	1228137	2310235	6880377	286682
Dezembro	5,1	518102	2491508	1105986	2080460	6196056	258169
MÉDIA	4,9	496633	2388263	1060156	1994248	5939300	247471

Tomando-se por base a informação de REBOUÇAS (2006) de que o volume do reservatório de Ilha Solteira é de 21.166 milhões de m³, a perda de água por evaporação anual consome 10,2% do volume de armazenagem.

Para fins comparação a Represa da Hidrelétrica de Sobradinho apresenta uma área inundada média de 3.191 km² e uma evaporação anual de 2.025,7 mm (PEREIRA, 2004). Com um volume médio de reservatório de 34.100 milhões de m³ (REBOUÇAS, 2006), a perda por evaporação anual representam 16,6% do volume de armazenagem.

Análise agroclimática da área de influência do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, região noroeste do Estado de São Paulo. Página 16 de 27

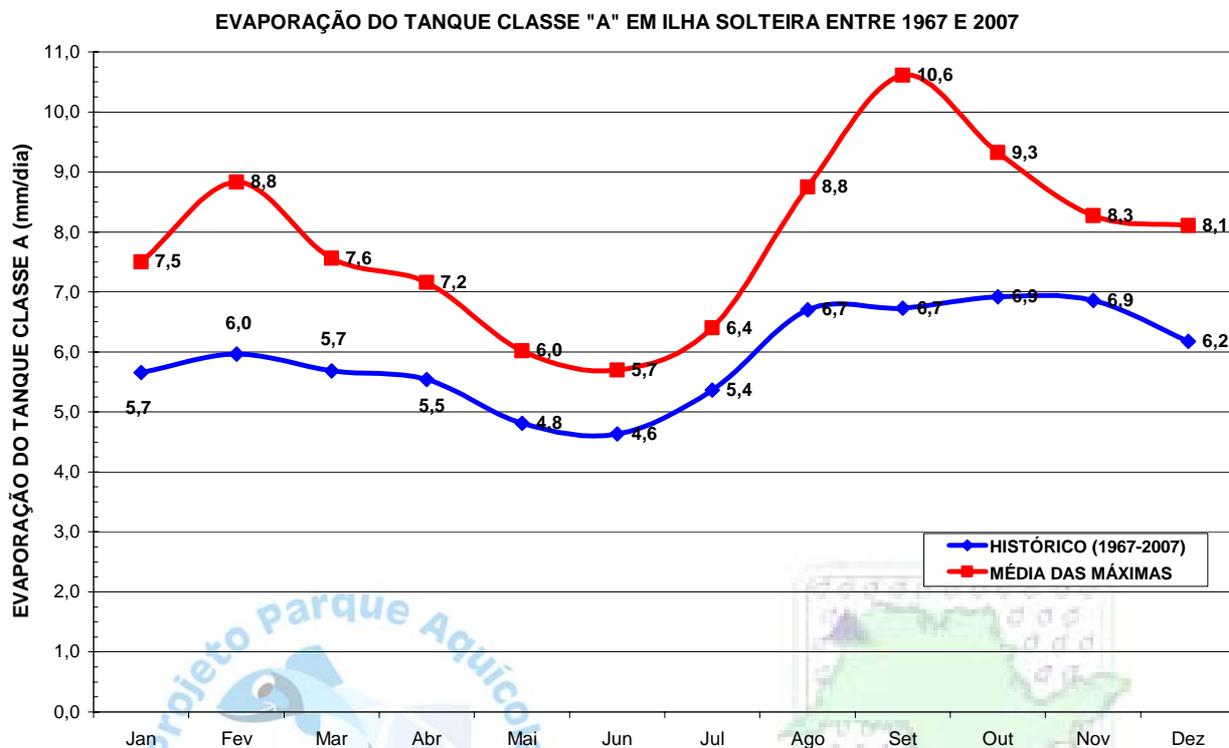


FIGURA 9 - Evaporação do Tanque Classe A em Ilha Solteira.

Marinópolis: Precipitação

A Tabela 4 apresenta as médias e totais das precipitações registradas em Marinópolis no período compreendido entre 1998 e 2007, apresentando uma média de 1.140 mm/ano, tendo o mês de maior chuva ocorrido em janeiro de 2005 com 653 mm, seguido do mês de fevereiro de 2006 quando se registrou um total de 427 mm.

VALORES EXTREMOS

Ilha Solteira: agosto de 1991 a agosto de 2007

Os valores extremos das variáveis agroclimatológicas registradas em Ilha Solteira são:

Temperatura: Máxima de 42,0°C em 03 de janeiro de 1993 e Mínima: 0,2°C em 23 de maio de 1996.

Análise agroclimática da área de influência do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, região noroeste do Estado de São Paulo. Página 17 de 27

- Umidade Relativa do Ar Mínima:** 7,22% às 16:19h de 07 de outubro de 2004
- Velocidade do Vento Máxima:** 21,6 m/s às 18:12h de 31 de agosto de 2000
- Evapotranspiração Máxima por Penman-Monteith:** 7,9 mm/dia em 17 de outubro de 2003
- Radiação Global Máxima:** 32,54 MJ/m².dia em 02 de dezembro de 2001
- Insolação Máxima:** 14,0 horas /dia no dia 26 de julho de 2006
- Precipitação Máxima:** 118,6 mm/dia em 25 de janeiro de 2004.

TABELA 4 - Médias mensais, total e média das precipitações mensais máximas no período de janeiro de 1998 a julho de 2007 em Marinópolis - SP.

MESES	MÉDIA	MÉDIA DAS MÁXIMAS mm/mês
Jan	251	653
Fev	178	427
Mar	148	296
Abr	55	278
Mai	71	128
Jun	12	30,8
Jul	18	49,2
Ago	26	97,3
Set	55	123,9
Out	76	189,2
Nov	103	159,9
Dez	146	315
Total	1140	-

Marinópolis: agosto de 1998 a agosto de 2007

Os valores extremos das variáveis agroclimatológicas registradas em Marinópolis são:

- Temperatura:** Máxima de 42,2°C em 17 de janeiro de 2001 e Mínima: 0,9°C em 17 de julho de 2000.
- Umidade Relativa do Ar Mínima:** 7,8% em 02 de setembro de 1999.
- Velocidade do Vento Máxima:** 18,6 m/s às 00:00h de 21 de outubro de 2003
- Evapotranspiração Máxima por Penman-Monteith:** 8,5 mm/dia em 25 de maio de 2003
- Radiação Global Máxima:** 31,73 MJ/m².dia em 07 de maio de 2003

Precipitação Máxima: 133,9 mm/dia em 25 de janeiro de 2004.

BALANÇO HÍDRICO

A disponibilidade hídrica de uma hidrográfica é função do balanço de entradas e saídas de água no sistema. A principal entrada de água no sistema é representada pela precipitação (chuvas), que dará condições de recarga ao lençol freática que proporcionará o escoamento de base ao longo do tempo e também, através do escoamento superficial que permitirá o represamento de água em volume compatível ao seu uso. Se as chuvas foram poucas, a recarga ficará comprometida e a vazão do manancial ao longo do tempo será diminuída, ao mesmo tempo em que o volume acumulado nas represas também será menor.

As saídas de água em uma bacia hidrográfica são representadas pela evapotranspiração, pela evaporação e pelo consumo, ou seja a retirada de água do sistema, que pode ter seu uso múltiplo, como por exemplo gerar energia elétricas, para abastecer populações, irrigação ou neste caso específico, para a aquicultura comercial. A Figura 10 ilustra todo este sistema.

Assim, para a análise do balanço hídrico que leva em consideração o fato do solo ser também um sistema de armazenamento de água deve-se verificar a contribuição das chuvas ao longo dos meses e a saída da água na forma de evapotranspiração. Existem variações na distribuição espacial das chuvas ao longo do ano, ainda que no total de chuvas anuais, as diferenças são muito pequenas.

O balanço hídrico foi realizado considerando os dados de evapotranspiração de Ilha Solteira para a CAD - Capacidade de Água Disponível - de 100 mm e a Tabela 5 e Figura 11 explicitam os resultados obtidos que aponta para um déficit hídrico anual de 519 mm, colocando agosto como o mês crítico para o suprimento hídrico das culturas, portanto o de maior uso de água para irrigação que será retirada da bacia hidrográfica que compõe o Reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira.

No total, a região apresenta 8 meses de déficit hídrico.

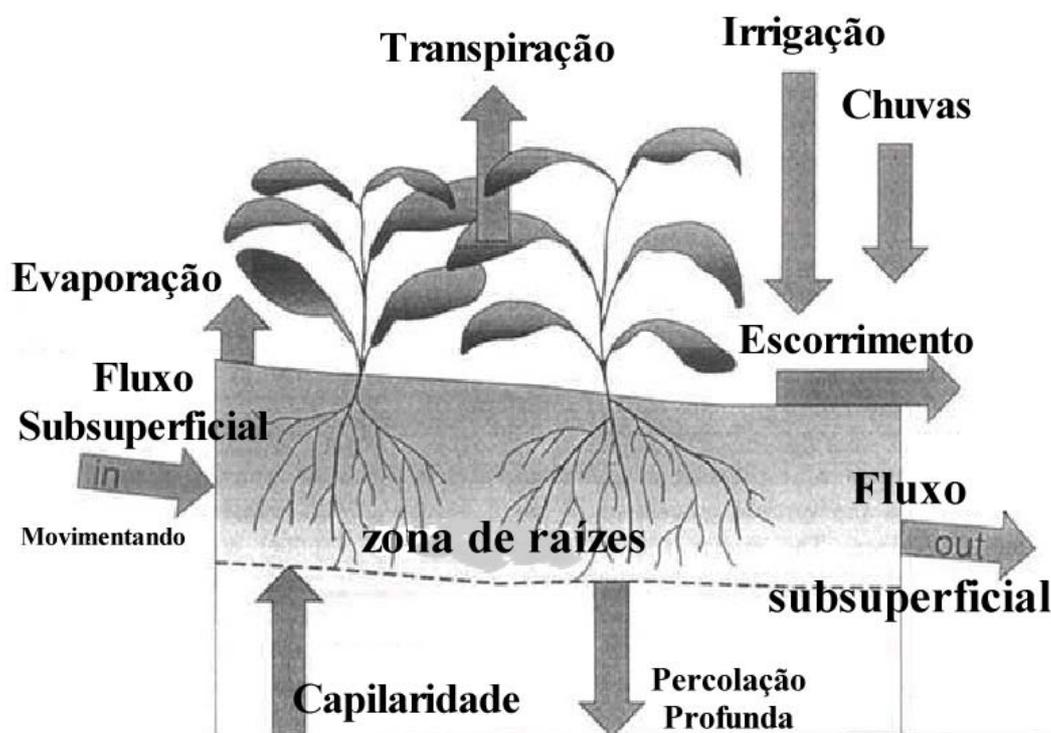


FIGURA 10 - Ilustração do balanço hídrico em uma bacia hidrográfica, com as entradas de água e as perdas de diferentes naturezas.

Convênio SEAP/UNESP

HIDRÁULICA E IRRIGAÇÃO
ILHA SOLTEIRA - SP

TABELA 5 - Balanço hídrico para Ilha Solteira calculado com CAD de 100 mm.

MÊS	ET _o # mm/mês	Chuvas mm/mês	AD* mm	ET _r ** Mm/mês	Déficit mm/mês	Excesso mm/mês
Janeiro	161,33	224,7	86,48	161,3	0,0	0,0
Fevereiro	147,25	172,0	100,00	147,2	0,0	11,2
Março	154,91	136,2	82,97	153,3	1,6	0,0
Abril	141,11	80,1	45,09	118,0	23,1	0,0
Mai	122,58	65,9	25,57	85,4	37,2	0,0
Junho	110,28	31,0	11,57	45,0	65,3	0,0
Julho	123,03	20,2	4,14	27,7	95,4	0,0
Agosto	151,98	24,6	1,16	27,6	124,4	0,0
Setembro	149,86	66,6	0,50	67,2	82,6	0,0
Outubro	174,15	109,9	0,26	110,1	64,0	0,0
Novembro	166,99	141,3	0,20	141,3	25,6	0,0
Dezembro	163,74	186,6	23,08	163,7	0,0	0,0
Anual	1767,20	1259,2	381	1248,0	519,2	11,2

Para o cálculo da ET_o mensal, foram utilizadas todas as casas decimais da média diária, e não apenas uma casa após a vírgula; * Água disponível; ** Evapotranspiração crítica.

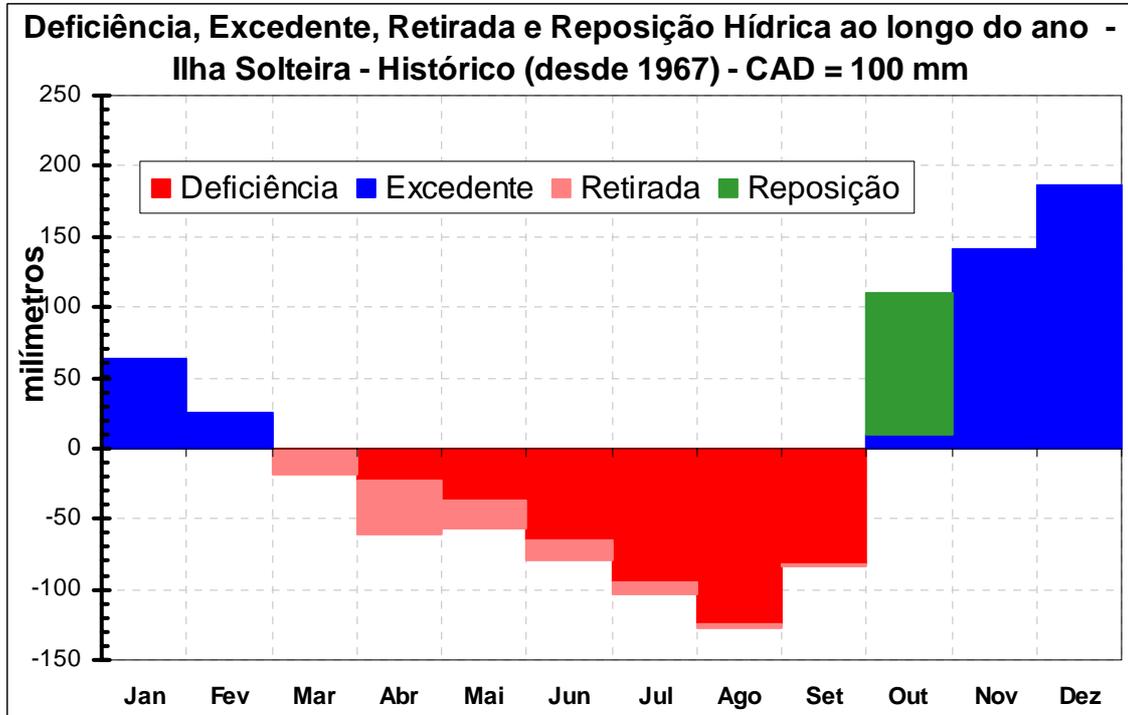


FIGURA 11 - Balanço hídrico de Ilha Solteira para CAD de 100mm,

INFLUÊNCIA DA AGROCLIMATOLOGIA SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS

Todo empreendimento agropecuário depende das variáveis agroclimatológicas que interagem com o sistema produtivo e assim antes de iniciá-lo deve-se ter um levantamento completo das mesmas.

Mas as variáveis agroclimatológicas não influenciam sozinhas os recursos hídricos de uma região, que também sofrem influência da geologia, uso e ocupação do solo e, portanto, da ação antrópica. Estes fatores juntos condicionarão a disponibilidade, temperatura e qualidade da água de um manancial e/ou de uma região e por isso devem ser caracterizados adequadamente.

Sabe-se que a região de estudo apresenta-se com menos de 1% de matas remanescentes e ainda há o predomínio da pastagem o que faz com haja uma elevada taxa de evaporação da superfície livre devido ao calor de advecção e pouco "efeito oásis" e certamente ao combinar as informações agroclimatológicas com as de erosão atual e mapas potenciais de erosão haverá um significativo avanço na determinação de áreas com possíveis problemas de qualidade da água e assoreamento.

Para ilustrar esta situação, na Figura 12 é apresentada um afluente do Reservatório de Ilha Solteira com pastagem como vegetação predominante, pouca ausência de matas e portanto, de livre circulação dos ventos que fim influenciará a temperatura da água, sem contar o fato da baixa conservação do solo acarretar um grande transporte de sedimentos, este influenciado pelo regime de chuvas, que também determinará a retirada de água para irrigação, diminuindo a oferta da mesma no Reservatório. Trata-se de uma situação bastante típica na bacia hidrográfica do Paraná.



FIGURA 12 - Microbacia hidrográfica do córrego Cabeceira Cumprida, município de Santa Fé do Sul, que é um afluente do Reservatório de Ilha Solteira em imagem de 22 de novembro de 2001.

Já a Figura 13 mostra, com menor resolução, o afluente exemplificado na Figura 12 e ponto de lançamento no Reservatório de Ilha Solteira. Esta situação que tem dependência das chuvas para manter as vazões dos córregos é tanto maior quando mais degradada estiver a microbacia hidrográfica, ou seja, quanto mais conservação do solo (terraços, curvas de nível e outras práticas tais como cultivo mínimo ou direto) e maior proteção das matas ciliares e nascentes, maior o escoamento de base e portanto, menores os desvios padrões da vazão ao longo ano em torno da média.

A degradação das microbacias hidrográficas pela ação antrópica é comum na região noroeste do estado de São Paulo e vem daí a dependência das chuvas para manter vazões e represas em níveis adequados às nossas necessidades. Se a chuva

Análise agroclimática da área de influência do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, região noroeste do Estado de São Paulo.

Página 22 de 27

falta, a capacidade de armazenamento de água fica prejudicada, pois a vazão também diminui ao longo do tempo.



FIGURA 13 - Exemplo de uso e ocupação do solo no entorno do Reservatório de Ilha Solteira.

Nas imagens apresentadas se verifica a baixa presença de árvores no entorno do reservatório, bem como se tratar de um local bastante aberto que permite a circulação dos ventos sem obstáculos que poderiam reduzir a temperatura da massa

Análise agroclimática da área de influência do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, região noroeste do Estado de São Paulo. Página 23 de 27

de ar quente circundante. Esta situação leva à intensificação do processo evaporativo, outra forma de perda de água.

A conseqüência desta fato é a baixa umidade relativa do ar registrada mesmo com tamanha evaporação de água proporcionada pelo espelho d'água.

Em relação às necessidades de água pelas plantas, processo chamado de evapotranspiração, tem-se no noroeste paulista as mais altas taxas do Estado de São Paulo, como bem ilustra a Figura 14, fazendo com que a retirada de água pelos conjuntos moto-bomba sejam também elevadas, em outras palavras, se houver área irrigada no córrego da Cabeceira Cumprida, as vazões retiradas para irrigação não chegarão às represas e assim em situação crítica como a atual, se estabelece o uso conflitivo, ou seja, ou se irriga ou se usa a água para o abastecimento urbano.

Ainda que o volume de água armazenado no Reservatório de Ilha Solteira seja em grandes proporções, em estudos de caráter estratégico como é o Parque Aquícola não deve deixar de considerar os efeitos que a expansão da área irrigada, processos erosivos e o transporte de sedimentos sobre a qualidade e disponibilidade da água.

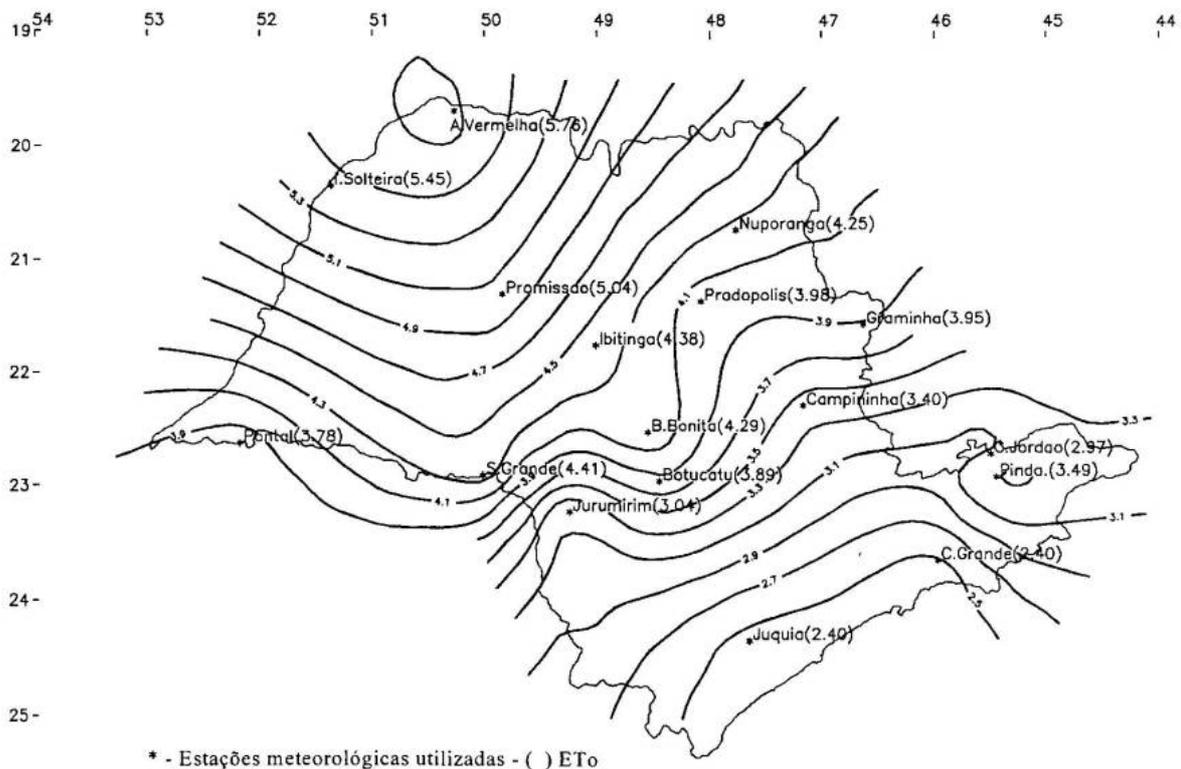


Figura 4.3.8 ISOLINHAS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (mm/dia) - AGOSTO

FIGURA 15 - Evapotranspiração média no mês de agosto (1980 a 1994) no Estado de São Paulo. (TELLES, 1996)

Este raciocínio todo foi desenvolvido porque são as microbacias que formam as bacias hidrográficas, como a do Paraná que será utilizada para a consolidação de um Parque Aquícola. O Reservatório de Ilha Solteira para se manter cheio recebe em termos globais 60% da água da Bacia do Rio Paranaíba e uma dependência de 40% das Bacias do Rio Grande e do São José dos Dourados e ainda sendo um Reservatório de acumulação, o último do Rio Paraná, e considerando que no sistema elétrico brasileiro a quantidade de água vertida ou turbinada depende da decisão da ONS, não é quantidade de água que pode preocupar um sistema de produção baseado na aqüicultura e sim a qualidade da água, pois o futuro Parque Aquícola terá quem conviver com o recebimento de sólidos de diferentes naturezas, que começa desde o Rio meia Ponte em Goiás que recebe o esgoto bruto de muitas cidades, até a erosão dos solos arenosos no noroeste paulista.

Estudos de HERNANDEZ e VANZELA (2007) em que monitoraram um afluente do Rio São José dos Dourados mostraram que a descarga sólida de sedimentos por área pode chegar a 12 kg por hectare por dia e a mudança radical na seção do córrego mês a mês em função do assoreamento (Figura 16). Em última instância estes sedimentos que irão se depositar no reservatório da Usina de Ilha Solteira, além de comprometer a disponibilidade de água, comprometem a também a sua qualidade.

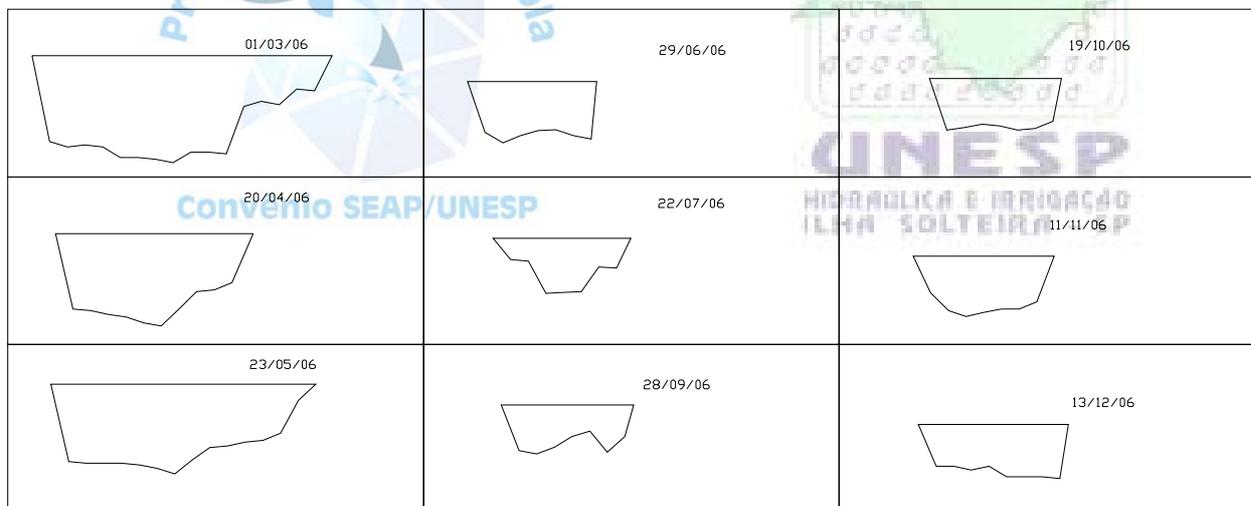


FIGURA 16 - Dinâmica da seção de passagem (perfil) de ponto monitorado no córrego Três Barras, afluente do Rio São José dos Dourados, em Marinópolis - SP. (Fonte: HERNANDEZ e VANZELA, 2007).

Assim, processos erosivos devem ser adequadamente quantificados, além da própria capacidade de autodepuração dos mananciais de pequeno porte, especialmente dos braços a serem utilizados para a piscicultura confinada, bem como práticas que levem a conservação do solo, tais como terraceamento, plantio direto ou cultivo mínimo e ainda a recomposição das matas ciliares devem ser incentivos e

merecer atenção dos Órgãos e Agências Governamentais para que no menos lapso de tempo se volte a ter a predominância do escoamento de base em detrimento do escoamento superficial.

O monitoramento ininterrupto das variáveis agroclimatológicas, da vazão e da qualidade dos mananciais que formam o Reservatório de Ilha Solteira é imprescindível para o planejamento e condução adequada dos projetos hidroagrícolas.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO Irrigation and Drainage, Paper 56, 1998. 297p.
- CIMIS. Technical Elements of CIMIS. Department of Water Resources. State of California, 1998, 63p.
- DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Manual de cálculos das vazões máximas, médias e mínimas nas bacias hidrográficas do Estado de São Paulo. São Paulo, 1994, 64p.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.W. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. FAO, Roma, 1988, 212p. (Estudios FAO, 33).
- DOORENBOS, J.; PRUIT, W.O. Crop water requirement. Roma: FAO, 1975. 159p. (Irrigation and Drainage Paper, n.24).
- DOURADO NETO, D. Balanço hídrico cíclico e sequencial: estimativa de armazenamento de água no solo. Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, XI, setembro, 1996, p.30-42.
- ECHING, S. California irrigation management information system (CIMIS). In: Anais do Simpósio Internacional de Fruticultura Irrigada, Ilha Solteira: UNESP/FEIS - Área de Hidráulica e Irrigação, p.30-33.1998.
- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA. Sistema de informações para o gerenciamento dos recursos hídricos do estado de São Paulo (SIGRH). São Paulo: DAEE, 2000. CD-ROM.
- HERNANDEZ, F.B.T. Agricultura irrigada e atuação da UNESP no Oeste Paulista. In: Anais do Simpósio Internacional de Fruticultura Irrigada, Ilha Solteira: UNESP/FEIS - Área de Hidráulica e Irrigação, p.5-8, 1998.
- HERNANDEZ, F.B.T. et al. Aproveitamento Hidroagrícola no Estado de São Paulo - Projeto piloto de conservação dos recursos de solo e água e irrigação coletiva nas microbacias hidrográficas dos córregos Sucuri, Bacuri e Macumã em Palmeira d'Oeste - SP. Ilha Solteira: UNESP / Governo Federal, 2000. 191p. (3 volumes).
- HERNANDEZ, F.B.T.; LEMOS FILHO, M.A.F., BUZETTI, S. Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira, Ilha Solteira, UNESP / FEIS / Área de Hidráulica e Irrigação, 1995, 45p. (UNESP / FEIS / Área de Hidráulica e Irrigação, Série Irrigação, 1).

- HERNANDEZ, F.B.T.; SILVA, C.R.; SASSAKI, N.; BRAGA, R.S. Qualidade de água em um sistema irrigado no noroeste paulista. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXX, Foz de Iguaçu, 31 de julho a 03 de agosto de 2001. 4p. Anais... (CD-ROM). Disponível em: http://www.agr.feis.unesp.br/HERNANDEZ_F.B.T.pdf
- HERNANDEZ, F.B.T.; VANZELA, L.S. Transporte de sedimentos na microbacia do córrego Três Barras, Marinópolis, SP. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXXVI, Bonito, 30 de julho a 02 de agosto de 2007, 2007. 4p. Anais... (CD-ROM). Disponível em: http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/conbea2007_descarga_solida.pdf
- PEREIRA, S. B. Evaporação no lago de Sobradinho e disponibilidade hídrica no rio São Francisco. Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2004, 105p. (Tese de Doutorado).
- REBOUÇAS, A. da C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (ORGANIZADORES) Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação, 2006, p.01-35.
- ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente Excel para os cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.6, p.133-137, 1998.
- SENTELHAS, P.C.; PEREIRA, A.R.; MARIN, F.R.; ANGELOCCI, L.R.; ALFONSI, R.R.; CARAMORI, P.H.; SWART, S. Balanços Hídricos Climatológicos do Brasil - 500 balanços hídricos de localidades brasileiras. Piracicaba: ESALQ, 1999. 1 CD-ROM.
- TELLES, D.D. Determinação das demandas de água para irrigação: evapotranspiração de referência no Estado de São Paulo. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1996, Volumes I e II, 501p. (Tese de Doutorado).
- THORNTHWAITE, C.W.; MATTER, J.R. The water balance. Drexel Institute of Technology, v.8, n.1, p.1-14, 1955.
- TROVATI, L.R. Estimativas da evaporação do lago de Ilha Solteira através do modelo de relação complementar. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 7., 1987, Salvador, BA. Anais... São Paulo: ABRH, 1987. v. 2, p. 193-202.
- VANZELA, L.S. Qualidade de água para a irrigação na microbacia do córrego Três Barras no município de Marinópolis, SP. Ilha Solteira: Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista, 2004, 91p. (Dissertação de Mestrado). Disponível em: <http://www.agr.feis.unesp.br/tresbarras.php>
- VILLA NOVA, N.A. Evapotranspiração e evaporação. Piracicaba, SP: Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ/USP, 1980.

Análise agroclimática da área de influência do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, região noroeste do Estado de São Paulo.

Página 27 de 27

Ilha Solteira (SP), 28 de agosto de 2.007.

Fernando Braz Tangerino Hernandez

