

**GERAÇÃO DA SÉRIE HISTÓRICA DE VAZÃO POR MEIO DO
MODELO SMAP: SUBSÍDIO PARA O PLANO DE MANEJO DA
BACIA DO RIO GRANDE DE UBATUBA.**

VIVIANE COELHO BUCHIANERI

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São
Paulo, para obtenção de título de mestre em
Recursos Florestais, Área de Concentração:
Conservação de Ecossistemas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo – Brasil
Fevereiro -2004

**GERAÇÃO DA SÉRIE HISTÓRICA DE VAZÃO POR MEIO DO MODELO
SMAP: SUBSÍDIO PARA O PLANO DE MANEJO DA BACIA DO RIO
GRANDE DE UBATUBA.**

VIVIANE COELHO BUCHIANERI

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **WALTER DE PAULA LIMA**

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São
Paulo, para obtenção de título de mestre em
Recursos Florestais, Área de Concentração:
Conservação de Ecossistemas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo – Brasil
Fevereiro – 2004

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Buchianeri, Viviane Coelho

Geração da série histórica de vazão por meio do modelo SMAP: subsídio para o plano de manejo da bacia do Rio Grande de Ubatuba / Viviane Coelho Buchianeri. -- Piracicaba, 2004.

105 p. : il.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004.
Bibliografia.

1. Abastecimento de água 2. Análise de série temporal 3. Bacia hidrográfica (manejo) 4. Balanço hídrico 5. Ecossistema (conservação) 6. Manancial 7. Vazão I. Título

CDD 333.91

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

Aos meus filhos Rodrigo e Thiago, razão de minha existência, dedico esse trabalho na intenção de compensar minha ausência em muitos momentos e como forma de registrar o imenso amor que sinto por eles.

Ao meu marido, Bepo, com quem compartilho minhas emoções e minha vida.

“Cada um de nós compõe a sua história, cada ser, em si,
carrega o dom de ser capaz e ser feliz”.
Todo mundo anda, todo mundo chora, um dia a gente chega e
o outro vai embora...
Penso que cumprir a vida seja, simplesmente, compreender a
marcha, ir seguindo em frente...
Hoje me sinto mais forte, mais feliz.
Só levo a certeza de que muito pouco sei,
...eu nada sei”.

Almir Sater e Renato Teixeira

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Walter de Paula Lima, por sua orientação e dedicação na condução da pesquisa;

À Dra. Maria José Zakia por sua co-orientação, pela dedicação, paciência, e disposição sem limite, e antes de tudo pela oportunidade de conhecer e compartilhar momentos especiais com uma pessoa tão genial.

Ao Eng. João Eduardo Lopes por oferecer seus ensinamentos para trabalhar com o modelo SMAP;

Ao Eng. Fernando da TRN pela digitalização dos mapas da bacia e ao Cleber pelas ilustrações da estrutura do modelo SMAP e do ciclo hidrológico ;

Ao Chris Neiel pelo auxílio nas correções e traduções dos trabalhos científicos;

Ao Departamento de Ciências Florestais, que possibilitou a realização do curso de pós-graduação;

Ao Laboratório de Hidrologia, em especial a Paula pela ajuda na digitação do texto, e na formatação dos gráficos e tabelas e ainda por socorrer em muitos momentos difíceis;

Ao Instituto Florestal pela oportunidade de realizar esta capacitação e em especial, ao Eng. Valdir de Cicco por me incentivar a iniciar meus estudos em hidrologia florestal;

Ao Projeto de Preservação da Mata Atlântica e em especial, à Coordenadora Ciça pelo apoio integral e pela oportunidade de divulgação da pesquisa.

Ao Comitê de Bacia Hidrográfica do Litoral Norte, e, em especial a Rosa e; também aos participantes do Grupo de Trabalho do Rio Grande pelo apoio no desenvolvimento da pesquisa.

Aos meus tios Nena e Carlos pela hospitalidade, brincadeiras e apoio integral;

A Iara, que sempre esteve disposta em oferecer ajuda nos momentos que tive que me dedicar à pesquisa e a minha grande amiga Zaira que apesar da distancia sempre teve presente incentivando e agüentando minhas lamentações;

Aos meus colegas Carla, Noemi, Lucia, Cláudia, Raquel, Renata, Mônica e Klaus pela convivência descontraída e pelas trocas valiosas de informações.

A Tiana e Rosana que sempre com muito bom humor, ajudaram a cuidar dos meus filhos nos momentos que me dediquei à pesquisa.

E finalmente, e não menos importante, agradecimento ao meu pai Plácido (em memória), a Marzé, a Laís, a D. Dulce, meus irmãos, cunhados e sobrinhos e, ao Treck Jones. A oportunidade de conviver ou ter convivido com vocês sempre fez e faz meu viver mais suave e feliz.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE QUADROS.....	xii
LISTA DE SIGLAS.....	xiv
RESUMO.....	xv
SUMMARY.....	xvii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 A CONTEXTUALIZAÇÃO ATUAL DO PROJETO DE PESQUISA PARTICIPATIVA.....	4
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	17
3.1 Marco legal.....	17
3.2 Fundamentos teóricos: A importância da floresta na produção de água.....	18
3.2.1 O ciclo hidrológico e a bacia hidrográfica.....	18
3.2.2 A influência da floresta na produção de água.....	21
3.2.3 Modelos hidrológicos.....	33
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	39
4.1 Material.....	39
4.1.1 Caracterização geral da bacia do Rio Grande.....	39
4.1.2 Uso do solo.....	43
4.1.3 Censo e a taxa de crescimento populacional do município de Ubatuba.....	45
4.2 Método.....	46

4.2.1	A delimitação da bacia.....	46
4.2.2	Dados de vazão (Q)	48
4.2.3	Precipitação.....	48
4.2.4	Evapotranspiração (ETP).....	51
4.2.5	Modelo SMAP.....	55
5	RESULTADOS.....	63
5.1	Calibração do modelo SMAP para a bacia do Rio Grande de Ubatuba.....	63
5.2	Validação dos parâmetros da bacia do rio Grande.....	68
5.3	Geração da série histórica.....	72
6	DISCUSSÃO.....	78
6.1	Vazão ecológica.....	78
6.2	Balço entre disponibilidade x demanda.....	80
6.3	Sazonalidade da população.....	86
7	CONCLUSÕES.....	93
7.1	Recomendações	94
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Painel de identificação dos problemas.....	10
2 Painel dos objetos.	11
3 Matriz de planejamento – Quantidade e qualidade da água (em destaque a atividade contemplada no presente trabalho).....	13
4 Matriz de planejamento – proteção, conservação e geração de áreas degradadas.....	14
5 Matriz de planejamento – Gestão	15
6 Matriz de planejamento – Divulgação, capacitação e conscientização ambiental.....	16
7 Esquema do ciclo hidrológico.....	20
8 Principais componentes do ciclo hidrológico em uma bacia hidrográfica (Zakia, 2000).....	22
9 Esquema dos processos hidrológicos em uma floresta (Adaptado de Lima,1993).....	23
10 Visualização do conceito de “área variável de afluência” (AVA) na geração do deflúvio em microbacias (Hewlett & Hibbertt 1967).....	31
11 Classificação de modelos hidrológicos (Passos, 1993).....	37
12 Localização do município de Ubatuba com destaque para a bacia do Rio Grande (IBGE, 1981).....	40
13 Mapa da cobertura florestal na bacia do Rio Grande (Fonte TRN).....	44

14	Delimitação da bacia do Rio Grande de Ubatuba sobre a base cartográfica 1:10.000 do Estado de São Paulo.....	47
15	Foto do ponto de captação de água na bacia do Rio Grande de Ubatuba.....	47
16	Comparação entre a ETP mensal (mm) calculada em Ubatuba pelo método THORNTHWAITE (1948) com o Tanque Classe A de Juquiá, para o período de 1972 a 1981.....	55
17	Ilustração da estrutura do Modelo SMAP na versão mensal.....	56
18	Tela de abertura do programa SMAP.....	64
19	Tela do programa SMAP, após calibração automática.....	65
20	Tela de resultado após os primeiros ajustes manuais.....	66
21	Relação Chuva–Vazão calculada e vazão observada, para dois anos hídricos, na fase de calibração do Modelo SMAP.....	68
22	Relação Chuva–Vazão calculada e vazão observada, para os quatro anos hídricos, na fase de validação do Modelo SMAP.....	70
23	Série histórica para a relação Chuva–Vazão gerada pelo Modelo SMAP, para o período de agosto de 1935 a julho de 2001.....	77
24	Demanda de água atual na bacia e disponibilidade de água considerando as vazões medias na série histórica para o período de 1935 a 2001.....	82
25	Demanda de água atual na bacia e disponibilidade de água considerando as vazões medias no ano hídrico mais seco (1955-1956) encontrada na série histórica gerada para o período de 1935 a 2001.....	83
26	Demanda de água atual na bacia e disponibilidade de água considerando as vazões medias no ano hídrico mais chuvoso (1966-1967) encontrado na série histórica gerada para o período de 1935 a 2001.....	84

27	Meses com vazão excedente ou com déficit hídrico para o período de 1935 a 2001.....	86
----	---	----

LISTA DE TABELAS

	Página
1 Série de vazão média mensal (m^3/s) monitorada pelo DAEE de 1972 a 1975.....	48
2 Total de chuva mensal (mm) no período de 1935 – 2001. Instituto Agrônômico – Seção de Climatologia Agrícola da Estação Experimental de Ubatuba.....	49
3 Temperatura média $[Max+Min]/2$ ($^{\circ}C$) no período de 1935 – 2001. Instituto Agrônômico – Seção de Climatologia Agrícola da Estação Experimental de Ubatuba.....	52
4 ETP calculado pelo método Thornthwaite & Matter na Bacia do Rio Grande e dados do Tanque Classe A da Bacia de Juquiá.....	54
5 Série gerada de vazões médias mensais (m^3/s) para o Rio Grande de Ubatuba (1935 a 2001).....	75

LISTA DE QUADROS

	Página
1 Estrutura de entrada de dados do Modelo SMAP na versão mensal (Para calibração e validação do modelo).....	60
2 Estrutura de entrada de dados do Modelo SMAP na versão mensal (Para geração da série histórica de vazão).....	61
3 Dados de entrada para a calibração do modelo SMAP – versão mensal.....	63
4 Relatório final da calibração chuva - vazão para o Rio Grande de Ubatuba.....	67
5 Dados de entrada para a validação do modelo SMAP – versão mensal.....	69
6 Relatório final da validação do Modelo SMAP para o Rio Grande de Ubatuba.....	71
7 Dados de entrada para a geração da série histórica, pelo modelo SMAP G.....	73
8 Resultados médios anuais para a série histórica gerada.....	74
9 Vazão de referência utilizada para outorga de água.....	79
10 Captações superficiais para o abastecimento público de Ubatuba.....	81
11 Número de meses que a demanda é maior ou menor que a disponibilidade de água para abastecimento e, o percentual de meses que a disponibilidade é menor que a demanda.....	85

12	Estimativa da população de Ubatuba abastecida pelo Rio Grande de Ubatuba.....	88
13	Vazão media mensal (m^3/s), vazão média mensal disponível (m^3/s), população máxima (habitantes /dia) que pode ser atendida.....	90
14	Vazão media mensal (m^3/s), vazão média mensal disponível (m^3/s), população máxima (habitantes /dia) que pode ser atendida. (Ano mais chuvoso da série – 1966-1967).....	90
15	Vazão media mensal (m^3/s), vazão média disponível (m^3/s), população máxima (habitantes /dia) que pode ser atendida (Ano mais seco da série – 1955-1956).....	90

LISTA DE SIGLAS

CATI	Coordenadoria de Assistência Técnica Integral
CBH-LN	Comitê de Bacias Hidrográficas do Litoral Norte
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
DEPRN	Departamento Estadual de Proteção dos Recursos Naturais
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
ESALQ	Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
ETA	Estação de Tratamento de Água
FEHIDRO	Fundo Estadual de Recursos Hídricos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEF	Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais
ITESP	Instituto de terra do Estado de São Paulo
PESM	Parque Estadual da Serra do Mar
PMU	Prefeitura Municipal de Ubatuba
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SEADE	Sistema Nacional de Análise de Dados
SMAP	Soil Moisture Accounting Procedure
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a educação, a ciência e a cultura.

GERAÇÃO DA SÉRIE HISTÓRICA DE VAZÃO POR MEIO DO MODELO SMAP: SUBSÍDIO PARA O PLANO DE MANEJO DA BACIA DO RIO GRANDE DE UBATUBA.

Autora: VIVIANE BUCHIANERI

Orientador: Prof. Dr. WALTER DE PAULA LIMA

RESUMO

A bacia hidrográfica do Rio Grande de Ubatuba (26Km²) encontra-se quase que totalmente recoberta com vegetação nativa da Mata Atlântica, e grande parte está inserida no interior do Parque Estadual da Serra do Mar. O Rio Grande é um manancial estratégico para o município, pois abastece 88% da população, que recebe água tratada de serviço público. Com o propósito de conhecer a potencialidade hídrica do manancial de forma a subsidiar tecnicamente a elaboração do Plano de Manejo para a bacia, o presente estudo foi conduzido para gerar a série histórica de vazão, usando o Modelo SMAP (Soil Moisture Accounting Procedure) e analisar o balanço entre a disponibilidade e a demanda de água. Com apenas quatro anos incompletos de dados fluviométricos e com a série histórica de 67 anos de dados de precipitação, foi possível calibrar os parâmetros e validar o modelo com uma correlação de 0,838 entre as vazões estimada e observada e por último gerar a série histórica de vazão. Com a série histórica de vazão gerada foi feita a análise temporal do balanço entre a disponibilidade e demanda que permitiram

identificar a insuficiência hídrica para atender a demanda para abastecimento público ou para manutenção dos processos ecológicos do manancial, considerando três aspectos: a flutuação da população, a ocorrência de anos hídricos secos e, mesmo nos anos hídricos normais, ocorrência de períodos de meses secos prolongados. Com base na análise conjunta dos resultados, algumas ações consideradas compatíveis para a prevenção de possível escassez de água no futuro foram formuladas, visando proporcionar melhor qualidade de vida à população.

**GENERATING STREAMFLOW RECORDS THROUGH THE SMAP
MODEL: A CONTRIBUTION FOR THE ELABORATION OF THE
MANAGEMENT PLAN FOR THE RIO GRANDE WATERSHED,
UBATUBA.**

Author: VIVIANE BUCHIANERI

Adviser: Prof. DR. WALTER DE PAULA LIMA

SUMMARY

The Rio Grande Watershed of Ubatuba (26km²) is almost completely covered with native Atlantic Rainforest vegetation, and a large part is within the bounds of the Serra do Mar State Park. The Rio Grande is a strategic water source for the municipality, supplying 88% of the population demand with treated water via a public service. In order to analyse the water potential of the source and to acquire technical information for the preparation of the Watershed Management Plan, this study was carried out to generate streamflow historic data, using the SMAP (Soil Moisture Accounting Procedure) model. This, in turn, permitted to analyse the balance between demand and availability of water. With only 4 years of incomplete streamflow data and 67 years of rainfall data, it was possible to calibrate the parameters and validate the model with a correlation of 0.838 between the estimated and observed flows, and finally produce a streamflow history. To produce the streamflow history, a time analysis was carried out with the balance between availability and demand, which allowed the

identification of water shortages for public supply, as well as for the maintenance of the stream ecological processes, considering the following three aspects: population fluctuations, the occurrence of drought years and, even in normal years, the occurrence of extended periods of drought.

1 INTRODUÇÃO

Situada no Litoral Norte do Estado de São Paulo e distante apenas 250Km da capital, a cidade de Ubatuba apresenta forte vocação turística, determinada principalmente por sua localização geográfica e pelos seus atributos naturais. A paisagem, formada por um mosaico de ilhas, praias, restingas, florestas e serras entrecortadas por rios e cachoeiras, constitui beleza cênica diferenciada das demais regiões litorâneas.

A economia atual voltada ao setor turístico e imobiliário tem proporcionado um grande fluxo migratório para a região, incrementando significativamente o crescimento populacional da cidade, que é atualmente de 3,9%, ou seja, 2,1% percentuais acima da média estadual, que é de 1,8% ao ano, de acordo com os levantamentos realizados pela Fundação SEADE (Sistema Estadual de Análise de Dados), no período de 1991 a 2000 .

O crescimento urbano tem sido caracterizado pela expansão irregular da periferia com pouca obediência à regulamentação urbana relacionada com a lei de uso do solo e normas específicas para loteamentos. A ocupação irregular atinge a zona de amortecimento do Parque Estadual da Serra do Mar e, em alguns bairros, o interior da unidade de conservação.

Dentre os impactos relacionados a esse processo de desenvolvimento urbano, que vem se reproduzindo em cidades com altas taxas de crescimento anual, destaca-se a grande descarga de efluentes domésticos e pluviais sem tratamento que são despejados nos rios. Além disso, grandes volumes de material sólido do lixo também são despejados e, como consequência, agravam-se os problemas de inundação urbana. Esse cenário tem impacto

direto sobre a saúde da população, pois 65% das internações hospitalares no Brasil são provenientes de doenças transmitidas pela água (Tucci, 2002).

No município de Ubatuba existem cinco sistemas de abastecimento públicos, atendendo 87% da população. O Sistema Estação de Tratamento de Água (ETA) Carolina é responsável pelo abastecimento de 88% da população que recebe água tratada no município, sendo o maior sistema da cidade. A ETA Carolina foi implantada pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e entrou em operação no final de 1998. É abastecida pelos mananciais do Rio Grande e Cachoeira dos Macacos, sendo o primeiro o que representa a maior contribuição em termos de quantidade de água do sistema. O tratamento é constituído pelas operações filtração, desinfecção e fluoretação.

No Rio Grande, o volume de água captado pela SABESP é de 598 l/s no verão e 234 l/s no inverno (IPT, 2000). Consulta realizada no Processo SMA 89.036/93 que se encontra em trâmite junto ao Departamento Estadual dos Recursos Naturais, em Ubatuba, o sistema ETA Carolina foi projetado para abastecer 95% da população fixa e flutuante, ou seja, cerca de 200.000 habitantes até o ano de 2006, cobrindo, além da região central, a região norte até o bairro de Itamambuca, e a região sul até a Praia do Lázaro.

Grande parte da bacia encontra-se recoberta com vegetação nativa da Mata Atlântica, e a região foi reconhecida pela UNESCO como "Reserva da Biosfera da Mata Atlântica", no programa Man and Biosphere (MAB), colocando-a como um patrimônio da humanidade.

Os afluentes e as nascentes do Rio Grande encontram-se na escarpa do Parque Estadual da Serra do Mar (PESM), que é considerado pelo Sistema Nacional de Unidade de Conservação como Unidade de Proteção Integral, cujo objetivo de manejo visa à manutenção dos ecossistemas livres de alterações causadas por interferência humana, admitindo apenas o uso indireto dos seus atributos naturais. O Parque Estadual da Serra do Mar tem seus limites na cota

100m, e o ponto de captação de água de abastecimento encontra-se na cota 37,5 m.

Apesar da Bacia do Rio Grande de Ubatuba encontrar-se quase que totalmente recoberta com floresta, o que proporciona uma oferta de água de boa qualidade, o risco de degradação do manancial é iminente, em consequência do processo de expansão urbana desordenada.

Dentro desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo principal estimar a disponibilidade hídrica na bacia do Rio Grande, em termos quantitativos, de forma a subsidiar tecnicamente a elaboração do Plano de Manejo Participativo, a fim de garantir o suprimento de água potável para a população de Ubatuba.

Dentro desse propósito, os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) calibrar e validar, por meio do modelo SMAP (Lopes, et al., 1982), a relação chuva-vazão da bacia do Rio Grande de Ubatuba.
- b) gerar a série histórica de vazões mensais por meio do modelo SMAP;
- c) realizar análise temporal da disponibilidade e demanda de água para abastecimento público na bacia hidrográfica.

2 A CONTEXTUALIZAÇÃO ATUAL DO PROJETO DE PESQUISA PARTICIPATIVA

Thomas Kuhn, físico americano, diz que o que caracteriza a ciência não é o uso do método científico, mas o consenso da comunidade científica: o consenso é a adoção de um paradigma. Em “A estrutura das revoluções científicas”, publicado em 1970, o autor designa “paradigma” como sendo as realizações científicas que geram modelos que, por períodos mais ou menos longos e de modo mais ou menos explícito, orientam o desenvolvimento posterior das pesquisas. Na sociedade humana esses modelos possuem uma série de elementos sociais, econômicos e culturais que permanecem estáveis por longo período de tempo, até que novos períodos de desequilíbrio, incertezas e instabilidades começam a surgir, delineando então novos modelos, causando um período de transição e ruptura com o antigo, antes que um novo período de acomodação, estabilidade e equilíbrio ocorra (Buchianeri, 2004).

O físico Fritjof Capra (1992) tomou de Kuhn a definição sobre paradigmas e a ampliou da ciência para o âmbito da sociedade. Um paradigma social é um conjunto de conceitos, valores, percepções e práticas compartilhadas por uma comunidade, que forma uma visão particular da realidade, o que, por sua vez, determina a própria forma de organização da comunidade. É importante destacar a dimensão comunitária: uma pessoa pode ter uma perspectiva global, mas o paradigma há de ser compartilhado no interior da comunidade. Hoje em dia pode-se dizer que as ameaças representadas pela devastação do meio ambiente e a persistência da pobreza,

problemas impossíveis de resolver pelo antigo paradigma, não são mais que a indicação de que o paradigma social alcançou seus limites (Gomes,2003).

De forma resumida, portanto, pode-se dizer que o paradigma da ciência ocidental encontrou alguns de seus fundamentos no empirismo (o conhecimento obtido pela experiência repetida), no racionalismo (a redução do todo a partes pequenas para melhor estudá-las, e que teve como corolário a especialização) e no positivismo, ou conhecimento objetivo e verdadeiro da realidade estudada, pois a pesquisa, para ser científica, tem de ser testada, provada (Gomes,2003).

Não se sabe muito bem em que período estamos, mas há evidências de mudanças paradigmáticas na compreensão humana do mundo. Alguns autores definem o momento atual como uma ruptura com antigos paradigmas. Outros, como um período de transição, em que há uma intersecção de modelos. Essa observação pode ser descrita como o advento da condição “pós-moderna”, ou seja, a etapa intermediária entre o esgotamento da “modernidade” e o período que a irá suceder (Buchianerl, 2004).

Funtowicz & Ravetz (1993) desenvolveram o conceito de ciência pós-normal, que trata de estratégias de resolução de problemas adequadas a esse contexto. Os novos problemas relacionados a riscos e ao meio ambiente têm aspectos comuns que os distinguem dos problemas científicos tradicionais: os fatos são incertos, os valores, controversos, as apostas, elevadas e as decisões, urgentes (Funtowicz & Ravetz,1997). Ainda, de acordo com os autores, a função essencial de controle de qualidade ambiental e avaliação crítica não pode mais ser desempenhada por um corpo restrito de especialistas. O diálogo sobre a qualidade e a formulação de políticas deve ser estendido a todos os afetados pela questão, que formam o que se chama de “comunidade ampliada dos pares”.

De acordo com Gomes(2003), o conceito de ciência pós-normal desenvolvido por Funtowicz & Ravetz(1993) não pretende neutralidade ética nem ignora as conseqüências políticas do uso da ciência na sociedade

moderna, como defendem empiristas, racionalistas e positivistas; simplesmente, ela pretende um tipo de “ciência com as pessoas”. Na resolução de problemas complexos, não basta superar as incertezas cognitivas, a elas somam-se as incertezas éticas derivadas dos valores conflitivos da sociedade. A ciência pós-normal é recomendada para sair do reducionismo dominante nas “comunidades restringidas de pares”, levando a tomada de decisão para o âmbito das “comunidades estendidas de pares”, através do debate mais amplo com toda a sociedade, ou promovendo democratização na produção e circulação do conhecimento, o que requer a participação dos sujeitos implicados no processo.

De certa forma, essas idéias de transdisciplinaridade fizeram parte da preparação de estratégias para a construção de um plano de manejo integrado para a bacia do Rio Grande, buscando conhecer a potencialidade hídrica do principal manancial abastecedor da cidade de Ubatuba, a partir de discussões entre os diversos setores da sociedade, visando à conservação da bacia, de forma a garantir o suprimento de água de boa qualidade para a população atual e futura.

O maior conflito do uso da água nesta bacia é com relação à ocupação do solo. Cabe destacar que o manancial do Rio Grande tem todas as nascentes e a foz dentro do limite territorial do município de Ubatuba, não havendo, portanto “disputas de água” com outros municípios. Além disso, acima da captação de água, não existem centros industriais ou grandes áreas agrícolas que poderiam potencializar o risco de degradação do manancial.

Destaca-se a existência de diferentes tipos de conflitos com relação ao uso do espaço territorial. Existe a população que vem ocupando gradativamente o Parque Estadual da Serra do Mar, desmatando floresta e as matas ciliares. Essa população é composta, na maioria, de migrantes que chegam ao município para trabalhar em serviços temporários, dando atendimento para a demanda turística ou da construção civil. Existe uma rotatividade muito grande de pessoas nessa região, e isso ocorre em função da existência da unidade de

conservação e dos instrumentos judiciais que cada vez se tornam mais rígidos no tratamento das ocupações ilegais.

Entre a cota de captação de água (cota 37,5m) e a cota que delimita o início do Parque Estadual da Serra do Mar (cota 100m), a população ali estabelecida é fixa, recebe quase todos os serviços públicos, tais como: manutenção de sistema viário, coleta de lixo, telefone, energia elétrica, escola, porém, não recebe água tratada da concessionária pública, o que obriga a utilizar a água proveniente dos afluentes do Rio Grande, retirando um volume de água considerável e que não está sendo monitorado nem pela concessionária (SABESP) nem pelo órgão fiscalizador (DAEE). A água não é fornecida por algumas razões, dentre elas a existência de loteamentos não regularizados pelo poder público e também os custos operacionais que a empresa concessionária deveria investir para levar água para aquela região por bombeamento. Outro fator alegado pela empresa concessionária diz respeito à dificuldade de fazer com que todos os moradores da região façam conexão na rede da SABESP, uma vez que predominam moradores com baixo poder aquisitivo e que estão acostumados a receber água direto do manancial, sem necessidade de pagar pelo serviço de tratamento.

Paralelamente, tem-se a população beneficiária do sistema de água tratada, cuja preocupação é com a manutenção da qualidade e quantidade de água fornecida pela concessionária. Essa preocupação está respaldada no fato do Rio Grande ser o segundo maior manancial com volume de água existente no município e estar localizado na bacia de maior concentração de habitantes.

Notadamente existem dois tipos de interesses relevantes dentro da comunidade, como por exemplo o interesse meramente territorial, no qual parte da população está fixada em local de grande contribuição hídrica para a bacia, e o interesse pelo uso da água, ou seja, a garantia de recebimento de água potável.

Entretanto, somam-se a isso outros interesses das instituições setoriais, destacando o Instituto Florestal, cuja preocupação é com a conservação da

biodiversidade do parque, a CETESB, preocupada com a qualidade da água do manancial, o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), com a quantidade de água, a Secretaria Estadual da Saúde e a Vigilância Sanitária, preocupadas com a saúde da população, a SABESP, com a distribuição de água, o Departamento Estadual de Proteção dos Recursos Naturais (DEPRN), com a preservação da vegetação nativa, a Secretaria de Arquitetura e Urbanismo, preocupada com o ordenamento do espaço territorial, a Secretaria da Agricultura, com as pessoas que desenvolvem agricultura de subsistência, e o Instituto de Terras do Estado de São Paulo (ITESP), preocupado com a questão fundiária. Existem também instituições articuladoras que desenvolvem algum trabalho com a comunidade nesta bacia e os órgãos fiscalizadores, como a Polícia Ambiental e Ministério Público do Estado de São Paulo.

Diante desse cenário, foi concebido o projeto “Manancial do Rio Grande: Potencialidade e Riscos” que foi aprovado pelo Comitê de Bacias Hidrográficas do Litoral Norte (CBH-LN) para recebimento de recursos financeiros junto ao Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO). Contemplando a parceria entre a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), o Instituto de Pesquisa e Estudo Florestais (IPEF) e o Instituto Florestal (IF), um dos pressupostos desse projeto é a elaboração, por meio de processo participativo, de um plano de manejo específico para a bacia do Rio Grande.

Este plano vem sendo construído e implementado por um grupo de trabalho estabelecido em julho de 2000, no âmbito do próprio CBH-LN, que é composto por técnicos de instituições governamentais como a CETESB, SABESP, Secretaria Estadual da Saúde, DAEE, ITESP, DEPRN, Secretaria da Agricultura e Abastecimento, Secretaria de Arquitetura e Urbanismo e Vigilância Sanitária, Secretaria de Agricultura e Pesca (PMU), Ministério Público Estadual, Polícia Ambiental, organizações não governamentais como Sociedade Amigos do Pé da Serra, Sindicato dos Trabalhadores Rurais, Sociedade Amigos da Praia das Toninhas e a ESALQ/USP.

Sucintamente, as etapas para a elaboração do Plano de Manejo Integrado, segundo Buchianeri et al.(2003) foram:

1. identificação dos problemas da bacia através do método de visualização, no qual cada problema percebido foi sendo transcrito em fichas e colocadas em um painel, no qual os participantes puderam identificar e classificar os diferentes riscos para a Bacia do Rio Grande de Ubatuba. O painel de identificação dos problemas encontra-se na Figura 1. Procedeu-se, então, à transformação dos problemas em objetivos, resultando no painel apresentado na Figura 2.

Poluição de mananciais	Ocupação	Degradação ambiental	Instrumentos legais
Preservação da Bacia do Rio Grande	Ocupação irregular	Perda da biodiversidade em função dos desmatamentos e caça predatória	Fiscalização insuficiente
Contaminação dos mananciais	Ocupação desordenada da área	Desmatamento ilegal	Fiscalização
Preservação da microbacia e do parque	Ocupação irregular da área	A degradação da mata acarretará deslizamento	Instrumentos legais não estão sendo suficientes para conter a fiscalização do parque
Poluição dos rios por lançamento de esgoto-qualidade das águas interiores	Situação fundiária		
Contaminação da água bruta captada	O parque está sendo invadido		
Risco de contaminação dos mananciais	Quem ocupa área de manancial prejudica o abastecimento de 54 mil habitantes		
Manancial está sendo degradado	Ocupação da área de manancial, está trazendo perigo a saúde pública		
Poluição da água	Falta de água bruta para captar		
Assoreamento dos rios - inundações			
Quantidade de água para abastecimento comprometida			

Figura 1 - Painel de identificação dos problemas

1	2	3	4	5	6	7
<u>Realizar a caracterização hidrológica do Rio Grande</u>	Capacitar em termos legais as diferentes instituições e sociedade civil	Priorização da questão do uso e ocupação do solo com parte fundamental da política pública municipal	Inibir novas ocupações por meio de observações controladas	Capacitar órgãos fiscalizadores	Realizar fórum de desenvolvimento participativo	Buscar cooperação junto aos organismos competentes, no auxílio aos moradores que serão remanejados
Caracterizar o Rio Cachoeira dos Macacos	Demarcar e sinalizar o parque	<u>Apresentar para a comunidade local a contextualização do problema</u>	Austeridade na fiscalização PAMB, IF, DPRN, PMU	Contratação de pessoal,		Definir juridicamente a propriedade das áreas
Controlar a qualidade da água bruta e tratada CETESB e SABESP	Integrar os agentes públicos	Definir a quem caberá o ônus de dar estruturação para as famílias em outras áreas	Colocar placas nas áreas abandonadas, indicando estar sob responsabilidade do IF (em recuperação)	Aquisição de equipamentos		Realizar o levantamento sócioeconômico
Embargar todas as áreas da bacia, evitando aumento da degradação	Contratar pessoal capacitado	Tipologia dos ocupantes da bacia - Realizar levantamento sócioeconômico		Proposta de transformar a comunidade em agente de observação controlada		Realizar levantamentos para caracterizar a situação fundiária
Viabilizar a retirada das pessoas nas áreas mais sensíveis	Oficina de trabalho para conhecimento da função e atribuição de cada órgão	Programa de apoio às famílias Educação Ambiental Incentivo ao reflorestamento		Integrar equipes de fiscalização com a comunidade		Elaborar projetos de educação ambiental
Estabelecer as áreas prioritárias e critérios para desocupação	Definição de protocolo entre órgãos para agilização das ações e resolutividade	Retomada do projeto de alfabetização e agricultura de baixo impacto (manejo)				<u>Propor soluções técnicas para minimizar os impactos (saúde e meio ambiente), respeitando a situação local</u>
<u>Estimar o preço da floresta como produtora de água</u>		Influenciar a definição do uso do solo e ocupação do solo pela PMU				

Figura 2 - Painel dos objetivos

2. após a identificação dos problemas da bacia e seus objetivos específicos, foram formados quatro subgrupos temáticos, quais sejam: i) proteção, conservação e recuperação de áreas degradadas; ii) gestão; iii) quantidade e qualidade de água; iv) divulgação, capacitação e conscientização ambiental. Foram construídas matrizes de planejamento contemplando os seguintes itens: ações, atividades, metas, prazos, atores diretos, parceiros, fontes de financiamentos. As Figuras 3, 4, 5 e 6 apresentam as matrizes de planejamento elaboradas .
3. e, finalmente, a implementação e a reavaliação do plano de manejo participativo.

Tema	Ações de Melhoramento Ambiental	Atividades	Metas	Prazos	Responsáveis	Entidades de Apoio	Fonte de Financ.
Monitoramento da quantidade da água	Realizar estudos de caracterização hidrológica da Bacia do Rio Grande	Determinar a vazão do Rio Grande, gerar série histórica, fazer estudo de disponibilidade e demandas hídricas	Estudo elaborado e disponibilizado ao público	Médio	IF/PEF/ESALQ	GT-Rio Grande	FEHIDRO
Conservação da quantidade de água	Assoreamento dos Rios e Inundações	Manutenção e recuperação da margens Rios/ Orientação	Preservar as faixas marginais	Médio	DEPRN/PAMB/ IF/PMU	UNITAU/SAPES/AC/CESP/ Emp.Privadas/	Fehidro/Convênios
Conservação da quantidade de água	Distribuição de água pela SABESP para as propriedades localizadas entre cota 40 e 100m	Fazer estudo técnico e identificar locais para instalação de equipamentos	Aprovar projetos nos órgãos licenciadores	Médio	SABESP/Associação dos Engenheiros	DAEE/GT-RIO GRANDE	SABESP
Proteção da Bacia	Intensificar a fiscalização preventiva	Realizar fiscalização integrada -IF-PAMB-DEPRN-PMU	Fiscalização conjunta 4x/mês	Curto	IF/ PAMB/DEPRN/Prefeitura	Ministério Público/Associação dos Engenheiros	Órgãos Públicos Estaduais
Proteção da Bacia	Elaborar o relatório sobre a ocupação na área do PESM	Reunir dados existentes na PAMB e IF/Realizar vistorias técnicas	Diagnosticar o Impacto da ocupação nos recursos hídricos	Curto	IF/GT-Rio Grande	Ministerio Público	Órgãos Públicos Estaduais
Proteção da Bacia	Embargar Judicialmente toda área da Bacia, evitando o aumento da degradação	Encaminhar o relatório de ocupação ao Ministério Público Estadual	Estagnar a atividade antrópica	Curto	Ministério Público/Poder Judiciário	IF/PAMB/DEPRN/PMU/GT-RG	Órgãos Públicos Estaduais
Proteção da Bacia	Realizar a demarcação do Parque Estadual da Serra do Mar	Encaminhar ofícios à Procuradoria do Estado/Secretaria do Meio Ambiente e Secret.Recursos Hídricos solicitando providências	Tornar público o limite do PESM	Curto	Procuradoria Geral do Estado /Instituto Florestal/ Câmara Municipal e Ministério Público	IF/ITESP/SMA	FNMA/Recursos Estaduais
Proteção da Bacia dentro dos limites do PESM	Viabilizar a retirada das pessoas nas áreas mais sensíveis	Realizar o levantamento sócioeconômico dos ocupantes/Realizar embargos judiciais	Acelerar a recuperação e minimizar o impacto da ocupação	Médio	Ministério Público /IF/Esalq	GT-Rio Grande	Fehidro/Órgãos Públicos.
Proteção da Bacia	Realocar moradores de baixo poder aquisitivo	Buscar parcerias e recursos financeiros para implantação de novoteamento/Desapropriar áreas propícias para implantação do projeto/Aprovação do Projeto Grapohab	Minimizar o problema social	Médio	PMU	SAT/IF/PAMB/DEPRN/CETESB	Recursos Estaduais CEPAM
Riscos potenciais à saúde pública	Elaborar diagnóstico sobre os riscos potenciais à saúde pública e função do assentamento humano ao montante da área de captação de água	Levantamento dos principais problemas	Elaborar parecer técnico	Curto	Secretaria Estadual da Saúde/ Cetesb/Sabesp/ IF/Polícia Ambiental/DEPRN	Ministério Público	Órgãos públicos
Monitoramento da Qualidade da Água	Monitoramento da água na captação de água do Rio Grande e Cachoeira do Macaco	Instalar equipamentos para medição diária da qualidade de água /Elaborar um banco de dados/ alimentar o banco de dados/Disponibilizar os dados à comunidade através da Internet /Apoiar o desenvolvimento de pesquisa relacionado ao tema	Banco de dados elaborado/Avaliação periódica de água bruta realizada/Dados disponibilizados a	Médio	Cetesb	Sabesp/Secretaria de Saúde/Unicamp/Universidades	Órgãos Públicos Fapesp outras fontes
Poluição da rede de drenagem por esgoto na área de produção hídrica da Bacia/Áreas situadas entre a cota 40 a 100 m	Estudar a possibilidade de realização de pessoal das áreas mais sensíveis da Bacia art2º CF	Realizar estudos para identificar as áreas mais sensíveis/levantar o número de moradores que se encontram nesta área	Estudos realizados e mapeados/CA-dastramento da população realizado	Longo	GT-Rio Grande/ IPEF/ESALQ	Universidades/Ministério Público/Associação de Bairro	Órgãos Públicos Estaduais
Poluição da rede de drenagem por esgoto na área de produção hídrica da Bacia/Áreas situadas entre a cota 40 a 100 m	Estudar a proposta de construção e readequação de fossas sépticas/Implementar a proposta	Realizar o cadastramento dos moradores/realizar testes de infiltração em diversos pontos da Bacia/ Elaborar projetos técnicos/Orientar moradores		Médio	Prefeitura/GT-Rio Grande	Ministério Público/Associação dos Engenheiros	Fundo estadual
Poluição da rede de drenagem por esgoto na área de produção hídrica da Bacia/Áreas situadas entre a cota 40 a 100 m	Estudar proposta de ligação na rede da Sabesp / implementar a proposta	Ampliar a rede de esgoto		Médio	Sabesp	GT-Rio Grande	Órgão Público

Figura 3 - Matriz de planejamento - Quantidade e qualidade da água (em destaque a atividade contemplada no presente trabalho)

Tema	Ações de Melhoria Ambiental	Atividades	Metas	Prazos	Responsáveis	Entidades de Apoio	Fonte de Financiamento
Recuperação de áreas degradadas	Elaborar projeto para Viveiro Florestal	Fazer estudo de viabilidade de montagem de viveiro e elaborar projeto	Tornar o Viveiro auto sustentável	médio	IF/CBH-LN/PMU	Sabesp/Unitau/Prefeitura/CBH-LN/STR/IAC	Fehidro/ Fundação Boticário/Fundo Meio Ambiente
Recuperação de áreas degradadas	Implantar Viveiro Florestal	Definir equipe para trabalhar no viveiro/adquirir equipamentos/elaborar programa de coleta de sementes/plantio das sementes/ transporte das mudas p/ campo	Efetivação do projeto de viveiro de mudas com apoio da comunidade	longo	IF/CBH-LN/PMU/SAPES /IPEF	IPEF/PMU/IAC/CBH-LN	Fehidro/ Fundação Boticário/Fundo Meio Ambiente
Recuperação de áreas degradadas	Cadastramento das áreas prioritárias para o reflorestamento	Treinamento da equipe para o cadastramento/priorizar áreas	Áreas prioritárias selecionadas e apoio da comunidade na recuperação dessas áreas	curto	SAPES/PMU/UNITAU/IF	Unitau/Sapes /IF/Prefeitura/STR	Instituto Florestal, Ministério Público, VCP, UNITAU
Recuperação de áreas degradadas	Reflorestamento de mata ciliar	Elaboração de projeto para cada área/Assistência técnica e acompanhamento	Implantação da recuperação e acompanhamento da evolução	longo	SAPES/PMU/UNITAU/IF	IF/Unitau/SAPES/Prefeitura/STR	Fehidro/Iniciativa privada
Fiscalização e Monitoramento	Elaborar programa de monitoramento e fiscalização para inibir novas ocupações	Fiscalização efetiva através dos órgãos já existentes PAMB/DEPRN/Prefeitura/ participação voluntária da comunidade no monitoramento.	Articulação dos órgãos públicos/Capacitação de monitores para serem agentes ambientais	curto	PAMB/ Prefeitura/ DEPRN/IF	Sapes/ CBH-LN/IF/Comunidade	Verbas Públicas
Atividades agrícolas	Elaborar projetos de agricultura de baixo impacto para áreas abaixo da cota 100	Implantação do projeto de silvicultura ou agrofloresta para abandono dos cultivos exóticos	Criação de cooperativas/ Estudo detalhado dos nichos de mercado.	médio	Secretaria da agricultura e STR	SAPES /Unitau/Itesp	Fehidro/FNMA/PR ONAF
Conservação da Bacia	Elaborar projeto para fossas ecológicas	Atingir 100% dos moradores	Eliminar o potencial de poluição /Proteção do manancial	médio	Sabesp/Prefeitura/DAEE/ SMA	CBH-LN/GT-Rio Grande	Prefeitura/SMA/As sociação de Engenheiros de Ubatuba
Conservação da Bacia	Captação de água para área abaixo da cota 100.	Eliminar a quantidade de mangueiras para captação e desperdício de água	Atingir 100 % dos moradores/ Proteção do manancial	médio	Sabesp/Prefeitura/DAEE/ SMA	CBH-LN/GT-Rio Grande	Prefeitura/SMA/As sociação dos Engenheiros de Ubatuba

Figura 4 - Matriz de planejamento - Proteção, conservação e geração de áreas degradadas

Tema	Ações de Melhoria Ambiental	Atividades	Metas	Prazos	Responsáveis	Entidades de Apoio	Fonte de Financiamento
Políticas Públicas Municipais	Priorizar a questão do uso e ocupação do solo.	Discussão dos problemas da Bacia junto à Equipe Plano Diretor do Município	Estabelecer uma zona "especial" para a área de produção hídrica da bacia	curto	GT-Rio Grande	GT-Rio Grande/Câmara Municipal/Prefeitura	xx
Legislação Ambiental Manancial	Fazer uma minuta de legislação - Criação "APA Municipal" entre as cotas 40-100 e estudar outros instrumentos de proteção	Apresentar em audiência pública	Área de produção hídrica protegida	médio	Câmara Municipal	GT-Rio Grande/Câmara Municipal/Prefeitura	xx
Zonamento Ambiental	Elaboração de Zonamento e Regulamentação de uso da área de Manancial (APA ou Uso Especial)	Definir diretrizes de ocupação	zonamento estabelecido	médio	GT-Rio Grande, IPEF, IF, ONG	CBH-LN	Fontes de financiamento externas
Caracterização sócioeconômica dos moradores situados à montante da captação	Caracterização da questão fundiária	Elaboração e Aplicação de questionário	Traçar o perfil dos moradores	curto	IPEF	ITESP/GT-Rio Grande	Fehidro
Elaborar o Plano de Manejo	Apresentar em audiência pública	Implantação do Plano de manejo	atividades propostas serem cumpridas	longo	IF/IPEF/PMU/Câmara	GT-Rio Grande	Fehidro
Preservação de toda a Bacia	Elaborar Plano de Manejo para toda área da Serra ao Mar	Elaborar projeto	Projeto aprovado e recurso financeiro disponibilizado	longo	GT-Rio Grande	GT-Rio Grande/IPEF/IF/ outros	Fehidro
Integração e comprometimento dos órgãos públicos	Definir protocolos entre órgãos para agilização de ações e resoluções	Estabelecer prioridades	Ações realizadas com resultados positivos	curto	Prefeitura/Órgãos Estaduais	GT-Rio Grande	xx
Melhoria na fiscalização preventiva e repressiva	Elaboração de um plano de fiscalização	Inserir a prefeitura municipal no POC/PPMA e estabelecer Plano de Trabalho	Termo de cooperação para realização dos trabalhos	curto	S.A.U/DEPRN/IF/PAMB	IF/SAU/PAMB/Soc. Amigos das Toninhas / DEPRN	Sabesp/SNUC
Demarcação do Parque	definir áreas prioritárias	Encaminhamento de ofícios SMA/Procuradoria	Áreas do entorno do PESM identificadas	curto	Câmara/CBH-LN	ITESP/IF	Verbas Estaduais
Datas comemorativas	Formação de uma equipe de trabalho	Definir data importantes e tipo de eventos	realização de eventos com periodicidade	curto	GT-Rio Grande	CBH-LN	Patrocínios

Figura 5 - Matriz de planejamento - Gestão

Tema	Ações de Melhoria Ambiental	Atividades	Metas	Prazos	Responsáveis	Entidades de Apoio	Fonte de Financiamento
Curso de capacitação	Capacitar as diversas instituições, educadores e Associações de Moradores	acompanhar o andamento do Projeto junto ao FEHIDRO	Realização de 05 mini- cursos 2002	médio	IPEF / IF	GT-Rio Grande	FEHIDRO
Projetos de educação ambiental	Buscar parcerias junto as ONGs para desenvolverem projetos	Apresentar o plano para ONGs	Um projeto de E. A a cada ano implantado	médio	UNITAU/ESALQ/ Universidades	Prefeitura / GT Rio Grande	FEHIDRO
Divulgar na mídia	Divulgação na Imprensa semanalmente e entrevista na Rádio para conscientização da população	elaboração de textos, firmar compromisso com a imprensa local	Semanalmente publicar matéria na imprensa local	curto	GT- Rio Grande	Jornal A Semana/Rotary Clube/Ubatuba/ Escolas- Rádio Cidade Azul - Igrejas	xx
Divulgar na mídia	Divulgar nos meios de telecomunicações	elaboração de textos, firmar compromisso com a imprensa local	Duas matérias a cada seis meses	curto	GT- Rio Grande	TV Cultura/ TV Globo/ Canal Rural	xx
Divulgação	Colocar Placas informativas na área de captação e de produção de água	Definir tipos de placas e locais	Área da bacia sinalizada e conhecida	curto	GT- Rio Grande	IF, PMU, Associação de bairro	PMU

Figura 6 - Matriz de planejamento - Divulgação, capacitação e conscientização ambiental

O presente trabalho constitui, desta forma, uma contribuição e um avanço dessas interações, pois apresenta os resultados de uma das ações necessárias delineadas para a elaboração do Plano de Manejo, que é a caracterização hidrológica da bacia hidrográfica do Rio Grande de Ubatuba.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Marco Legal

O Código das Águas, Decreto nº 24.643, publicado em 10 de julho de 1.934, era o único instrumento legal abrangente e específico sobre os recursos hídricos no País, até a publicação da Lei 9.433 em 1997, que institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos (Brasil, 1997). Apesar das posturas corretas daquele decreto na disciplina do uso da água, na formulação do princípio para o uso múltiplo, nas preocupações com a saúde pública e a preservação da qualidade dos recursos hídricos, institucionalmente não conseguiu sobrepujar a setorialização existente na administração pública brasileira (São Paulo, 1977). Naquele instrumento legal, o recurso água dividia-se em três categorias: águas públicas, comuns e particulares. Com a promulgação da Constituição Federal em 1988, fica estabelecido que a partilha das águas é feita entre a União e os Estados Federados, desaparecendo, assim, as categorias de águas municipais e particulares.

Anteriormente à promulgação da Lei 9433/97, o Estado de São Paulo elaborou a Política Estadual dos Recursos Hídricos, o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos e o Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO), por meio da Lei Estadual 7663 de 30 de dezembro de 1991 (Brasil, 1991) que tem como foco principal o uso sustentável dos recursos hídricos, de forma a garantir a oferta adequada de água em quantidade e qualidade aos usuários atuais e seus descendentes. Adota a bacia hidrográfica como referência de gestão descentralizada, participativa e integrada,

reconhecendo a água como bem público e compatibilizando o uso da água com o desenvolvimento regional e a proteção do meio ambiente (São Paulo, 1977).

A Política Nacional dos Recursos Hídricos toma como base a lei paulista, tendo como pontos comuns: a utilização racional das águas e sua prioridade para o abastecimento das populações, o aproveitamento múltiplo, a preservação e a proteção contra ações que possam comprometer seu uso atual e futuro e a gestão descentralizada, participativa e integrada com os demais recursos naturais e as peculiaridades da bacia hidrográfica. Ainda, da mesma forma que a lei paulista, institui o gerenciamento das bacias hidrográficas através dos comitês regionais.

Com base nesses instrumentos legais, foi criado em 1997 o Comitê de Bacias Hidrográfica do Litoral Norte (CBH-LN), que é uma das 23 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRH) do Estado de São Paulo e que abrange os municípios de Ubatuba, Caraguatatuba, São Sebastião e Ilhabela.

3.2 Fundamentos Teóricos: a importância da floresta na produção de água

3.2.1 O ciclo hidrológico e a bacia hidrográfica

O ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionada fundamentalmente pela energia solar associada à gravitação e à rotação terrestre.

A superfície terrestre abrange os oceanos, os rios e lagos, os aquíferos subterrâneos, as calotas polares, os solos saturados (áreas alagadas), rochas e os seres vivos.

A atmosfera também possui uma diversidade de condições físicas importantes, entretanto a maioria dos fenômenos meteorológicos acontece numa camada da atmosfera de cerca de 16 quilômetros, onde está contida a quase totalidade da umidade da atmosfera (troposfera).

O intercâmbio entre as circulações da superfície terrestre e da atmosfera, fechando o ciclo hidrológico, ocorre nos dois sentidos: a) no sentido superfície - atmosfera, em que o fluxo de água ocorre fundamentalmente na forma de vapor como decorrência a evapotranspiração ; b) no sentido atmosfera – superfície, em que a transferência de água ocorre em qualquer estado físico, sendo mais significativas, as precipitações de chuva e neve (Tucci, 2002).

A água é evaporada dos oceanos e da superfície continental e se torna parte da atmosfera. A umidade atmosférica precipita-se tanto nos oceanos como nos continentes. Nestes, a água precipitada pode ser interceptada pela vegetação, pode escoar pela superfície dos terrenos, ou pode infiltrar-se no solo, de onde pode ser transpirada pelas plantas, envolvendo vários e complicados processos hidrológicos como: evaporação, precipitação, interceptação, transpiração, infiltração, percolação, escoamento superficial (Lima, 1996).

O ciclo hidrológico só é fechado em nível global, e a água evaporada em um determinado local do planeta não precipita necessariamente no mesmo local, em função dos movimentos contínuos e com dinâmicas diferentes na atmosfera e na superfície terrestre. A Figura 7 apresenta a esquematização do ciclo da água.

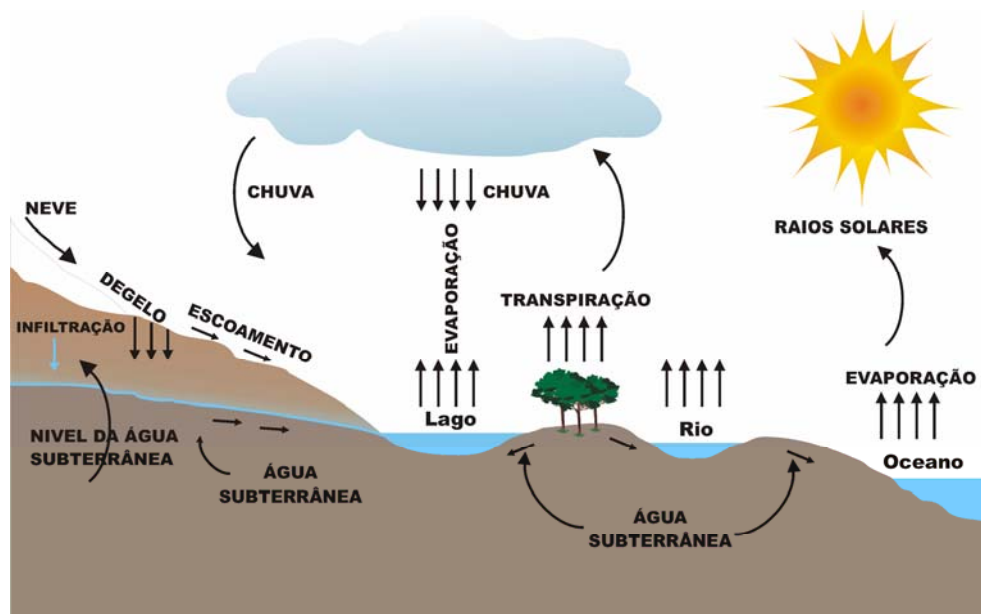


Figura 7 - Esquema do ciclo hidrológico

Uma bacia hidrográfica compreende toda a área de captação natural da água da chuva, que proporciona escoamento para o canal principal e seus tributários. O limite superior de uma bacia é o divisor de águas, ou seja, o divisor topográfico, e a delimitação inferior é a saída da bacia, isto é, sua confluência. O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é função de suas características morfológicas, ou seja, área, forma, topografia, geologia, solo, bem como a cobertura florestal (Lima, 1996).

Do ponto de vista hidrológico, as bacias hidrográficas são classificadas em grandes e pequenas, não com base em sua superfície total, mas nos efeitos de certos fatores dominantes na geração do deflúvio. Define-se "microbacia" como sendo aquela cuja área é tão pequena que a sensibilidade a chuvas de alta intensidade e às diferenças de uso do solo não seja suprimida pelas características da rede de drenagem (Lima & Zakia, 2000).

A Lei Paulista nº 7663/91, de Recursos Hídricos, adota o termo bacia hidrográfica como "unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento"

(Brasil,1991) e, na Lei Federal nº 9.433/97, a bacia hidrográfica é definida como a “unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos” (Brasil, 1997).

Os rios são ecossistemas abertos em constante interação com o sistema terrestre e a atmosfera circundante. De acordo com Petts(2000), os rios devem ser vistos em três dimensões espaciais – longitudinal, lateral e vertical – pronunciando mudanças físicas, químicas e biológicas. Eles são caracterizados por fortes processos hidrológicos e geomorfológicos, frente a mudanças climáticas e temporais. As três dimensões acima devem ser consideradas para a prática da conservação dos rios, acrescentando, ainda, as dimensões temporal e conceitual. A dimensão temporal é bastante significativa e importante, uma vez que a morfologia do canal de água e as comunidades aquáticas podem se alterar naturalmente, ao longo do tempo. Além disso, mudanças abruptas induzidas pelo homem, como represamento e lançamento de esgoto, podem alterar os processos a montante e a jusante.

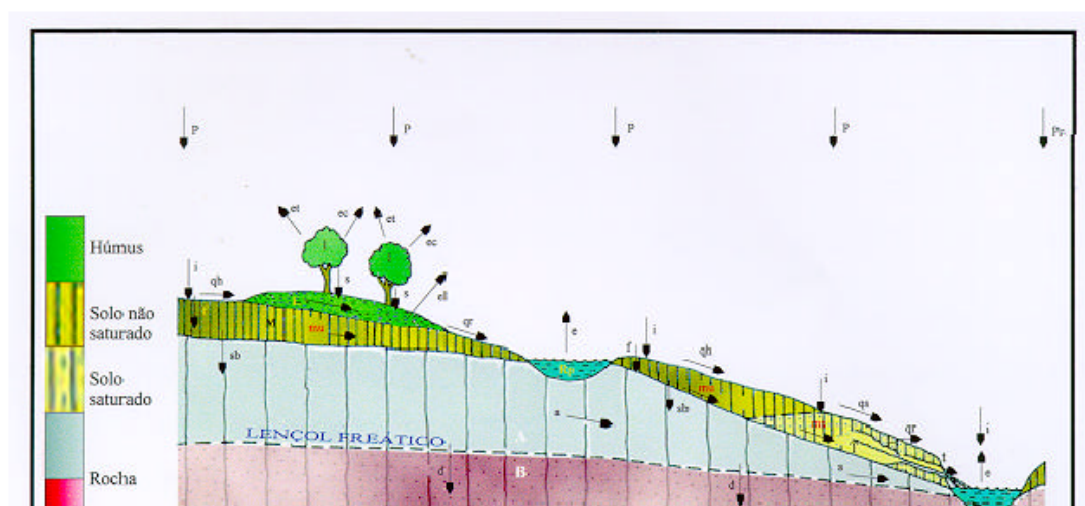
Outras características principais dos rios são o nível e a profundidade da água, a cota do fundo, os leitos maior e menor, declividade e a vazão. A profundidade se refere à distância entre a superfície e o fundo do rio. A cota do fundo de uma seção é o seu ponto inferior na seção. O leito menor é a parte do rio onde o mesmo escoar na maioria do tempo (> 95% do tempo), e o leito maior é quando o rio escoar durante as enchentes mais raras. A cota do leito menor se refere ao risco da ordem de 2 a 5 anos de tempo de retorno, e o limite do leito maior é definido para um risco da ordem de 100 anos. A vazão é a quantidade de água que passa na seção por unidade de tempo.

3.2.2 A influência da floresta na produção de água

Qualquer ponto de uma superfície terrestre faz parte de uma bacia hidrográfica e sempre existe uma área discreta do terreno que capta a água da

chuva, perde água por evaporação e produz o restante como deflúvio, ou seja, completa o balanço hídrico.

Os processos envolvidos no balanço hídrico de uma bacia hidrográfica podem ser observados na Figura 8.



Precipitação total	P	Escoamento hortoniano (superficial)	q_h
Precipitação no curso d'água	P_c	Escoamento superficial de áreas saturadas	q_s
Intensidade da chuva	i	Refluxo	q_r
Evapotranspiração	e_i	"Pipe flow"	t
Evaporação da água interceptada pelas copas	e_c	"Pipe storage"	T
Armazenamento de água nas copas	I	Escoamento subsuperficial não saturado	m_s
Escoamento pelo tronco e gotejamento	s	Escoamento subsuperficial saturado	m_s
Escoamento pelo litter	l	Armazenamento de água no solo	M
Evaporação da água interceptada pelo litter	e_l	Percolação para a camada rochosa	S_b
Armazenamento da água no litter	L	Fluxo na camada rochosa	a
Evaporação	e	Zona de aeração	A
Água armazenada nas depressões	R_p	Percolação profunda	d
Infiltração	f	Escoamento base	B

Figura 8 - Principais componentes do ciclo hidrológico em uma bacia hidrográfica (Zakia, 1998)

As florestas desempenham importante papel no regime hídrico de uma bacia hidrográfica. Segundo Lima (1993), uma microbacia hidrográfica, como um sistema natural aberto, funciona através de troca contínua de energia e

matéria com o meio; e como ecossistema aberto de contornos bem definidos, ela não se encontra normalmente em equilíbrio. Ao contrário, sua dinâmica manifesta-se através de uma contínua condição transiente. Dessa forma, seu funcionamento é altamente complexo e bastante estável, tendo condições de suportar perturbações naturais, quando em boas condições de proteção florestal. Por outro lado, por essas mesmas razões, é altamente vulnerável a perturbações, quando algumas das interações dos processos hidrológicos internos são destruídas. As trocas de energia e matéria em uma bacia hidrográfica com o meio, assim como os processos hidrológicos internos que normalmente operam numa microbacia, podem ser visualizados na Figura 9, adaptada de Lima (1993).

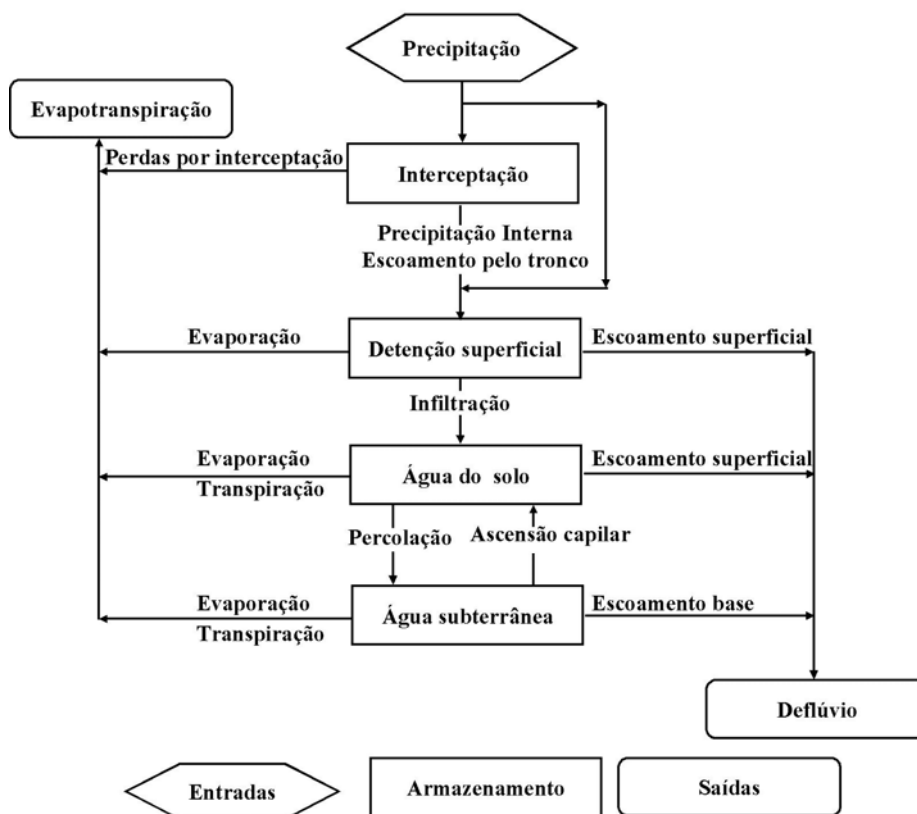


Figura 9 - Esquema dos processos hidrológicos em uma floresta (Adaptado de Lima,1993)

A Figura 9 constitui a representação dos processos quantitativos do ciclo da água numa bacia florestada, desde a entrada no ecossistema pelas chuvas e a conseqüente interação dessa água com a copa da floresta, através do processo de interceptação, percorrendo uma série de processos internos de transferências ao longo de diversos compartimentos, até a saída final na microbacia. O deflúvio constitui o produto final dessas interações e representa a fração da chuva que resta, disponível para alimentar o escoamento dos cursos d'água (Lima,1996).

Diversos autores têm verificado que a presença da floresta em regiões montanhosas e em algumas regiões costeiras desempenha alguma influência na precipitação local, evidenciada na “precipitação oculta”, principalmente em locais com temperaturas moderadas e elevados conteúdos de umidade influenciados pelos sistemas orográficos e pelos ventos carregados de umidade. A captação física da gotícula de água da neblina contribui positivamente no balanço hídrico local, aumentando a precipitação efetiva no local, o que não ocorreria se fosse medida convencionalmente (Vogelmann, 1973; Zadroga, 1981).

Estudo realizado por Anido (2002), no Núcleo Cunha do Parque Estadual da Serra do Mar, em microbacia com floresta natural (Mata Atlântica), indica que a precipitação oculta, que é a entrada adicional da água captada no processo de captura de neblina pelo dossel floresta, é de 8%, em função da freqüente ocorrência de neblina.

A interceptação da chuva é outro efeito importante desempenhado pela floresta e exerce uma importância significativa dentro do contexto do balanço hídrico de um determinado local, uma vez que a floresta é responsável pela diminuição no total de chuva que atinge o piso florestal. Vários estudos têm sido conduzidos sobre a influência da floresta no recebimento (interceptação) e redistribuição da chuva. Entende-se por redistribuição da chuva a água que goteja ao solo, a água que escoo pelo tronco das árvores e a água que retorna à atmosfera por evaporação direta.

Durante um período sem chuva, a transpiração e a evaporação direta da água do solo compõem o consumo total de água por uma superfície vegetada. Durante períodos chuvosos, todavia, a interceptação também passa a fazer parte das perdas de água pelo ecossistema. A perda por interceptação resulta da evaporação da água da chuva que fica retida temporariamente na copa..

Por outro lado, o corte raso da floresta, além do efeito significativo sobre a diminuição da transpiração, pode acarretar, também, modificações no microclima da área cortada, com possíveis efeitos sobre a hidrologia local em termos de escoamento superficial, erosão e ciclagem de nutrientes.

Segundo Lima (1996), estudos em florestas tropicais sugerem que as perdas por interceptação são responsáveis pela redução de 50% na precipitação total incidente em florestas tropicais da Malásia. Outros estudos realizados na mesma região mostraram que as perdas por interceptação variam de 25 a 80% da precipitação incidente.

Vários estudos na área de manejo de bacias hidrográficas têm sido realizados pelo Instituto Florestal em parceria com a Japan International Cooperation Agency (JICA) no Laboratório de Hidrologia Florestal Eng. Agr. Walter Emmerich, na região de Cunha, em área recoberta com vegetação nativa da Mata Atlântica. Trabalho publicado por Cicco et al.(1985), nessas condições, mostra os seguintes percentuais de precipitação interna, escoamento pelo tronco e perda por interceptação, relativos à precipitação incidente: 80,2%, 1,1 % e 18,7%.

No contexto de balanço hídrico, o conhecimento das taxas anuais de evapotranspiração é de grande importância, uma vez que o rendimento hídrico de uma bacia é afetado pelo consumo total de água pela vegetação. Este componente de balanço hídrico pode mesmo suplantar a produção de água da bacia (Lima,1996).

Cicco et al.(1989) estudaram a estimativa da evapotranspiração na microbacia hidrográfica D, com floresta natural da Mata Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, para o período de um ano hídrico, e avaliaram que a

taxa de evapotranspiração correspondeu a 10,46% da precipitação total na bacia, e o escoamento total correspondeu a 89,54%. Outro dado importante refere-se ao escoamento básico, que foi de 1.973,50 mm, para um escoamento total de 2.722,40 mm.

Outro estudo conduzido no mesmo local por Arcova et al.(1998), realizado para um período de 06 anos em duas microbacias, ambas recobertas com vegetação nativa, demonstrou que a produção hídrica da área é bastante elevada, perfazendo cerca de cerca de 70% de toda a água que chega às microbacias em forma de chuva, em decorrência das baixas taxas evaporativas da região. De acordo com Arcova et al.(1998), “as microbacias da região são conservativas quanto ao consumo de água, em comparação com outras de clima tropical, uma vez que a evapotranspiração anual da Mata Atlântica do local é relativamente baixa”.

O conhecimento da influência da floresta sobre a água no solo é importante para o planejamento de um manejo adequado para uma dada bacia hidrográfica. O solo florestal apresenta normalmente boas condições de infiltração, e as áreas florestadas constituem importantes fontes de abastecimento de aquíferos.

Em regiões montanhosas, a drenagem mais eficiente da água subsuperficial limita o armazenamento da água subterrânea. A presença da floresta nessas regiões é responsável pela manutenção de taxas ótimas de infiltração de água no solo e, conseqüentemente, de alimentação do lençol freático (Lima, 1996).

A cobertura florestal é um dos importantes fatores que influi sobre a condição superficial do solo, pois a presença da vegetação e da camada de material orgânico, a serrapilheira, fornece proteção contra o impacto das gotas de chuva, reduzindo a compactação e desagregação. Por outro lado, se as condições de transmissão de água através do perfil do solo (percolação) não são satisfatórias, as taxas de infiltração poderão ser prejudicadas. O horizonte superficial do solo pode tornar-se impermeável por vários motivos, tais como: o

tráfego intenso, pisoteio exagerado, cultivo ininterrupto e outros. A compactação do solo reduz sua porosidade total, sendo que áreas cultivadas apresentam menor infiltração que áreas adjacentes florestadas. A presença da vegetação é particularmente importante na manutenção das condições de porosidade do solo, quer pelo desenvolvimento das raízes, quer pela matéria orgânica adicionada.

Conceitualmente, a expressão produção de água (deflúvio) refere-se à descarga total de uma bacia por um determinado período de tempo. Os componentes do deflúvio são: o escoamento direto e o escoamento base. O deflúvio é influenciado por três grupos de fatores: clima, fisiografia e uso do solo. Os fatores climáticos influenciam o deflúvio por meio da precipitação e evapotranspiração. A quantidade, intensidade, duração, distribuição espacial e temporal, a frequência, a forma e o tipo são algumas das características das chuvas que afetam o deflúvio.

De acordo com Cicco & Fujieda (1999), “o uso do solo, nele incluindo o tipo de vegetação e as atividades antropogênicas, afeta a formação do deflúvio pela sua influência na evapotranspiração, infiltração de água para o interior do solo e percolação da água na bacia. Este fator, sem dúvida alguma, é dos mais relevantes a ser considerado no manejo de bacias hidrográficas, pois, dependendo do tipo de vegetação e das práticas utilizadas pelo homem, o deflúvio pode ser modificado de maneira favorável ou prejudicial para os usuários da bacia hidrográfica”.

Nas áreas urbanas, as modificações naturais e artificiais da cobertura vegetal têm vários efeitos sobre o ciclo hidrológico como: aumento de escoamento médio e superficial, tendo como consequência o aumento das enchentes, redução da evaporação e do escoamento subterrâneo, aumento da produção de sedimentos e material sólido, degradação da qualidade das águas pluviais e contaminação dos aquíferos (Tucci & Clarke, 1998).

Segundo Lima (1996), um experimento pioneiro utilizando método hidrométrico, isto é, a medição da fase terrestre do ciclo da água, em

microbacias experimentais, foi realizado na região de Wagon-Wheel Gap, no Estado do Colorado, no ano de 1910. Duas bacias (± 80 ha cada), adjacentes e florestadas, foram instrumentadas para medição precisa da precipitação e deflúvio. Durante um período inicial, em que ambas permaneceram inalteradas do ponto de vista da cobertura florestal, os dois processos hidrológicos precipitação deflúvio foram medidos para obtenção da equação de calibração de uma microbacia em função da outra. Ao término deste período uma das bacias recebeu o tratamento experimental, o corte raso da floresta. O resultado mostrou que a microbacia que recebeu o corte raso da floresta obteve um aumento do deflúvio médio anual, ou seja, da produção de água de 25,5mm, em comparação com a microbacia testemunha.

Bormann & Likens (1970) conduziram, em New Hampshire, USA, na floresta experimental de Hubbard Brook, um experimento em seis bacias hidrográficas. Numa das bacias, com 15,6 ha, eliminaram toda a vegetação florestal e compararam com outra bacia não desmatada. Através dessa comparação, verificaram que a bacia experimental desmatada apresentou aumento no deflúvio e na concentração de nutrientes.

Hibbert (1967) analisou o resultado de trinta e nove estudos em diferentes regiões do mundo sobre o efeito da alteração da cobertura florestal na produção de água. De um modo geral, os trabalhos mostraram que: a) redução da cobertura florestal aumenta a produção de água; b) o estabelecimento de cobertura florestal em áreas com vegetação esparsa diminui produção de água; c) a resposta aos tratamentos apresentam enorme variabilidade. Por exemplo, o corte raso da floresta e a queimada do sub-bosque das montanhas rochosas do Colorado causaram um aumento de apenas 34mm no deflúvio anual. Entretanto, nas montanhas do Leste da África Ocidental, o corte raso da floresta aumentou o deflúvio anual em 457mm. Ainda, nessa revisão realizada pelo autor, foi verificado que o aumento do deflúvio ocorre principalmente no primeiro ano após o tratamento e está correlacionado com outros fatores como a precipitação, evapotranspiração, e

outras variáveis. Geralmente a maior produção de água está associada com a maior precipitação. O declínio no aumento da produção de água começa a aparecer logo após o tratamento, quando ocorre a revegetação.

O conhecimento ainda incompleto dos mecanismos pelos quais a microbacia reage à ocorrência de uma chuva, através do escoamento direto, é uma das grandes contribuições das pesquisas em microbacias experimentais. Esta área de estudos tem sido tão intensa a ponto de resultar no desenvolvimento de uma nova área de conhecimento - a Hidrologia de Vertentes (Lima & Zakia, 2000).

Desde os trabalhos pioneiros de Horton, publicados a partir de 1933, prevaleceu a teoria de que o escoamento direto era basicamente produzido pelo escoamento superficial que ocorre toda vez que a intensidade da chuva excede a capacidade de infiltração do solo, e que toda a água da chuva que se infiltra no terreno alimenta o lençol freático, para depois deixar a microbacia na forma de escoamento base. Mais ainda, segundo esta teoria, o escoamento superficial assim gerado (hoje referido como escoamento superficial hortoniano) provinha de todas as partes da microbacia (Chorley, 1978).

Segundo Ward(1984), essa teoria era baseada em três considerações: a) a capacidade de infiltração é definida como a taxa máxima de absorção da água superficial. Essa magnitude começa com um valor máximo no início da chuva e logo diminui, conforme a compactação da superfície pela ação das gotas, o preenchimento coloidal dos interstícios do solo, saturação nas camadas superiores;b) o solo atua como um plano de separação hidrológica entre os volumes que geram “escoamento rápido e escoamento lento”; c) é formada uma lâmina de água que se acumula sobre a superfície e escoam sobre um plano hipotético.

O conceito de "área variável de afluência" foi estabelecido por Hewlett & Hibbert (1967), através de estudo de hidrogramas de microbacias experimentais de regiões montanhosas. O desenvolvimento deste conceito deveu-se ao fato de que, nestas microbacias revestidas de boa cobertura florestal, o escoamento

direto não é produzido ao longo de toda a superfície da microbacia. Ao contrário, o escoamento direto nestas condições está sob a influência de uma área de origem dinâmica, uma vez que sofre expansões e contrações (daí o nome "área variável"), e que normalmente representa apenas uma fração pequena da área total da microbacia (Lima & Zakia, 2000).

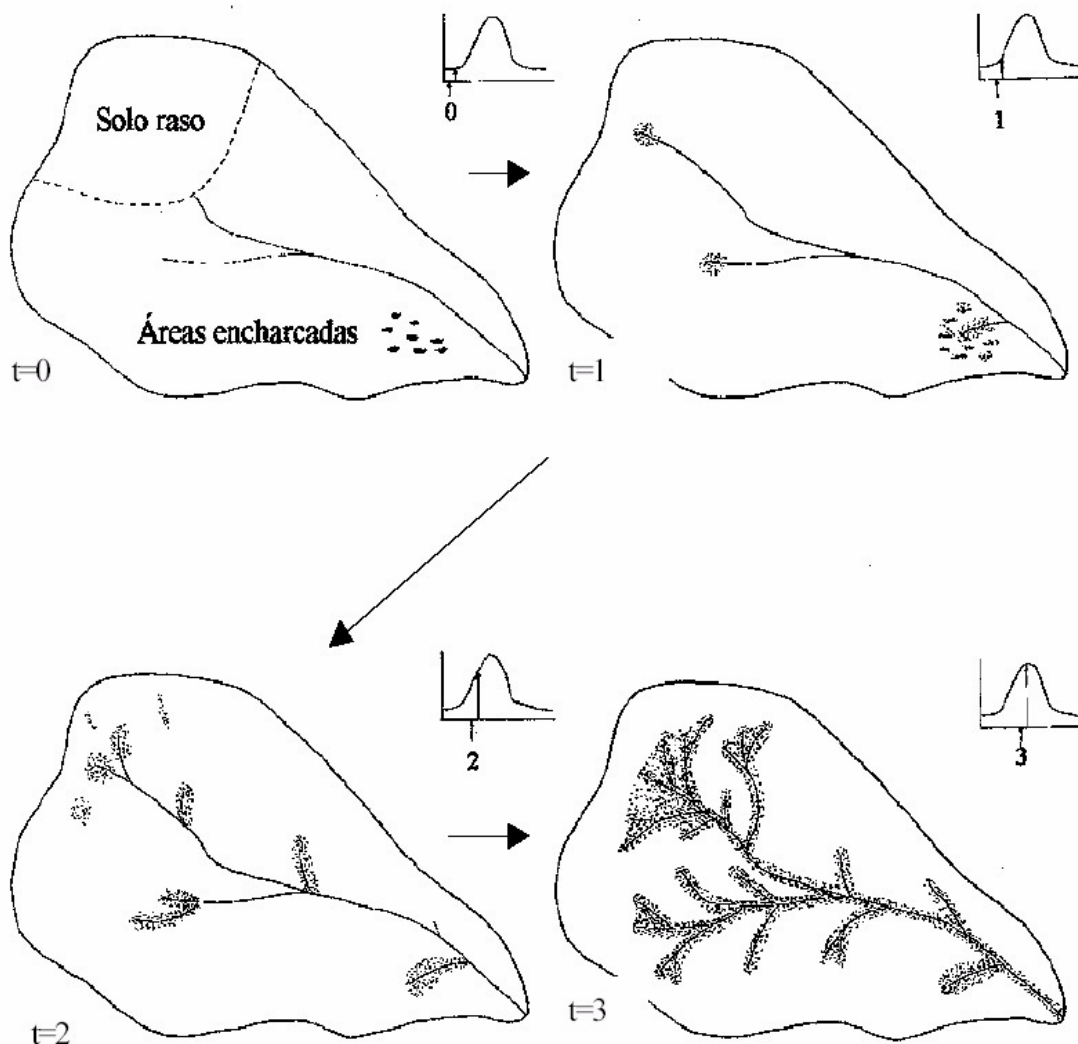


Figura 10 - Visualização do conceito de "área variável de afluência" (AVA) na geração do deflúvio em microbacias (Hewlett & Hibbert, 1967)

O preceito básico do conceito de área variável de afluência é que a água das chuvas geralmente infiltra-se nos solos florestais não perturbados, migra no sentido da declividade e mantém os solos na porção inferior das vertentes em condições de saturação ou próximo a este estado de umidade. Essas regiões contribuem prontamente com o fluxo subsuperficial para o escoamento direto como zona dos solos saturados. Essas áreas se expandem lateralmente e

longitudinalmente, sendo que o grau de saturação e subsequente expansão variam em função das condições de umidade antecedente do solo e do volume de duração da chuva (Hibbert & Troendle, 1988).

Em extensa revisão bibliográfica sobre o assunto, Lima (1989) relaciona as áreas para geração do escoamento rápido de microbacias florestadas: a) zonas saturadas que margeiam os cursos d'água e suas cabeceiras, as quais podem se expandir durante chuvas prolongadas, isto é, as zonas ripárias; b) concavidades do terreno, para as quais há convergência das linhas de fluxo, como as concavidades freqüentemente existentes nas cabeceiras e que também fazem parte da zona ripária; c) áreas de solo raso, com baixa capacidade de infiltração. Nos dois primeiros casos, o processo que ocorre é o escoamento superficial das áreas saturadas, presentes mesmo quando a intensidade de chuva é inferior à capacidade de infiltração do solo, sendo que parte desse processo pode ser derivado do interfluxo lateral (escoamento subsuperficial). O terceiro caso refere-se ao escoamento superficial propriamente dito (escoamento Hortoniano) (Arcova, 1999).

Segundo Kobayama et al.(1998), trabalhos posteriores aos de Hewlett, aprofundaram-se na localização das áreas saturadas e nos mecanismos internos das vertentes. Assim foram monitoradas bacias cujos resultados demonstram de forma clara que as áreas saturadas poderiam ocorrer em lugares afastados dos cursos naturais. Essas áreas distantes têm conexões com partes baixas do vale e contribuem com escoamento rápido para os canais através de caminhos preferenciais e fluxo interno do solo. Segundo o autor, um dos mecanismos internos é o fluxo através de macroporos, nos quais importantes volumes de água tomam um caminho preferencial com relação ao sistema restante, produzindo um tempo de resposta bem menor que através da matriz do solo, interconectando rapidamente as camadas de solo afetadas.

Beven & Germann (1982) definiram vários tipos: a) os poros formados pela fauna; (ii) os poros formados pelas raízes das plantas; b) fissura e rachaduras; e c) condutos naturais dentro do solo (piping). O terceiro grupo

está composto freqüentemente pelo dessecamento dos solos argilosos e devido as técnicas de plantio convencionais, como o subsolamento. O piping é um tipo especial de macroporos, cujo desenvolvimento é dado no sentido da declividade da vertente.

Segundo Kobayama et al. (1998), é praticamente impossível separar a geração do escoamento superficial do subsuperficial devido às condições de saturação do solo. O escoamento excedente, devido à saturação, é uma mistura de fluxo de retorno, “efeito pistão” e escoamento produzido pela chuva que não infiltra no terreno saturado. O escoamento base é o escoamento da zona de saturação, ou seja, água subterrânea. É o componente do deflúvio que predomina nos períodos de estiagens.

O papel hidrológico importante desempenhado pela floresta é dado pela capacidade de infiltração da água no solo, que faz com que alimente o escoamento base, regularizando a vazão dos rios durante todo o período do ano.

Estudos de balanço hídrico anual realizados no período de seis anos, em duas microbacias experimentais “B” e “D”, ambas recobertas com vegetação de Mata Atlântica, realizados no Laboratório de Hidrologia Florestal Eng. Agr. Walter Emmerich, na região Cunha, SP, mostram que a produção de água no período das chuvas supera em apenas 10% o período seco, concluindo que a floresta é conservativa em termos de consumo de água, por apresentar um regime de descarga bastante regular durante todo o ano (Arcova & Cicco, 1997).

3.2.3 Modelos hidrológicos

O modelo hidrológico é uma ferramenta que a ciência desenvolveu, para melhor entender e representar o comportamento da bacia hidrográfica e prever condições diferentes das observadas. É usado nos programas de pesquisas em bacias hidrográficas para estruturar dados, estudar as respostas do local,

selecionar e avaliar parâmetros, determinar a precisão usada na entrada de variáveis e parâmetros, estudar a significância da variabilidade espacial e temporal das características físicas e determinar observações necessárias para encontrar um grau de precisão em um período específico de tempo (De Coursey, 1985). É utilizado também para antecipar os eventos, representando o impacto da urbanização de uma bacia antes que ela ocorra, e medidas preventivas possam ser tomadas. Pode ser utilizado para previsão de uma enchente em tempo real; ocorrência de eventos extremos estatisticamente possíveis; impactos da alteração de um rio como derivações e construções de barragens.

Dooge (1973) conceitua um sistema como qualquer estrutura ou procedimento, real ou abstrato, que num dado tempo de referência inter-relaciona-se com uma entrada, causa ou estímulo de energia, e uma saída, efeito ou respostas de energia.

Algumas definições são importantes para melhor compreender o sistema e modelos que o representa:

- Fenômeno: é um processo físico que produz alteração de estado no sistema. Ex: precipitação, evapotranspiração, infiltração.
- Variável: é um valor que descreve quantitativamente um fenômeno, variando no espaço e no tempo. Por exemplo, vazão é uma variável que descreve o estado do escoamento.
- Parâmetro: é um valor que caracteriza o sistema, que também pode variar no espaço e no tempo. Exemplos de parâmetros são: rugosidade de uma seção de um rio, a área de uma bacia hidrológica, as áreas impermeáveis de uma bacia.

A simulação é o processo de utilização de modelo, existindo em geral três fases: uma de calibração (ou ajuste do modelo), outra de validação (ou verificação) e previsão. A calibração ou estimativa de parâmetros é fase de simulação em que os parâmetros são determinados; a verificação (ou validação) é a simulação do modelo com os parâmetros estimados em que se

verifica a validade do ajuste realizado; e a previsão é a simulação do sistema pelo modelo com parâmetros ajustados para quantificação de suas respostas a diferentes entradas. O ajuste de parâmetros depende da disponibilidade dos dados históricos, medições da amostra, e determinação da característica física do sistema.

De acordo com Tucci (1998), os métodos utilizados para as estimativas de parâmetros são:

- a) estimativas sem dados históricos: quando não existem dados sobre as variáveis do sistema, pode-se estimar os valores dos parâmetros baseando-se em informações das características do sistema. Em geral, cada parâmetro possui um intervalo de variação possível, obtido pela literatura.
- b) ajuste por tentativas: é o processo em que existindo valores das variáveis de entrada e saída, são obtidos por tentativa os parâmetros que melhor representem os valores observados através do modelo utilizado.
- c) Ajuste por otimização: utiliza os mesmos dados do processo por tentativa, mas, por métodos matemáticos, otimiza uma função objetiva que retrata a diferença entre os dados observados e calculados pelo modelo.

Segundo Cleary(1998), os modelos alargam informações, mas não produzem números inquestionáveis. Eles tentam representar uma versão simplificada do que freqüentemente é um sistema complexo. Assim, seus resultados são imperfeitos. De qualquer modo, quando se usa em conjunto com experiências e com dados de campo, eles ajudam a tomar decisões técnicas melhor do que seria possível por outros meios. Eles são particularmente úteis, quando muitas alternativas são comparadas dentro de uma mesma idéia (dados, parâmetros físicos estimados, etc), de modo que, enquanto os dados numéricos de qualquer alternativa única podem não ser exatos, os resultados comparativos, mostrando que uma alternativa é superior a várias outras, são usualmente válidos.

Um sistema pode ser classificado de acordo com critérios estabelecidos na literatura, assim como o modelo que representa um sistema. Nem sempre um sistema é representado por um modelo de mesmas características. O comportamento de um sistema pode ser linear ou não-linear. Um sistema é linear, quando as propriedades de homogeneidade e superposição são satisfeitas.

Um modelo é concentrado ("lumped"), quando não leva em conta a variabilidade espacial. A precipitação média de uma bacia é um exemplo de integração espacial de variável de entrada. O modelo distribuído ("distributed"), quando as variáveis e parâmetros do modelo dependem do espaço e do tempo.

Uma das principais classificações de sistemas e modelos na simulação hidrológica é se são estocásticos ou determinísticos. A abordagem determinística relaciona causa e efeito e geralmente envolve parâmetros de característica física. Segundo Righetto (1998), a modelagem, obtida exclusivamente da aplicação das leis físicas, é composta de modelos determinísticos, de modo que o resultado das simulações realizadas através desses modelos pode ser repetido, quando se utilizam os mesmos dados de entradas. O autor exemplifica que um modelo determinístico de transformação de chuva em vazão fornecerá exatamente o mesmo hidrograma enquanto forem utilizados os mesmos valores para os parâmetros do modelo e a mesma chuva ou hidrograma.

De acordo com Chow (1964), quando a chance de ocorrência das variáveis é levada em conta e o conceito de probabilidade é introduzido na formulação do modelo, o processo e o modelo são ditos estocásticos.

Um modelo é dito conceitual, quando as funções utilizadas na sua elaboração levam em conta os processos físicos, enquanto os modelos empíricos ajustam os valores calculados aos dados observados através de função que não tem nenhuma relação com os processos físicos envolvidos.

Segundo Tucci (1998), a definição de modelo conceitual é artificial, já que as funções empíricas são também usadas (como por exemplo as equações de Horton e de Darcy) e estão relacionadas com a física do sistema.

Passos (1993) elaborou um diagrama que facilita a compreensão da classificação dos modelos hidrológicos (Figura 11).

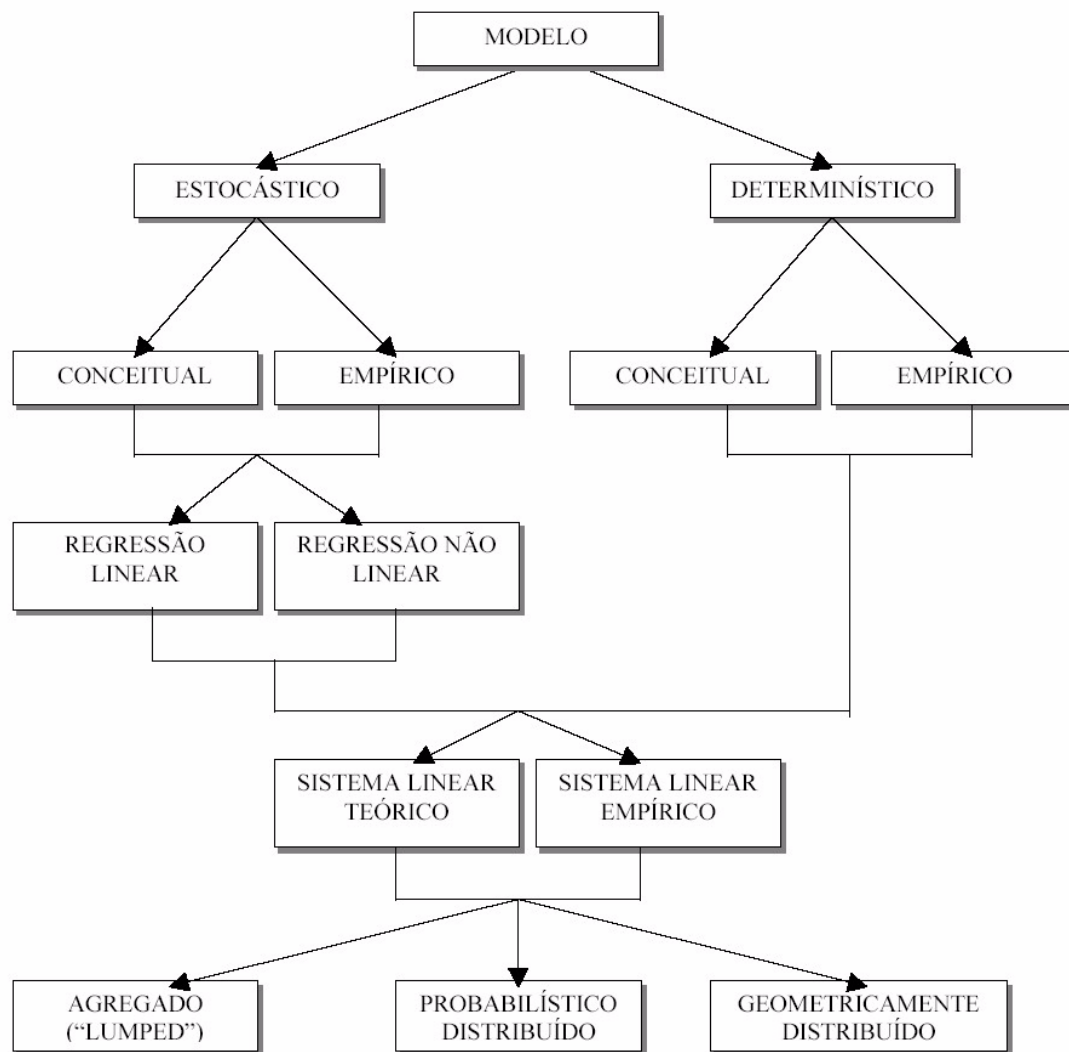


Figura 11 - Classificação de modelos hidrológicos (Passos, 1993)

Até a década de 50 do século passado, os métodos utilizados na hidrologia limitavam-se a indicadores estatísticos dos processos envolvidos. Com o advento dos computadores e aprimoramento de técnicas numéricas e

estatísticas, houve o desenvolvimento acelerado dos modelos de transformação de chuva-vazão.

Nas últimas décadas, os modelos hidrológicos se desenvolveram em dois sentidos: a) modelos para grandes bacias tratam de forma empírica a distribuição dos parâmetros em área de grande magnitude; b) modelos para pequenas bacias que buscam representar com maior precisão, de forma distribuída, os processos hidrológicos (Tucci, 1998).

O modelo SMAP “Soil Moisture Accounting Procedure” de simulação hidrológica do tipo transformação chuva-vazão desenvolvido por Lopes et. al. (1982) apresenta estrutura simples, para séries contínuas, e utiliza a separação do escoamento baseada nos parâmetros do Departamento de Conservação do Solo Norte- Americano - Soil Conservation Service (SCS). É um modelo determinístico, conceitual e agregado. O desenvolvimento do modelo baseou-se na experiência com a aplicação do modelo Stanford Watershed IV e modelo Mero em trabalhos realizados no DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo. Foi originalmente desenvolvido para intervalo de tempo diário e, posteriormente, apresentado em versão horária e mensal, adaptando-se algumas modificações em sua estrutura. Necessita de dados de chuva, evaporação de tanque classe A e vazões médias para um período mínimo necessário para a calibração .

A Calibração do Modelo SMAP pode ser realizada através de dois métodos: a) de forma manual, através de “tentativa e erro”, exigindo, no entanto, muita experiência do hidrólogo para determinação de cada parâmetro; b) através de métodos matemáticos de otimização para calibração automática, que nesse caso facilita o trabalho de técnicos menos experientes e diminui a subjetividade do processo manual. A desvantagem da calibração automática é que acarreta a falta de acompanhamento do hidrólogo na calibração passo a passo dos parâmetros, impedindo o desenvolvimento da sua sensibilidade, e com isso, diminuindo a confiabilidade dos resultados. Os procedimentos rotineiros de execução do modelo estão detalhados no capítulo Métodos.

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 Material

4.1.1 Caracterização geral da bacia do Rio Grande

O município de Ubatuba localiza-se na coordenadas geográficas 23° 26' 09" de latitude sul e 45° 04' 10" de latitude oeste, com área territorial de 711 Km².

O Diagnóstico da Situação Atual dos Recursos Hídricos (IPT, 2000) faz uma delimitação geográfica do município de Ubatuba dividindo-o em 33 sub-bacias. Essa divisão foi feita em função da peculiaridade da região, pois o direcionamento das drenagens parte das porções mais altas da serra em direção ao oceano, formando várias drenagens principais. O Rio Grande de Ubatuba está inserido na sub-bacia 7, que é composta pelos cursos d'água que partem das porções mais elevadas da Serra do Mar e drenam em direção ao Oceano Atlântico, e compreende as áreas de drenagens dos rios Grande de Ubatuba, o Rio da Lagoa e o Rio Acaraú, os quais deságuam, respectivamente, nas praias Iperoig e do Itaguá. Existem também pequenas drenagens que deságuam na Praia Grande e das Toninhas, e outras que drenam os costões rochosos entre a Ponta das Toninhas e a Ponta do Espio. Essas drenagens perfazem 102,6 Km². A sub bacia 7 é a segunda maior bacia em volume de água no município de Ubatuba, apresentando vazão de 5,23 m³/s, perdendo apenas para a sub-bacia 3, situada na porção norte do município e

denominada Quiririm – Poruba, que possui área de 166,4 Km² e vazão de 8,20m³/s. A Figura 12 apresenta a localização da bacia.

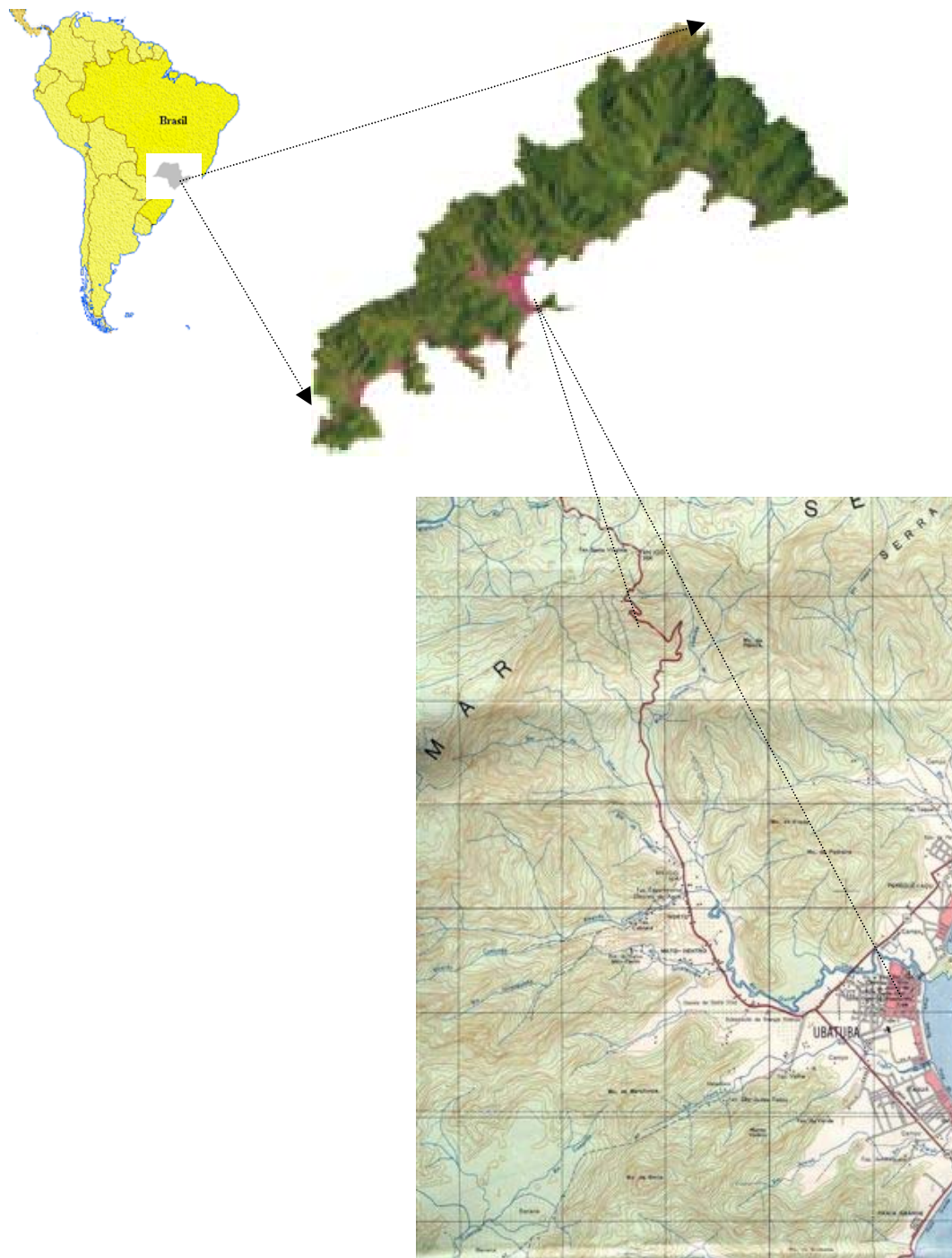


Figura 12 - Localização do município de Ubatuba com destaque para a bacia do Rio Grande (IBGE, 1981)

As nascentes e os cursos d'água formadores do Rio Grande encontram-se na parte alta do Parque Estadual da Serra do Mar, criado pelo Decreto Estadual 10.251/77 (Brasil,1977), alterado pelo Decreto Estadual 13.313/79 (Brasil, 1979), tendo sido considerado como Unidade de Proteção Integral pelo Sistema Nacional de Unidade de Conservação (SNUC), instituído pela Lei Federal 9.985/00 (Brasil, 2000b).

O Instituto Florestal é o órgão responsável pela administração do parque, que abriga o maior remanescente de Mata Atlântica do Estado de São Paulo, com área de cerca de 315.000ha. Em função da grande extensão territorial da unidade de conservação, foram criados oito núcleos regionais. O parque ocupa 76,30% da área territorial do município de Ubatuba, ou seja, 543 Km², e é administrado pelo Núcleo Picinguaba.

A região foi reconhecida pela UNESCO como Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, no programa “Man and Biosphere”, colocando-a como um patrimônio da humanidade de importância internacional.

A área da Bacia do Rio Grande de Ubatuba, que é objeto deste estudo, possui cerca de 26 Km², medida a partir do ponto de captação localizado na coordenada UTM 7412722 S e 487824 W e, destes 26 Km², cerca de 22 Km² encontram-se dentro da área do Parque.

Monteiro(1973) faz uma classificação climática do território Paulista, estando a área de estudo na zona costeira sazonalmente controlada pelos sistemas equatoriais e tropicais configurando-se regionalmente os chamados “Climas úmidos das costas expostas à massa tropical atlântica”, formando a Unidade Litoral Norte. Segundo o autor, a área está menos sujeita à participação das massas polares (30 a 40% de participação anual) e menos freqüentemente sujeito, às invasões de frio que os outros setores da Zona Costeira, mas a Serra do Mar bem próxima à costa é responsável pela acentuada pluviosidade da região, mesmo na estação seca. Além da complexidade da dinâmica atmosférica, outros fatores influenciam a distribuição espacial das chuvas na região, como as características dos compartimentos

geomorfológicos (amplitude e orientação do relevo), declividade das vertentes, entre outros. As chuvas mais intensas estão relacionadas às áreas de vertentes íngremes nas partes mais elevadas da encosta.

De acordo com os dados pluviométricos registrados no Instituto Agrônomo – Seção Agrícola da Estação Experimental de Ubatuba, na parte baixa da Bacia do Rio Grande para o período de 1935 a 2001, a precipitação média anual é de 3.200 mm.

Com relação à temperatura média anual, não ocorrem grandes variações ao longo do ano, ficando a temperatura média anual em torno de 22,6 °C, variando de 17,85 °C até 27,35 °C.

Quanto aos aspectos geomorfológicos, a bacia encontra-se inserida na Província Costeira, possuindo duas zonas geomorfológicas distintas: a Serrania Costeira e as Baixadas Litorâneas. A Serrania Costeira corresponde à área da bacia drenada diretamente para o mar, constituindo o rebordo do Planalto Atlântico. A delimitação do Planalto Atlântico e da Serrania Costeira ocorre através da Serra do Mar.

De acordo com o Diagnóstico da Situação Atual dos Recursos Hídricos (IPT, 2000), a Serra do Mar apresenta um quadro morfológico relacionado aos efeitos de um tectonismo regional e de sucessivas fases erosionais. Trata-se de uma área resultante de dobramentos, reativações de falhas e remobilizações de blocos crustais. A topografia reflete esses condicionamentos geológicos, onde ocorrem, em toda a sua extensão, vales alongados, segmentos de drenagem retilíneos, linhas de cristas e cumeadas paralelas, relevos com grandes desníveis altimétricos e escarpas íngremes.

Apresenta também relevo de transição denominado Escarpas Festonadas. Neste compartimento geomorfológico predominam amplitudes maiores que 1000 m e declividades de encostas superiores a 30%. As Escarpas Festonadas correspondem à porção da Serra do Mar em contato com a linha de borda do Planalto Atlântico. Este relevo exhibe drenagem de alta densidade com espigões que avançam em direção às baixadas ou planícies costeiras. Essas

escarpas geralmente apresentam vertentes com perfis retilíneos e se desfazem em anfiteatros separados por espigões com topos angulosos.

A área de estudo apresenta formação florestal denominada Floresta Ombrófila Densa e está inserida no domínio da Mata Atlântica estabelecida pelo Decreto Federal nº 750/93 (Brasil,1993a). A vegetação nativa encontra-se em estágio avançado de regeneração na sua maior porção.

De acordo com os parâmetros de caracterização da vegetação nativa estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 10, de 1º de outubro de 1993 (Brasil,1993b), e pela Resolução CONAMA nº 001, de 31 de janeiro de 1994 (Brasil,1994), a Floresta Ombrófila Densa apresenta fisionomia florestal fechada, formando um dossel contínuo, com árvores emergentes. A diversidade biológica é muito grande devido à complexidade estrutural. Apresenta estratos herbáceo, arbustivo e arbóreo bem definidos. A distribuição diamétrica é de grande amplitude e a camada de serapilheira é abundante, variando em função do tempo e da localização e com intensa decomposição. Apresenta epífitas e trepadeiras lenhosas em grandes números de espécies e com grande abundância. As espécies arbóreas mais comuns são os jequitibás, jatobás, pau-marfim, guarantã, figueira, mulungu, guanandi, pixirica, pau-d'alho, peroba, jacarandá, palmito, aroeira, guapuruvu, cedro, canjerana, açoita-cavalo, óleo-de-copaíba, canafístula, canelas, araribá, ipês, angelim, marinho, mandiocão, pau-jacaré, guaiuvira, angicos. No estrato herbáceo predominam as bromélias, marantas e as helicôneas.

4.1.2 Uso do solo

A bacia caracteriza-se por possuir grande parte recoberta com floresta nativa, conforme apresentada na Figura 13.

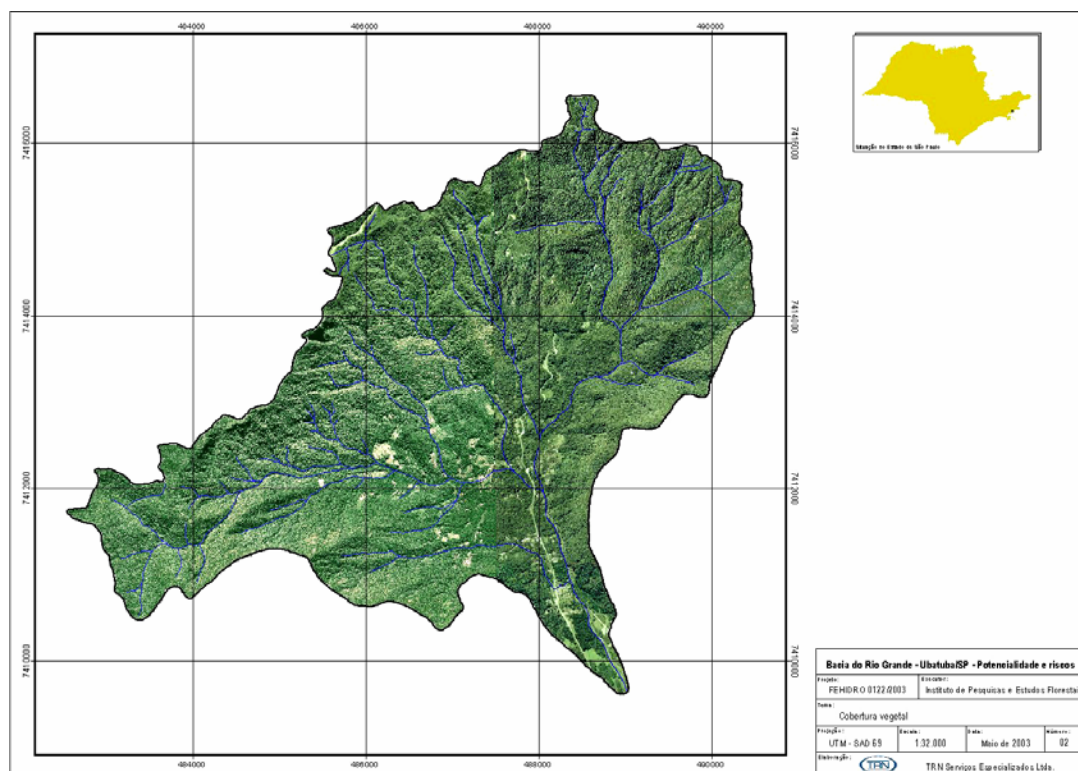


Figura 13 - Mapa da cobertura florestal na bacia do Rio Grande (Fonte TRN¹)

Entre a cota altimétrica de 400 m até o topo da Serra, no divisor de água, a vegetação encontra-se bastante preservada.

Entre a cota 100m e 400m existe um aglomerado urbano rarefeito com característica mista de urbana e rural, com aproximadamente 90 áreas ocupadas. O uso predominante da área é para moradia, porém um grande número de casas é usado para lazer (sítio de recreio e veraneio). O uso com

¹ Tecnologia em Recursos Naturais.

agricultura de subsistência e criação de animais representa apenas 13% das áreas ocupadas. Esta região da bacia insere no interior do Parque Estadual da Serra do Mar, caracterizando uma ocupação ilegal. A região não é atendida por serviços públicos como coleta de lixo, energia elétrica, manutenção de sistema viário, e saneamento básico (coleta de esgoto e distribuição de água)².

Entre a cota altimétrica 40m e 100 m, região da bacia situada acima do ponto de captação de água e abaixo da linha divisória do PESM, já possui características de região urbana consolidada. Existem aproximadamente 300 moradias e apresenta alguns pontos comerciais. A região é atendida por serviços de coleta de lixo, meio de transporte com linha regular de ônibus urbano, e energia elétrica. Não existe atendimento público de coleta de esgoto e distribuição de água. Não existe ordenamento do espaço público, e a ocupação é caracterizada como irregular, pois o parcelamento de solo ocorre em desacordo com a Lei 6.766/79, que disciplina o parcelamento do solo urbano (Brasil, 1979).

A captação de água para abastecimento das residências é realizada através de colocação de mangueiras nos afluentes do Rio Grande. Em algumas propriedades existem fossas sépticas, e em outras, o esgoto é lançado diretamente nos afluentes do Rio Grande. Não existe sistema adequado de condução das águas pluviais.

4.1.3 Censo e a taxa de crescimento populacional do município de Ubatuba

Ubatuba apresenta forte vocação turística determinada por suas características geográficas, associadas aos aspectos sociais e econômicos. Como consequência desse fato, a cidade conta com a presença de uma população flutuante significativa durante os meses do verão, em feriados

² Barreto, K.D., levantamento socioeconômico da bacia do Rio Grande de Ubatuba, 2002. Relatório interno. Informações coletadas no âmbito dos trabalhos do GT Rio Grande de Ubatuba.

prolongados e nos finais de semanas. A economia voltada ao setor turístico tem como resultado um grande fluxo migratório de mão-de-obra para a região.

De acordo com os dados da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE), a população residente é estimada em 70.952 habitantes, e a taxa de crescimento anual (taxa média geométrica de incremento anual da população brasileira) é de 5,18% aa para o período de 1980 a 1991 e de 3,97 % aa para o período de 1991 a 2000.

4.2 Método

4.2.1 A delimitação da bacia

A delimitação da bacia do Rio Grande (Figura 14) foi feita a partir do ponto de captação de água da SABESP (Figura 15), com o auxílio do Arc View 3.2, utilizando-se a base cartográfica do Sistema Cartográfico do estado de São Paulo, na escala 1:10.000.

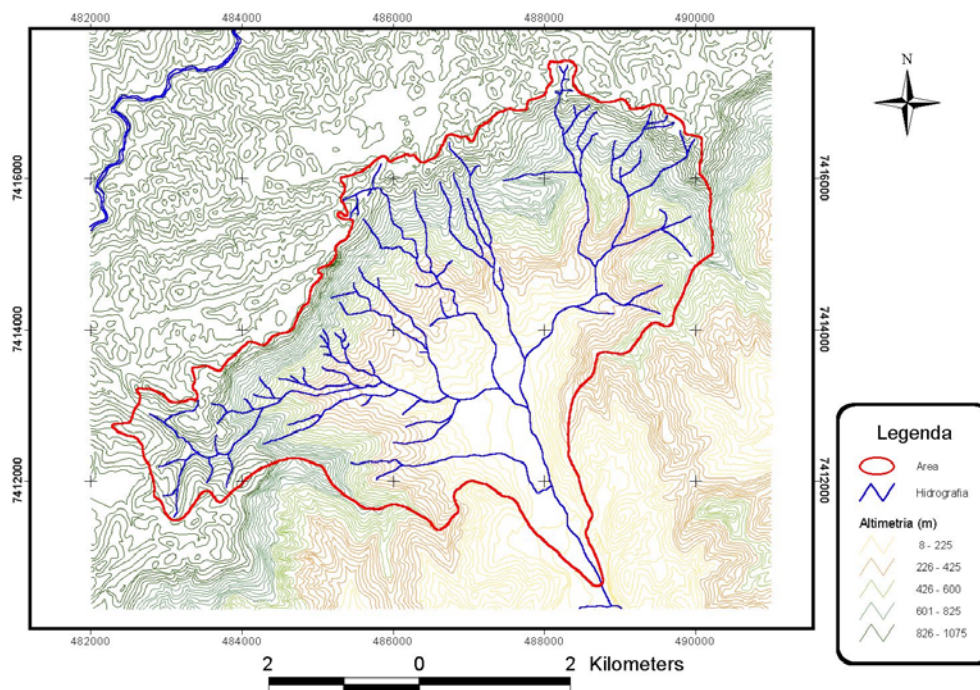


Figura 14 - Delimitação da bacia do Rio Grande de Ubatuba sobre a base cartográfica 1:10.000 do Estado de São Paulo



Figura 15 - Foto do ponto de captação de água na bacia o Rio Grande de Ubatuba

4.2.2 Dados de vazão (Q)

Para a calibração da bacia foram utilizados os dados de vazão média mensal (Q) pertencente à rede de monitoramento do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), mais especificamente, os dados do Posto Prefixo 2E-041 (Prefixo DNAEE 80010000), instalado no bairro Mato Dentro, no Rio Grande de Ubatuba. Neste ponto, localizado na latitude $23^{\circ} 26'05''\text{S}$ e longitude $45^{\circ} 05'07''\text{W}$, a área de drenagem da bacia é de 64 Km^2 . O período de monitoramento realizado pelo DAEE foi de fevereiro de 1972 até fevereiro de 1975, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Série de Vazão média mensal (m^3/s) monitorada pelo DAEE de 1972 a 1975

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1972	-	4,84	4,93	4,22	3,18	2,72	2,55	2,53	4,16	5,61	5,19	4,41
1973	10,28	8,44	5,13	5,03	6,92	2,84	4,66	2,37	3,82	4,15	5,51	6,79
1974	8,89	3,44	2,40	2,46	1,73	1,43	0,97	0,74	-	1,16	0,86	3,55
1975	5,21	6,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.2.3 Precipitação

Os dados de precipitação mensal (P) e de temperatura média mensal (T) do ar foram adquiridos junto à Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agrônomo de Campinas, no Posto da Estação Experimental de Ubatuba, localizado na latitude $23^{\circ} 27'\text{S}$ e longitude $45^{\circ} 04'\text{W}$, altitude 8 m. A série histórica de chuvas utilizada no estudo foi a correspondente ao período de 1935 a 2001(Tabela 2).

Tabela 2. Total de chuva mensal (mm) no período de 1935 – 2001. Instituto Agrônômico - Seção de Climatologia Agrícola da Estação Experimental de Ubatuba

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
1935	297,7	675,4	279,2	220,0	159,2	156,8	433,6	296,0	278,5	177,1	170,8	296,3	3440,6
1936	315,1	521,8	583,0	128,3	227,2	212,3	16,2	91,2	203,2	170,7	135,9	274,3	2879,2
1937	449,3	151,3	121,2	237,9	200,0	24,5	70,0	110,2	38,0	243,9	339,9	347,7	2333,9
1938	235,7	563,9	189,6	333,3	89,1	270,3	140,8	245,9	174,9	205,8	327,9	349,2	3126,4
1939	347,5	107,5	929,3	417,5	154,1	35,6	75,5	23,6	194,6	95,4	185,3	404,4	2970,3
1940	505,0	300,8	323,1	180,2	76,9	41,2	35,4	49,4	141,3	348,6	333,4	325,9	2661,2
1941	246,6	650,5	763,9	123,6	125,5	71,1	117,8	72,5	219,1	109,4	315,2	519,0	3334,2
1942	252,5	241,1	253,8	255,9	66,6	70,5	102,5	76,3	123,9	452,2	446,1	287,7	2629,1
1943	416,5	175,1	206,6	166,5	182,4	100,2	33,6	383,9	87,2	328,2	207,1	549,0	2836,3
1944	328,7	573,1	284,4	529,2	177,3	41,2	130,5	42,5	130,0	136,3	527,5	265,1	3165,8
1945	515,3	425,3	383,4	427,0	119,1	256,4	62,6	55,0	288,8	96,7	199,7	466,1	3295,4
1946	365,7	210,2	542,5	262,6	121,4	46,3	45,6	111,2	239,6	500,1	201,5	277,1	2923,8
1947	689,6	39,5	230,4	194,5	171,1	201,3	175,8	251,8	262,3	369,2	321,8	519,2	3426,5
1948	310,4	577,5	369,7	157,3	224,7	65,3	220,3	81,9	168,5	167,8	354,2	236,5	2934,1
1949	715,0	153,2	231,6	105,3	45,6	349,9	263,6	209,0	194,2	166,8	139,9	317,5	2891,6
1950	787,7	244,6	423,2	282,7	186,9	39,8	14,4	69,6	278,6	298,4	443,5	412,5	3481,9
1951	531,4	498,2	638,9	208,5	56,6	10,3	51,4	99,5	22,6	342,3	223,0	307,8	2990,5
1952	673,8	775,1	338,3	88,6	54,3	168,8	95,4	108,2	266,7	*	*	*	2569,2
1953	98,6	237,8	285,0	162,1	65,0	23,4	59,1	292,8	81,7	158,6	362,2	236,6	2062,9
1954	56,8	150,3	345,7	148,9	138,6	57,4	115,4	55,7	176,0	292,8	150,8	290,9	1979,3
1955	318,8	73,7	270,5	120,3	59,4	42,3	41,5	52,2	101,5	132,4	181,3	151,9	1545,8
1956	77,4	218,8	365,2	166,2	89,4	145,1	34,1	78,3	74,4	235,3	143,9	129,3	1757,4
1957	184,9	305,3	217,4	216,2	31,9	42,1	37,4	45,3	230,7	244,7	165,6	179,8	1901,3
1958	256,3	182,2	243,8	234,3	207,0	98,6	28,2	103,5	130,6	295,3	659,7	452,5	2892,0
1959	293,4	854,4	280,9	84,5	166,6	11,1	42,5	135,6	120,7	142,6	296,3	306,8	2735,4
1960	397,5	672,5	234,6	123,7	82,6	55,5	92,4	172,7	111,0	331,0	244,9	524,0	3042,4
1961	709,0	656,6	397,0	188,7	91,0	86,2	340,2	36,7	145,2	91,3	115,9	219,0	3076,8
1962	417,0	576,6	246,8	189,1	132,9	18,3	70,4	61,4	200,8	357,4	277,6	695,9	3244,2

Tabela 2. Total de chuva mensal (mm) no período de 1935 – 2001. Instituto Agrônômico - Seção de Climatologia Agrícola da Estação Experimental de Ubatuba

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
1963	149,5	203,0	433,9	26,5	110,5	77,3	49,0	96,2	21,9	253,6	325,2	136,9	1883,5
1964	194,8	331,6	204,4	146,3	132,1	117,9	142,6	107,3	76,8	259,7	351,1	349,9	2414,5
1965	379,1	275,3	288,7	344,0	284,9	139,3	120,0	37,4	205,4	183,8	192,6	692,1	3142,6
1966	688,4	354,6	236,9	628,6	192,8	28,9	269,7	194,9	120,2	334,0	293,8	509,0	3851,8
1967	646,0	507,6	958,5	249,3	49,8	125,3	127,6	64,4	244,0	377,2	238,8	265,6	3854,1
1968	165,2	169,1	183,7	272,2	63,7	74,6	164,2	108,3	157,4	267,3	163,5	310,7	2099,9
1969	396,4	401,8	226,5	169,9	98,3	112,6	124,8	142,6	101,1	257,0	717,2	390,0	3138,2
1970	295,4	340,7	211,0	90,3	69,4	215,0	126,0	101,4	90,9	185,9	59,2	95,0	1880,2
1971	105,2	356,5	273,3	180,9	181,7	69,0	81,1	272,9	107,4	114,4	224,5	380,7	2347,6
1972	152,5	303,5	183,0	196,9	13,0	27,0	42,0	120,0	245,0	332,0	236,0	213,0	2063,9
1973	571,6	291,5	152,5	140,7	306,0	55,0	390,0	85,0	291,0	208,0	415,0	508,1	3414,4
1974	564,9	20,0	107,0	113,0	97,0	70,0	61,7	65,0	133,2	112,0	120,0	333,4	1797,2
1975	488,7	413,1	132,7	131,1	151,8	49,1	70,7	35,7	117,7	275,3	465,2	347,4	2678,5
1976	671,3	368,9	294,9	194,7	204,3	50,4	143,2	146,2	268,8	218,2	116,6	356,6	3034,1
1977	357,4	16,7	72,5	377,1	50,5	52,3	40,4	129,5	359,3	223,9	260,1	342,6	2282,3
1978	368,3	293,2	159,1	155,7	94,9	59,9	36,2	19,3	34,0	76,6	204,8	271,8	1773,8
1979	305,9	138,0	632,8	248,3	90,4	55,6	86,5	78,7	208,2	93,7	309,3	534,0	2781,4
1980	499,2	360,7	134,7	250,0	10,0	78,9	60,2	140,7	79,5	317,0	245,0	238,3	2414,2
1981	676,6	137,1	446,6	419,6	61,2	82,0	103,2	106,8	97,1	135,7	342,1	362,7	2970,7
1982	301,8	154,0	419,2	177,6	27,1	141,7	72,3	116,4	199,7	220,8	340,9	384,5	2556,0
1983	202,7	182,6	408,6	282,5	287,6	176,4	43,4	43,0	280,4	169,2	129,9	336,1	2542,4
1984	280,4	72,7	195,9	137,8	116,4	10,6	73,6	100,2	94,1	152,8	310,5	274,6	1819,6
1985	594,9	483,2	459,7	528,6	102,1	31,1	7,2	59,1	153,1	69,0	312,8	233,2	3034,0
1986	135,8	586,0	473,9	279,9	105,4	68,6	108,5	127,5	234,2	144,7	179,9	732,1	3176,5
1987	343,4	132,5	103,4	389,3	234,8	143,5	*	31,6	122,7	260,9	200,2	258,5	2220,8
1988	273,1	643,2	254,6	282,5	186,2	109,2	39,4	7,5	233,0	205,3	131,2	310,4	2675,6
1989	249,4	218,3	434,3	135,4	86,6	269,2	169,4	69,6	252,7	176,3	247,1	186,8	2495,1
1990	97,2	80,1	280,4	309,7	111,8	41,8	81,9	84,7	125,6	381,2	166,8	182,7	1943,9

Tabela 2. Total de chuva mensal (mm) no período de 1935 – 2001. Instituto Agronômico - Seção de Climatologia Agrícola da Estação Experimental de Ubatuba

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
1991	285,7	291,0	517,2	145,0	141,7	38,6	96,9	63,6	166,5	148,7	145,1	126,9	2166,9
1992	612,7	107,8	104,5	123,1	367,6	6,6	150,4	65,6	305,2	304,1	474,4	231,6	2853,6
1993	262,9	359,8	479,2	152,2	90,7	141,4	47,8	18,9	218,0	110,8	112,8	255,3	2249,8
1994	311,5	311,3	458,8	444,0	87,3	166,3	70,8	57,2	224,6	352,4	195,2	157,1	2836,5
1995	346,9	407,2	381,2	116,2	115,8	142,1	99,5	161,8	184,8	336,6	277,9	287,2	2857,2
1996	392,8	898,6	471,4	152,4	79,5	89,6	73,1	69,4	277,6	217,1	267,9	192,2	3181,6
1997	354,3	61,0	81,8	114,8	148,0	79,1	35,2	80,7	245,8	284,9	497,4	242,7	2225,7
1998	344,8	538,8	445,4	159,4	159,9	22,4	29,0	117,7	266,5	396,6	232,7	193,9	2907,1
1999	207,3	295,6	227,4	250,4	58,1	135,3	126,1	32,8	218,0	311,9	126,0	348,3	2337,2
2000	367,0	261,7	280,5	72,2	22,4	41,7	78,3	70,0	169,4	157,0	275,1	340,1	2135,4
2001	253,1	162,9	193,3	97,4	163,8	72,6	113,4	*	*	*	*	*	1056,5

4.2.4 Evapotranspiração (ETP)

A Evapotranspiração Potencial (ETP) da área foi calculada pelo método de Thornthwaite & Matter (1955).

Os dados de temperatura média mensal (T) do ar e de chuva total mensal (P) foram obtidos junto à Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agronômico de Campinas.

Tabela 3. Temperatura Media $[\text{Max}+\text{Min}]/2$ (° C) no período de 1935 – 2001. Instituto Agrônômico – Seção de Climatologia Agrícola da Estação Experimental de Ubatuba

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
1955	24,3	25,0	23,9	22,2	19,4	18,4	18,6	18,2	20,0	19,9	22,0	24,0	21,3
1956	26,5	24,8	24,6	22,4	19,1	18,0	17,7	17,2	20,5	20,2	20,9	22,7	21,2
1957	25,0	25,5	25,9	22,9	19,9	17,8	18,0	18,6	19,7	21,9	21,5	24,1	21,7
1958	25,0	25,4	23,7	21,9	19,9	18,6	18,9	20,0	19,7	21,4	23,0	24,7	21,8
1959	24,5	25,8	23,8	24,7	21,1	18,2	18,7	18,6	20,4	21,4	21,9	23,4	21,9
1960	23,6	23,6	23,1	21,4	18,5	18,1	16,9	19,0	19,4	22,3	22,1	23,1	20,9
1961	24,4	25,1	23,6	22,8	19,7	19,6	18,4	19,1	21,4	22,4	23,2	23,8	21,9
1962	23,5	24,6	24,2	21,6	18,9	16,0	16,8	17,7	19,9	20,5	22,1	23,0	20,7
1963	25,2	25,0	25,3	21,8	18,6	18,2	18,6	19,1	21,4	22,4	23,4	23,6	21,9
1964	23,5	24,2	23,3	22,3	19,8	17,9	16,5	18,5	19,6	20,3	21,5	23,5	20,9
1965	23,7	25,0	23,4	22,8	20,2	20,0	18,5	19,7	21,1	21,6	22,5	25,3	22,0
1966	25,5	26,5	24,5	22,5	20,3	19,5	19,3	18,6	18,6	21,0	22,1	24,7	21,9
1967	24,5	25,1	24,1	22,3	20,8	19,3	18,0	19,4	19,8	22,2	21,6	21,8	21,6
1968	24,1	22,8	23,6	20,1	17,2	17,5	17,2	17,4	18,2	19,9	21,7	23,9	20,3
1969	25,2	25,9	24,9	21,8	20,5	19,2	18,0	19,0	20,3	20,3	23,2	21,9	21,7
1970	23,7	24,9	24,7	22,0	21,4	20,1	18,0	18,0	19,3	19,2	19,3	22,2	21,0
1971	24,1	25,8	25,1	22,4	20,2	18,4	18,4	19,2	19,1	19,8	21,1	23,4	21,4
1972	25,3	25,0	25,0	21,7	21,2	20,7	18,8	19,5	20,4	21,3	22,6	24,2	22,1
1973	26,4	26,5	24,4	24,8	21,0	20,3	19,9	18,5	19,4	20,2	20,9	24,2	22,2
1974	24,7	25,0	24,6	22,0	20,4	18,5	18,5	18,8	19,8	20,2	21,8	22,4	21,4
1975	23,4	24,9	24,4	20,9	19,3	18,1	16,8	20,0	19,8	21,1	22,6	24,8	21,3
1976	26,5	24,8	24,8	22,6	20,6	18,9	18,0	19,1	19,7	20,5	22,8	24,4	21,9
1977	25,4	26,3	25,5	23,1	20,8	20,3	21,1	21,0	20,8	22,0	23,3	23,1	22,7
1978	25,4	24,9	24,9	21,6	20,0	18,3	19,8	19,0	20,5	21,8	23,0	23,9	21,9
1979	22,7	24,9	23,4	22,4	21,0	18,6	17,8	20,5	20,1	22,4	22,3	24,4	21,7
1980	24,6	25,7	26,3	23,5	21,9	19,4	19,7	19,9	19,3	21,8	22,7	25,8	22,5
1981	25,3	26,0	24,7	22,5	21,4	19,0	17,8	19,4	21,1	20,9	23,5	24,0	22,1
1982	23,4	25,7	24,1	21,7	19,4	20,4	19,5	20,1	20,1	21,9	24,5	24,0	22,0

Tabela 3. Temperatura Media $[\text{Max}+\text{Min}]/2$ (° C) no período de 1935 – 2001. Instituto Agronômico – Seção de Climatologia Agrícola da Estação Experimental de Ubatuba

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
1983	26,0	26,6	24,9	23,2	21,9	19,6	19,4	18,8	19,3	21,5	24,0	25,0	22,5
1984	27,2	27,2	25,4	22,6	22,8	20,7	19,8	18,8	19,1	22,0	22,9	23,4	22,6
1985	23,9	26,3	25,7	24,3	20,6	18,6	17,9	20,0	19,7	21,5	23,0	23,9	22,1
1986	26,2	26,7	26,0	24,6	22,6	19,7	18,4	20,2	20,1	21,2	23,9	25,2	22,9
1987	26,8	26,3	24,2	24,5	21,1	18,8	0,0	19,3	18,5	21,4	23,1	24,8	20,7
1988	27,5	25,2	25,3	23,4	21,2	18,4	16,8	19,4	20,4	21,0	22,3	24,5	22,1
1989	25,9	26,6	25,5	23,9	20,5	19,3	18,1	19,6	20,5	20,3	23,0	23,7	22,2
1990	27,0	26,0	26,2	25,3	20,5	19,2	18,1	18,4	19,3	22,6	25,0	24,6	22,7
1991	24,7	25,3	25,0	23,6	21,3	20,5	19,0	19,5	19,0	22,2	23,3	26,1	22,4
1992	25,3	25,7	25,3	23,6	22,7	21,4	19,3	18,9	20,6	22,5	22,8	23,6	22,6
1993	26,6	26,0	25,9	24,5	21,6	19,7	20,2	18,7	20,4	23,0	24,5	25,1	23,0
1994	24,9	28,2	25,0	23,5	22,6	19,5	19,5	18,8	20,4	23,0	24,1	25,7	22,9
1995	27,0	26,3	25,2	23,4	21,2	19,8	20,7	21,2	20,8	21,3	23,3	24,8	22,9
1996	27,2	26,8	25,7	23,9	20,5	19,5	17,7	18,4	20,1	22,1	22,6	25,5	22,5
1997	25,8	26,1	24,1	23,1	20,7	20,3	19,9	19,7	21,2	22,6	24,6	26,0	22,8
1998	27,1	27,5	26,5	24,4	21,1	19,1	19,5	21,6	21,6	21,3	21,9	24,4	23,0
1999	26,7	26,8	25,7	23,0	20,3	19,4	19,1	18,9	20,9	20,6	21,3	24,3	22,3
2000	25,6	25,4	24,5	22,9	21,1	20,1	17,6	19,3	20,5	23,4	23,4	25,2	22,4
2001	26,7	27,8	25,9	25,1	21,4	20,6	19,6	*	*	*	*	*	23,9

Os cálculos de evapotranspiração potencial mensal foram realizados para um período de 10 anos (1972 a 1981), utilizando as planilhas EXCEL disponibilizadas pelo núcleo de monitoramento agroclimático, organizado por Sentelhas et al. (1999)³.

O posto meteorológico do DAEE mais próximo encontra-se no município de Jiquiá, denominado como Posto Prefixo F4-020 HM e está localizado nas coordenadas 24°20' S e 47°37' W, com altitude 67m.

³ Disponível na internet no endereço: <http://www.lce.esalq.usp.br/nurma.html>

Para aprimoramento dos estudos, foi feita a comparação do posto de Juquiá (tanque de classe A) com os dados calculados para ETP em Ubatuba, pelo método Thornthwaite & Matter (1955), apresentados na Tabela 04, e verificou-se a consistências dos dados, conforme pode ser visualizado na Figura 16.

Tabela 4. ETP calculado pelo método Thornthwaite & Matter(1955) na Bacia do Rio Grande e dados do Tanque Classe A da Bacia de Juquiá

	ETP Thornthwaite Rio Grande	ETP Tanque Classe A Juquiá
ago	59,5	53,0
set	65,1	60,0
out	82,2	81,0
nov	96,8	98,0
dez	120,3	114,0
jan	126,9	112,0
fev	119,7	110,0
mar	121,3	97,0
abr	85,9	66,0
mai	68,5	53,0
jun	52,1	45,0
jul	51,3	47,0

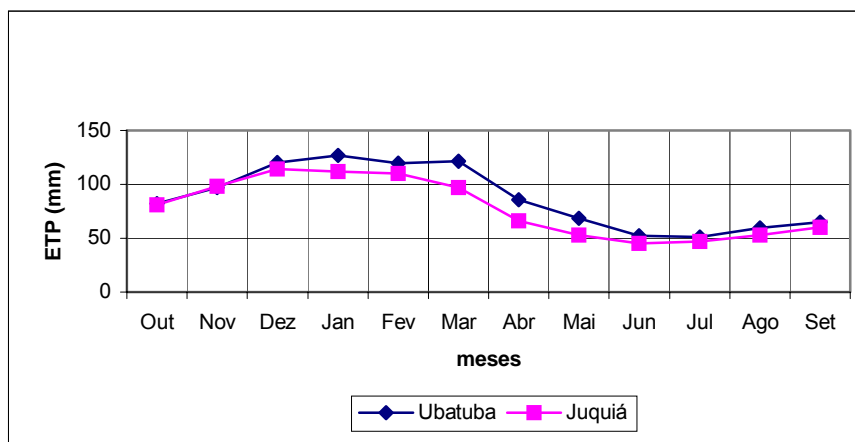


Figura 16 - Comparação entre a ETP mensal (mm) calculada em Ubatuba pelo método Thornthwaite & Matter (1955) com o Tanque Classe A de Juquiá, para o período de 1972 a 1981

4.2.5 Modelo SMAP

O modelo SMAP (Soil Moisture Accounting Procedure) é um modelo de simulação hidrológica do tipo transformação chuva-vazão desenvolvido por Lopes et al (1981), que apresenta uma estrutura simples, para séries contínuas, e utiliza para a separação do escoamento superficial (direto) os conceitos do Soil Conservation Service (SCS).

Para a simulação hidrológica de transformação de chuva-vazão para a Bacia do Rio Grande de Ubatuba foi utilizada a versão mensal do modelo. Também foi usado o programa de computador, desenvolvido por Lopes⁴ que foi gentilmente cedido pelo autor. Na versão mensal do modelo apresenta dois reservatórios matemáticos:

Reservatório da água no solo (R_{solo});

Reservatório de água subterrânea (R_{sub})

⁴ Contato com o autor João E.G. Lopes : jelopes@dghnet.com.br

Na Figura 17 pode-se observar que o modelo apresenta quatro funções de transferência da água entre os reservatórios e para fora dos mesmos. Estas transferências são:

- T1 - Escoamento Superficial (Es)
- T2 - Evapotranspiração Real (Er)
- T3 - Recarga da água subterrânea (Rec)
- T4 - Escoamento base (Eb)

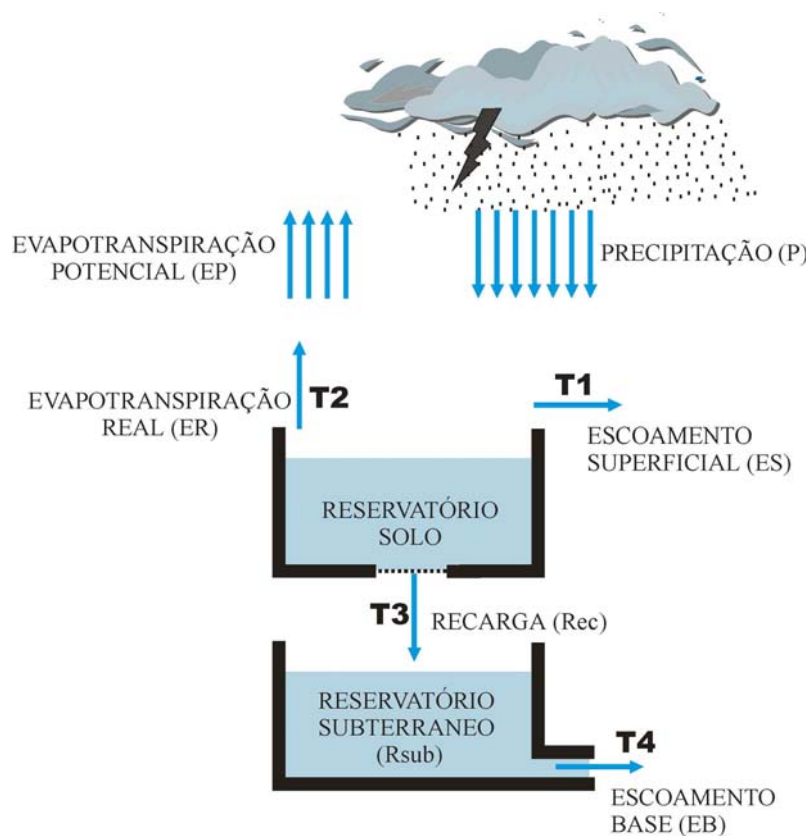


Figura 17 - Ilustração da estrutura do Modelo SMAP na versão mensal

Para o cálculo destas transferências surgem os quatro parâmetros do modelo SMAP, que são:

Str = Capacidade de saturação do solo (mm)

Pes = Parâmetro de escoamento superficial (adimensional)

Crec = Coeficiente de recarga (adimensional)

Kk = constante de recessão do escoamento base (mês⁻¹)

A partir desses parâmetros, têm-se as equações para o cálculo das variáveis do modelo.

$$Es = (R_{\text{solo}}/Str)^{P_{\text{es}}} \cdot P \dots\dots\dots(1)$$

$$Er = (R_{\text{solo}}/Str) \cdot E_p \dots\dots\dots(2)$$

$$Rec = C_{\text{rec}} \cdot (R_{\text{solo}}/Str)^4 \cdot R_{\text{solo}} \dots\dots\dots(3)$$

$$Eb = (1 - Kk) \cdot R_{\text{sub}} \dots\dots\dots(4)$$

As variáveis de estado são atualizadas a cada mês da seguinte forma:
para o reservatório do solo (zona aerada)

$$R_{\text{solo}}(t+1) = R_{\text{solo}}(t) + P - Es - Er - Rec \dots\dots(5)$$

onde:

P = chuva

Es = escoamento superficial

Er = evapotranspiração real

Rec = recarga subterrânea

para o reservatório subterrâneo (zona saturada)

$$R_{\text{sub}}(t+1) = R_{\text{sub}}(t) + Rec - Eb \dots\dots\dots(6)$$

onde:

E_b = escoamento básico

Rec = recarga subterrânea

e finalmente a vazão é dada por

$$Q = (E_s + E_b) \cdot A_d / 2630 \dots \dots \dots (7)$$

Q = vazão (m^3/s)

E_s = escoamento superficial (m^3/s)

E_b = vazão básica (m^3/s)

A_d = área de drenagem (km^2)

O modelo inicia-se com o cálculo da capacidade do reservatório de água no solo no mês 1 – R_{solo} (1) e o cálculo da recarga subterrânea no mês 1 – R_{sub} (1):

$$a) R_{solo} (1) = T_{uin} \cdot Str \dots \dots \dots (8)$$

onde:

T_{uin} = teor de umidade inicial (ad.)

Str = capacidade de saturação do solo (mm)

$$b) R_{sub} (1) = (E_{bin} / (1 - K_k)) / A_d \cdot 2630 \dots \dots \dots (9)$$

onde:

E_{bin} = vazão básica inicial (m^3/s)

K_k = constante de recessão do escoamento base (m^{-1})

A_d = área de drenagem (km^2)

Recomenda-se que o mês 1 seja o primeiro mês do ano hídrico e necessita dos seguintes dados de entrada:

- a) a série mensal de chuva;
- b) as médias mensais multianuais de evaporação potencial (tanque Classe A);
e no caso do período de calibração,
- c) a série mensal de vazões.

Para o programa de calibração são necessários de 2 a 9 anos de dados de vazão média mensal. E existem dois coeficientes de ajuste, da chuva média da bacia (P_{cof}) e ajuste da evaporação média da bacia (E_{cof}), que devem ser calculados em função da distribuição espacial dos postos.

A seguir, no Quadro 1, apresenta-se a estrutura dos dados de entrada para o período de calibração e validação, e no Quadro 2, a estrutura de entrada de dados para a geração da série histórica.

no de anos de dados	número do mês de início do ano hídrico											
área da bacia(1)	Nome do curso d'água											
	Vazão média mensal do mês 1 no ano hídrico 1 (m3/s)											
ano hídrico1	(q1,1)	q2,1	q3,1	q4,1	q5,1	q6,1	q7,1	q8,1	q9,1	q10,1	Q11,1	q12,1
ano hídrico2	q1,2	q2,2	q3,2	q4,2	q5,2	q6,2	q7,2	q8,2	q9,2	q10,2	Q11,2	q12,2
coeficiente de ajuste da evapotranspiração média da bacia (ECOF)	Nome do posto de qual foram tirados os dados de ETP mm/mês											
	ETP1	ETP2	ETP3	ETP4	ETP5	ETP6	ETP7	ETP8	ETP9	ETP10	ETP11	ETP12
												Nome dos postos
coeficiente de ajuste chuva da bacia (PCOF)	Número de postos de chuva											
Número de postos pluviométricos	Nome do posto onde foram tirados os dados de Precipitação (mm/mês)											
ano hídrico1	P1,1	P2,1	P3,1	P4,1	P5,1	P6,1	P7,1	P8,1	P9,1	P10,1	P11,1	P12,1
ano hídrico2	P1,2	P2,2	P3,2	P4,2	P5,2	P6,2	P7,2	P8,2	P9,2	P10,2	P11,2	P12,2

Quadro 1 - Estrutura de entrada de dados do Modelo SMAP na versão mensal (Para calibração e validação do modelo)

Nome do Rio - Geração de Série Histórica no Posto (nome do posto)	
Nome do Posto de chuva e localização	
Nome do Posto de evaporação	
Ano inicial	ano inicial da simulação
Nº de anos	número de anos para simulação
Ad	área de drenagem em km ²
Nº de posto	número de postos de chuva (até 9 postos)
Pcoef	coeficiente de ajuste de chuva média na bacia
Kk	constante de recessão do escoamento básico (em meses)
Tuin	inicialização do reservatório do solo (%)
Ebin	vazão básica inicial (em m ³ /s)
Str	capacidade de saturação do reservatório do solo (em mm)
Pes	parâmetro de escoamento superficial
Crec	parâmetro de recarga subterrânea (%)
mês1 mês2 mês3.....m12	seqüência de meses no ano hidrológico utilizado
ETP1 ETP2 ETP3..... ETP12	ETP (em mm/mes)
Nº de posto	Nome do posto de chuva
ano hídrico 1	P1,1 P1,2 P1,3 P1,4 P1,5 P1,6 P1,7 P1,8 P1,9 P1,10 P1,11 P1,12
ano hídrico 2	P2,1 P2,2 P2,3 P2,4 P2,5 P2,6 P2,7 P2,8 P2,9 P2,10 P2,11 P2,12
ano hídrico 3	P3,1 P3,2 P3,3 P3,4 P3,5 P3,6 P3,7 P3,8 P3,9 P3,10 P3,11 P3,12...

Quadro 2 - Estrutura de entrada de dados do Modelo SMAP na versão mensal (Para geração da série histórica de vazão)

A otimização para estimativa de parâmetros, uma das partes fundamentais é o estabelecimento da função objetivo. Na simulação hidrológica, o produto da simulação é um hidrograma calculado pelo modelo que é comparado com aquele observado. O objetivo é aproximar o máximo possível os dois hidrogramas. A função objetiva busca medir a discrepância entre estes valores para que possa ser minimizada .

Para a calibração dos parâmetros do modelo na versão mensal, o SMAP utiliza a soma dos desvios relativos quadráticos, como função objetivo (f.o.).

$$\text{f.o.} = \sum_{i=1}^n [(Q_{\text{obs}}(i) - Q_{\text{calc}}(i)/Q_{\text{obs}}(i)]^2$$

onde: Q_{obs} = vazão observada

Q_{calc} = vazão calculada

Além do valor da função objetivo, devem ser observados dois outros indicadores da calibração:

a) o armazenamento do período (balanço) deve ser próximo de zero. Isso indica que não está se retendo ou liberando água do reservatório do solo de forma tendenciosa. A variação do reservatório deve ser cíclica, acompanhando a sazonalidade da região.

b) a recarga e o escoamento básico devem ser aproximadamente iguais. Diferença entre recarga e escoamento básico indica problemas com parâmetros "Crec" (coeficiente de recarga) e "Kkt" (constante de recessão escoamento básico).

5 RESULTADOS

5.1 Calibração dos parâmetros do modelo SMAP para a bacia do Rio Grande de Ubatuba

Para a calibração das estimativas de parâmetros da bacia do Rio Grande de Ubatuba pelo modelo SMAP, utilizou-se a série de dois anos de vazão, iniciando no mês de agosto de 1972 e terminando em julho de 1974. Esse período foi escolhido pelas seguintes razões: o programa de computador utilizado necessita de no mínimo dois anos de dados e o ano hídrico foi determinado como sendo de agosto a julho.

A calibração seguiu os seguintes passos:

a) preparo do arquivo de entrada, conforme mostra o Quadro 3.

2	8												
64	Rio Grande de Ubatuba – calibração												
72-73	2.53	4.16	5.61	5.19	4.41	10.20	8.44	5.13	5.03	6.92	2.84	4.66	
73-74	2.37	3.82	4.15	5.51	6.79	8.89	3.44	2.40	2.46	1.73	1.43	0.97	
1.00	Ubatuba evapotranspiração – Thornthwaite – media de 10 anos												
	59.5	65.1	82.2	96.8	120.3	126.9	119.7	121.3	85.9	68.5	52.1	51.3	
1.00	1	Ubatuba – IAC – precipitação											
1.00	Ubatuba IAC (mm/mês)												
72-73	120	145	332	236	213	571.6	291.5	152.5	140.7	306.	55	390	
73-74	85	291	208	415	508.1	564.9	20	107	113	97	70	61.7	

Quadro 3 - Dados de entrada para a calibração do modelo SMAP – versão mensal

b) ao abrir o programa, encontrou-se como resultado a correlação entre as vazões calculadas e observadas de 0,819. A Figura 18 mostra a tela de abertura do programa. Procedeu-se à análise dos dados e posteriormente foram feitos os reajustes necessários na busca dos melhores valores para os componentes do balanço hídrico da bacia, considerando suas características físicas e biológicas.

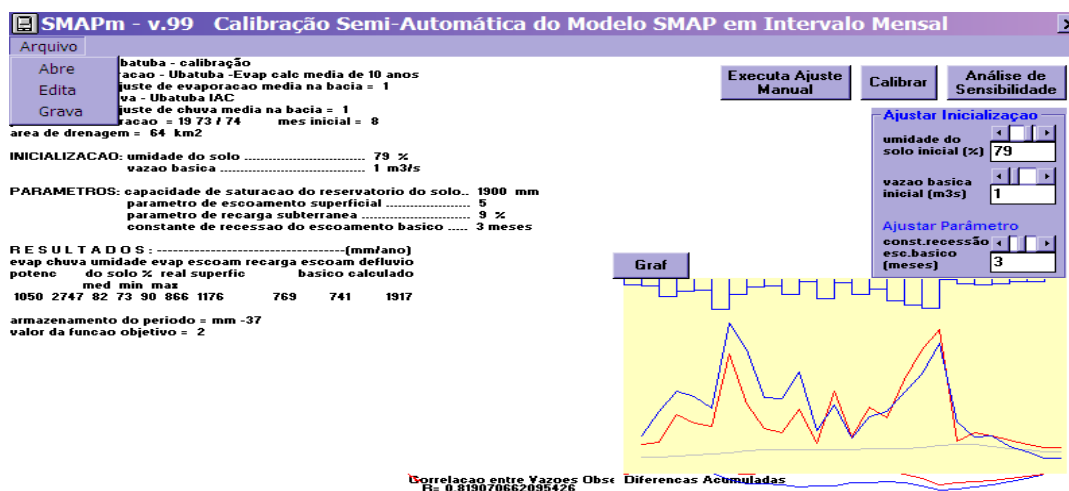


Figura 18 - Tela de abertura do programa SMAP

c) calibração automática: lançou-se mão da rotina de otimização e encontrou-se o resultado mostrado na Figura 19 que, embora tenha alcançado um bom ajuste, com pequeno aumento na correlação entre a vazão calculada e a vazão observada, ou seja de 0,853, os valores encontrados para os escoamentos básico e superficial não correspondem à realidade física da bacia. Verificou-se valor alto para o escoamento superficial, diferentemente do que ocorre em bacia com boa cobertura florestal, e nas condições climáticas da região em que se encontra o Rio Grande de Ubatuba. Por outro lado, o valor do

escoamento básico encontrado foi de 575 mm/ano, muito baixo para uma bacia com grande capacidade de infiltração da água no solo.

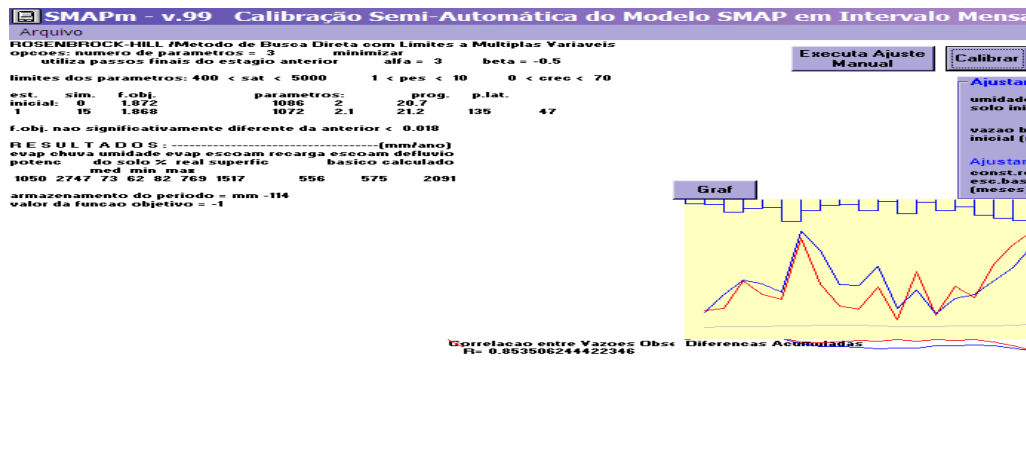


Figura 19 - Tela do programa SMAP, após calibração automática

d) buscaram-se melhores valores através do Ajuste Manual (Figura 20). Para aumentar os valores do escoamento base e recarga, o primeiro ajuste foi aumentar o parâmetro de recarga subterrânea. Os ajustes aos outros parâmetros foram feitos observando principalmente: o gráfico de correlação das vazões observadas e calculadas, os valores das variáveis dos componentes do balanço hídrico, o armazenamento de água no período, a diferença entre a recarga e o escoamento básico.

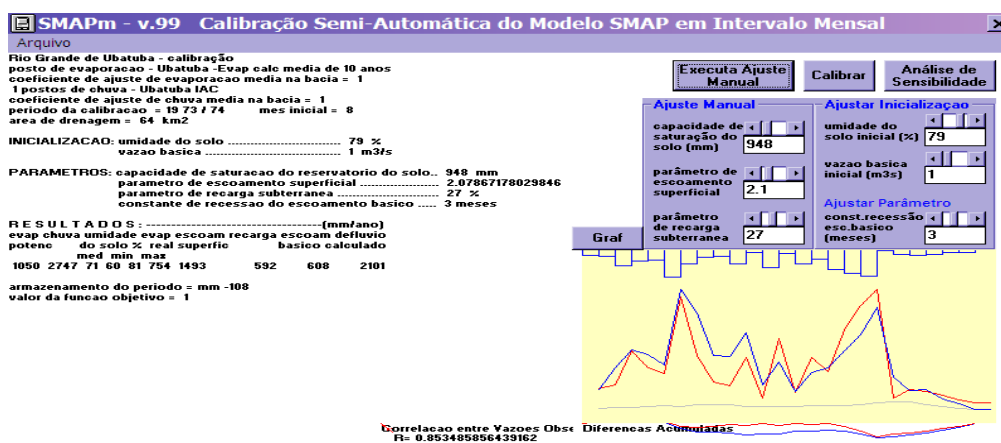


Figura 20 - Tela de resultado após os primeiros ajustes manuais

e) calibração automática: lançando-se novamente da rotina de calibração automática, encontrou-se finalmente o resultado final da calibração e os parâmetros que estão apresentados no Quadro 4.

INICIALIZAÇÃO:		umidade do solo			78 %				
		vazão básica			2 m ³ /s				
PARAMETROS:		Capacidade de saturação do reservatório do solo			1105 mm				
		Parâmetro de escoamento superficial			4.3				
		Parâmetro de recarga subterrânea			57.7 %				
		Constante de recessão do escoamento básico			1 mês				
ET	Chuva	Umidade do solo (%)			ET	Esc	Recarga	Esc.	Deflúvio
Potencial		Méd min max			Real	superficial		base	calculado
1050mm	2747mm	70	58	82	739mm	785mm	1338mm	1373mm	2159mm
Armazenamento do período = -151 mm									
					calculada	observada			
Vazão Media (m ³ /s)					4.38	4.55			
Desvio Padrão					2.11	2.41			
Regressão Linear:									
Coef. Correlação = 0.869					Vcal = 0.76 Vobs + 0.92				
Valor mínimo da função objetivo = 1.527									

Quadro 4 - Relatório final da calibração chuva - vazão para o Rio Grande de Ubatuba

A Figura 21 mostra as vazões observadas e as calculadas pelo modelo SMAP (fase calibração), bem como a precipitação.

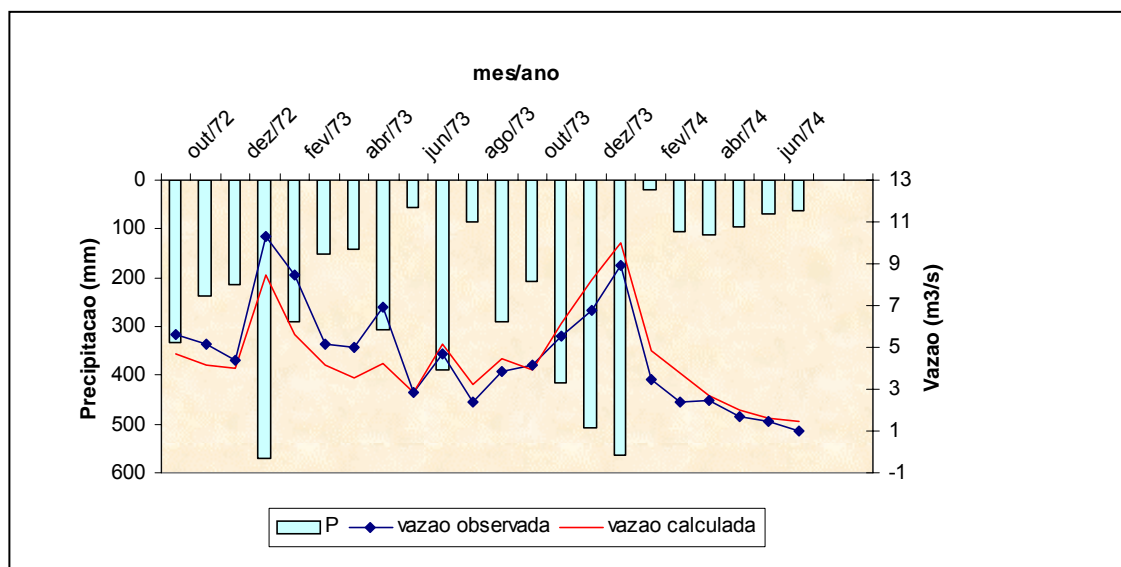


Figura 21 - Relação Chuva-Vazão calculada e vazão observada, para dois anos hídricos, na fase de calibração do Modelo SMAP

5.2 Validação dos parâmetros da bacia do Rio Grande

Com os parâmetros já determinados na calibração e aumentando a série de vazão média mensal para três anos, correspondente a agosto de 1971 a julho de 1975, ou seja, a quase toda série histórica disponível para o Rio Grande, foi formatado o arquivo de entrada de dados para a validação dos parâmetros, conforme apresentado no Quadro 5.

A relação obtida entre vazão observada e vazão calculada pelo modelo SMAP, utilizando-se os parâmetros calibrados, pode ser visualizada na Figura 22, enquanto o relatório final para a fase de validação encontra-se no Quadro 6.

Observa-se que o coeficiente de correlação mudou de 0,869 (calibração) para 0,838 (validação) e que os valores anuais de ET potencial e real, de escoamento superficial de recarga e de deflúvio calculado, não apresentaram grandes diferenças entre a fase de calibração e de validação.

4	8											
64	Rio Grande de Ubatuba – calibração											
71-72	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	4.84	4.93	4.22	3.18	2.72	2.55
72-73	2.53	4.16	5.61	5.19	4.41	10.20	8.44	5.13	5.03	6.92	2.84	4.66
73-74	2.37	3.82	4.15	5.51	6.79	8.89	3.44	2.40	2.46	1.73	1.43	0.97
74-75	0.74	-0.01	1.16	0.80	3.55	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
1.00	Ubatuba evapotranspiração – Thornthwaite – media de 10 anos											
	59.5	65.1	82.2	96.8	120.3	126.9	119.7	121.3	85.9	68.5	52.1	51.3
1.00	1			Ubatuba – IAC – precipitação								
1.00	Ubatuba IAC(mm/mês)											
71-72	272.9	117.4	114.4	224.5	380.7	152.5	303.5	183	196.9	13	27	42
72-73	120	145	332	236	213	571.6	291.5	152.5	140.7	306.	55	390
73-74	85	291	208	415	508.1	564.9	20	107	113	97	70	61.7
74-75	65	133.2	112	120	333.4	488.7	413.1	132.7	131.1	151.8	49.1	70.7

Quadro 5 - Dados de entrada para a validação do modelo SMAP – versão mensal

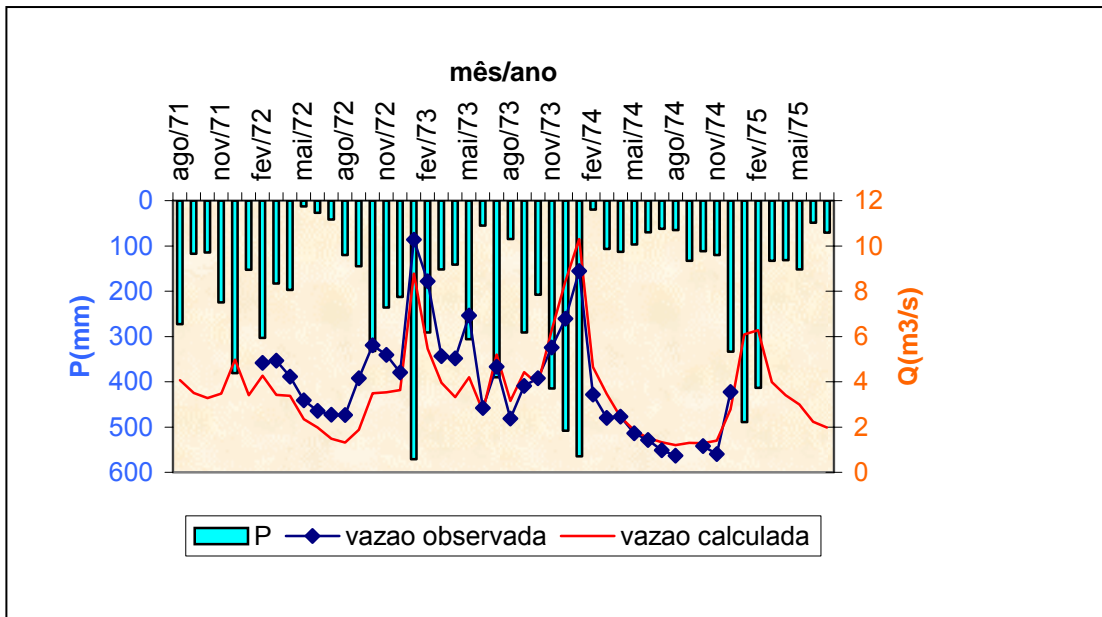


Figura 22 - Relação Chuva – Vazão calculada e observada, para os quatro anos hídricos, na fase de validação do Modelo SMAP

INICIALIZAÇÃO:		umidade do solo			78 %				
		vazão básica			2 m ³ /s				
PARAMETROS:		Capacidade de saturação do reservatório do solo			1105 mm				
		Parâmetro de escoamento superficial			4.3				
		Parâmetro de recarga subterrânea			57.7 %				
		Constante de recessão do escoamento básico			1 mês				
ET	Chuva	Umidade do solo (%)			ET	Esc	Recarga	Esc.	Deflúvio
Potencial		Méd min max			Real	superficial		base	calculado
1050mm	2432mm	67	54	82	716mm	617mm	1144mm	1341mm	1760mm
Armazenamento do período = -45mm									
					calculada	observada			
Vazão Media (m ³ /s)					3.57	3.95			
Desvio Padrão					1.91	205			
Regressão Linear:									
Coef. Correlação = 0.838					Vcal = 0.78 Vobs + 0.49				
Valor mínimo da função objetivo = 4.16									

Quadro 6 - Relatório final da validação do Modelo SMAP para o Rio Grande de Ubatuba

5.3 Geração da série histórica

Após as etapas de calibração e validação dos parâmetros do modelo pode-se gerar a série histórica, utilizando agora um outro programa de computador denominada SMAP G.

O arquivo de entrada deste programa incorpora os parâmetros obtidos na fase de calibração e validação e os 67anos de dados de precipitação. A estrutura do arquivo de entrada encontra-se no Quadro 7, em que se pode ver, em destaque, que a área da bacia, para gerar a nova série, é agora de 26 km² , uma vez que a área da bacia desde o ponto de captação tem 26 km² . Ressalte-se ainda que, devido ao volume de dados de precipitação , o Quadro 7 traz apenas a indicação de onde inserir aqueles dados.

Rio Grande em Ubatuba - Geração de Série no Posto											
Posto de chuva - UBATUBA LAT:23 27's LONG:45 04'w ALT:08 m INSTITUTO AGRONOMICO											
Posto de evaporação - Ubatuba Calculado											
35	Ano inicial da simulação (ano hidr. ago/jul)										
67	Número de anos para simulação (ate' 9 anos)										
26	Área de drenagem (em km2)										
1	Numero de postos de chuva (até 9 postos)										
1.00	Coeficiente de ajuste de chuva média na bacia										
1.	Constante de recessão do escoamento básico (em meses)										
78	Inicialização do reservatório do solo (%)										
2	Vazão básica inicial (em m ³ /s)										
1105	Capacidade de saturação do reservatório do solo (em mm)										
4.3	Parâmetro de escoamento superficial										
57.7	Parâmetro de recarga subterrânea (%)										
8 9 10 11 12 1 2 3 4 5 6 7	seqüência de meses no ano hidrológico utilizado										
	82.2	96.8	120.3	126.9	119.7	121.3	85.9	68.5	52.1	51.3	59.5
	65.1 ETP(em mm/mês - ago a jul)										
1.0	SECAO DE CLIMATOLOGIA AGRÍCOLA (mm/mês)										
	Dados anuais de precipitação (série histórica de 1935 a 2001)										

Quadro 7 - Dados de entrada para a geração da série histórica, pelo modelo SMAP G

Os resultados médios obtidos após a geração da série histórica estão apresentados no Quadro 8, e a série histórica na Tabela 5 e, por sua vez, o gráfico da relação chuva - vazão, para a série gerada, é mostrado na Figura 23.

ET potencial	Chuva	ET Real	Esc. superficial	Recarga	Esc. base	Deflúvio calculado	Vazão
mm							m ³ /s
1050	2652	722	785	1147	1156	1941	1.59

Quadro 8 - Resultados médios anuais para a série histórica gerada

A estimativa de evapotranspiração potencial foi determinada por Arcova et al.(1998), monitorando duas microbacias durante seis anos, e foi realizada no Parque Estadual da Serra do Mar em Cunha, divisa com Ubatuba. As microbacias monitoradas apresentaram taxas evaporativas da ordem de 30%, com conseqüente produção hídrica de 70% da precipitação média anual. Na bacia do Rio Grande, a estimativa anual de evapotranspiração potencial foi de 1.050 mm e a estimativa anual do deflúvio foi 1.941 mm, o que representa taxas evaporativas de 39,5% e de produção hídrica na ordem de 73% do total da chuva que chega à bacia.

Outros estudos foram conduzidos também no Parque Estadual da Serra do Mar em Cunha por Cicco et al. (1985), para determinar a taxa de escoamento anual básico. Foi estimado que o escoamento básico anual representa 50,9% da precipitação anual e 72% do escoamento total anual, ou seja, aproximadamente 51% da precipitação anual escoam em forma de escoamento básico. Para a bacia do Rio Grande, foi estimado que o escoamento básico contribui com 44% da precipitação anual e 60% do escoamento total anual.

Tabela 5. Série gerada de vazões médias mensais (m³/s) para o Rio Grande de Ubatuba (1935 a 2001)

Ano	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul
1935	2,92	2,65	2,30	2,22	2,31	2,17	4,81	2,58	2,04	1,66	1,48	2,56
1936	1,52	1,63	1,45	1,35	1,62	1,79	3,14	4,07	2,13	1,97	1,76	1,24
1937	1,15	0,84	0,83	0,74	1,05	2,07	1,36	1,23	1,32	1,26	0,96	0,91
1938	1,07	1,02	1,35	1,88	2,14	1,85	3,60	2,04	2,28	1,52	1,80	1,43
1939	1,13	1,20	1,17	1,66	2,01	2,21	1,54	8,15	2,74	1,62	1,21	1,02
1940	0,78	0,73	0,62	0,74	1,55	2,71	2,14	2,25	1,79	1,41	1,11	0,85
1941	0,68	0,76	1,36	1,77	2,03	1,86	4,42	6,28	2,45	1,64	1,14	0,96
1942	0,77	0,75	0,70	1,16	2,64	1,84	1,78	1,75	1,76	1,28	1,12	0,95
1943	1,65	1,05	2,43	2,84	2,30	2,83	1,94	1,76	1,48	1,38	1,14	0,93
1944	0,78	0,70	1,13	1,10	3,03	2,26	3,85	2,50	3,78	2,24	1,61	1,39
1945	1,01	1,30	1,03	2,81	1,92	3,23	3,00	2,85	3,20	2,03	2,14	1,48
1946	1,32	1,40	1,07	1,20	2,28	2,20	1,78	3,39	2,26	1,71	1,33	1,04
1947	1,14	1,32	2,89	1,89	1,99	4,81	1,92	1,59	1,27	1,18	1,28	1,29
1948	1,11	1,18	1,84	1,96	3,29	2,46	4,04	2,97	2,06	1,95	1,40	1,51
1949	1,45	1,46	1,39	1,98	1,69	4,99	2,10	1,73	1,23	0,96	1,44	1,50
1950	1,21	1,67	1,39	1,29	1,65	5,75	2,31	2,55	2,10	1,79	1,35	1,07
1951	0,88	0,62	0,89	1,92	2,34	3,45	3,60	4,90	2,66	1,81	1,30	0,95
1952	0,74	0,93	1,52	1,46	1,86	4,56	6,44	3,02	1,77	1,30	1,14	0,88
1953	1,32	0,97	1,31	1,49	1,85	1,31	1,44	1,54	1,30	1,07	0,88	0,72
1954	0,56	0,60	0,64	1,39	1,33	1,05	1,03	1,40	1,08	1,11	0,93	0,90
1955	1,28	0,88	0,95	0,90	1,19	1,51	1,07	1,37	1,04	0,90	0,75	0,61
1956	0,52	0,45	0,48	0,59	0,64	0,60	0,77	1,35	1,10	1,04	1,07	0,83
1957	0,74	0,58	0,46	0,56	0,72	0,73	0,78	0,85	1,25	1,25	1,25	1,25
1958	1,10	0,97	1,15	1,07	1,13	1,31	1,18	1,34	1,40	1,42	1,21	1,01
1959	0,96	0,83	1,23	4,11	3,07	2,34	7,29	2,78	1,61	1,33	0,88	0,75
1960	0,73	0,63	0,72	1,16	1,48	2,17	4,66	2,40	1,71	1,31	1,00	0,83
1961	0,63	0,65	1,13	1,23	2,93	5,17	5,18	3,31	2,22	1,65	1,31	1,75
1962	1,11	1,34	1,06	0,99	1,05	1,83	3,45	2,13	1,79	1,48	1,10	0,93
1963	0,76	0,57	1,05	1,23	4,53	1,95	1,60	2,28	1,22	1,15	0,89	0,72

Tabela 5. Série gerada de vazões médias mensais (m³/s) para o Rio Grande de Ubatuba (1935 a 2001)

Ano	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul
1965	0,82	0,99	1,21	1,81	2,11	2,44	2,13	2,12	2,38	2,25	1,78	1,55
1966	1,52	1,25	1,28	1,25	4,34	5,00	2,86	2,13	4,46	2,28	1,53	1,68
1967	1,12	1,40	1,83	1,92	3,21	4,70	3,96	9,47	3,11	1,65	1,17	0,91
1968	0,80	0,86	1,64	1,49	1,71	1,44	1,32	1,22	1,41	1,01	0,96	0,97
1969	0,91	0,86	1,22	1,09	1,57	2,15	2,50	1,95	1,68	1,36	1,18	1,04
1970	0,91	0,83	1,09	4,64	2,65	2,17	2,30	1,85	1,42	1,14	1,17	0,98
1971	1,42	1,13	1,28	0,99	0,88	0,71	1,11	1,21	1,22	1,30	1,07	0,98
1972	0,90	1,11	0,93	1,19	1,85	1,34	1,71	1,40	1,39	0,99	0,84	0,64
1973	0,52	0,81	1,36	1,44	1,50	3,39	2,23	1,69	1,43	1,72	1,14	2,09
1974	1,26	1,29	1,31	2,16	3,12	3,94	1,89	1,48	1,06	0,81	0,66	0,58
1975	0,49	0,49	0,47	0,51	1,01	2,27	2,46	1,65	1,44	1,27	0,96	0,84
1976	0,81	1,11	1,41	2,67	2,40	4,83	3,07	2,50	1,98	1,81	1,32	1,25
1977	1,07	1,74	1,52	1,33	1,90	2,08	1,27	1,08	1,45	0,83	0,86	0,72
1978	0,57	0,45	0,53	0,78	1,40	1,93	1,92	1,56	1,41	1,14	0,93	0,75
1979	0,64	0,73	0,59	0,84	1,12	1,47	1,19	3,69	2,03	1,48	1,19	0,99
1980	0,89	0,74	0,70	1,09	2,69	3,09	2,64	1,83	1,86	1,20	1,05	0,79
1981	0,69	0,61	1,08	1,20	1,40	4,34	1,89	2,54	2,73	1,63	1,40	1,14
1982	0,97	1,05	0,95	1,59	1,97	1,97	1,57	2,38	1,65	1,24	1,17	0,89
1983	0,74	1,03	1,08	1,75	2,25	1,76	1,59	2,27	1,98	2,11	1,79	1,39
1984	1,23	0,98	0,95	0,84	1,36	1,44	1,08	1,17	0,98	0,89	0,70	0,65
1985	0,53	0,57	0,61	1,13	1,34	3,50	3,27	3,30	4,01	2,20	1,62	1,16
1986	0,92	0,96	0,73	1,28	1,26	1,13	3,14	2,98	2,30	1,70	1,38	1,17
1987	0,86	0,79	0,73	0,81	4,36	2,23	1,50	1,22	1,80	1,54	1,42	1,28
1988	1,00	1,12	1,26	1,27	1,51	1,62	4,12	2,24	2,11	1,75	1,45	1,15
1989	0,95	1,09	1,09	1,04	1,50	1,45	1,44	2,36	1,52	1,30	1,54	1,33
1990	1,17	1,12	1,11	1,27	1,20	1,02	0,86	1,03	1,35	1,07	0,98	0,89
1991	0,72	0,76	1,49	1,17	1,28	1,53	1,66	3,04	1,77	1,55	1,16	1,00
1992	0,78	1,15	0,96	1,05	0,98	3,07	1,36	1,16	0,97	1,53	0,85	0,17
1993	0,78	0,96	1,33	2,60	1,87	1,90	2,24	3,06	1,91	1,53	1,34	1,00

Tabela 5. Série gerada de vazões médias mensais (m^3/s) para o Rio Grande de Ubatuba (1935 a 2001)

Ano	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul
1994	0,84	0,94	0,78	0,81	1,04	1,37	1,65	2,65	3,03	1,82	1,71	1,28
1995	1,23	1,19	1,81	1,50	1,39	1,84	2,33	2,48	1,68	1,46	1,28	1,06
1996	0,91	1,22	1,69	1,78	1,93	2,45	7,89	3,45	1,94	1,47	1,18	0,93
1998	0,51	0,42	0,39	0,61	0,96	2,42	1,74	2,15	3,60	3,42	2,23	1,93
1999	1,40	1,43	2,09	1,72	1,61	1,52	1,70	1,54	1,63	1,19	1,17	1,03
2000	0,87	0,94	1,38	1,08	1,74	2,06	1,86	1,93	1,37	1,09	0,83	0,64
2001	0,55	0,64	0,71	1,13	1,64	1,60	1,40	1,36	1,08	1,06	0,85	0,85

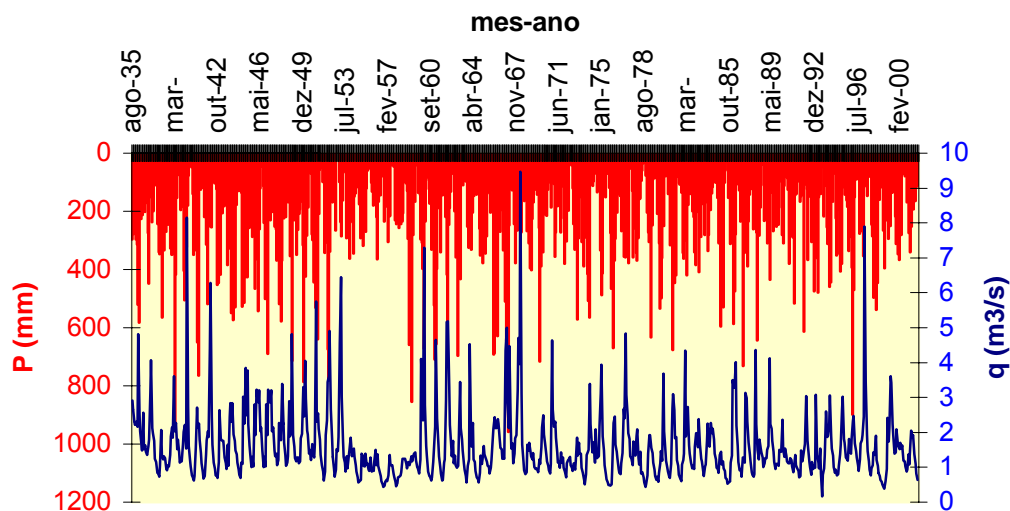


Figura 23 - Série histórica para a relação chuva – vazão gerada pelo Modelo SMAP, para o período de agosto de 1935 a julho de 2001

6 DISCUSSÃO

6.1 Vazão ecológica

Para analisar o balanço entre a demanda e a disponibilidade de água na bacia do Rio Grande de Ubatuba, o primeiro passo foi estimar a vazão mínima ou vazão ecológica, uma vez que se considera como vazão disponível de um rio aquela resultante da diferença entre a vazão atual e a vazão mínima.

A vazão ecológica é definida na Instrução Normativa 04 de 21 de junho de 2000 do Ministério do Meio Ambiente como a “vazão mínima necessária para garantir a preservação do equilíbrio natural e a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos” (Brasil, 2000a).

A legislação brasileira não estabelece critérios quantitativos nem qualitativos de vazão que deve ser garantida à jusante de uma captação de água, para que se mantenha a condição ecológica de um rio. O estabelecimento desses critérios deve ser feito através dos Planos de Recursos Hídricos Regionais.

Um trabalho pioneiro para determinação da vazão ecológica foi realizado por Pelissari et al.(2000), que utilizaram uma metodologia baseada na aptidão das espécies de peixes para as diferentes condições de habitat físico presentes no rio. Segundo os autores, este é o primeiro trabalho no país que leva em consideração o ecossistema aquático, em particular a ictiofauna.

Para a estimativa da vazão ecológica, no caso de outorga de uso da água, normalmente adota-se uma vazão de referência dos corpos d'água. Os Estados de São Paulo, Paraná e Minas Gerais usam como vazão de referência o Q7,10, que corresponde à vazão média mínima de sete dias consecutivos.

com período de retorno de dez anos na seção do corpo d'água. Os Estados do Ceará, Bahia e Paraná usam o Q90, que corresponde à vazão com garantia de 90% de permanência.

É importante salientar que a vazão de referência NÃO representa necessariamente a vazão mínima ou vazão ecológica. Como o próprio nome diz, aquela vazão serve para balizar a estimativa da vazão mínima ou vazão ecológica, conforme pode ser observado na Quadro 9.

Estado	Vazão de referência	Vazão ecológica ou mínima
Ceará	Q 90	9/10 da vazão de referência
Bahia	Q 90	80 % da vazão de referência ou 95% nos casos de abastecimento urbano
Paraná	Q 7,10	50% da vazão de referência
São Paulo	Q 7,10	Análise caso a caso Alguns técnicos adotam 50% da vazão de referência
Minas Gerais	Q 7,10	30% da vazão de referência
Pernambuco	Q 90	10% da vazão de referência por razão ecológica

Fonte: Azevedo, et.al (2003)

Quadro 9 - Vazão de referência utilizada para outorga de água

No presente estudo, foi adotado como vazão ecológica o próprio Q7,10, e o seu valor foi estimado utilizando-se o Método de Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo do Departamento de Águas de Energia Elétrica (DAEE,1988), disponível na rede mundial de computadores - internet. Para tal estimativa, usaram-se as coordenadas geográficas (UTM) do ponto de captação que é 487824 Km E e 7412722 Km W e a área de drenagem da bacia correspondente a 26 Km², obtendo, assim, como valor de referência, ϵ de 0,449 m³/s. (<http://www.sigrh.sp.gov.br>).

6.2 Balanço entre disponibilidade X demanda

Consideram-se, como disponibilidade de água, para a bacia do Rio Grande, as vazões médias mensais estimadas pelo modelo SMAP, após a subtração da vazão mínima ecológica.

Embora a captação de água para abastecimento público no Rio Grande de Ubatuba tenha começado em 1998, partiu-se da premissa de que com a série histórica gerada, pode-se inferir sobre o potencial e os riscos do manancial, para o abastecimento público ou ainda para a manutenção dos processos ecológicos. Cabe destacar que o fato da bacia permanecer ainda em boas condições de cobertura florestal resulta numa melhor previsão do potencial e riscos.

Quanto à demanda de água, a mesma foi calculada com base no volume de água que é captada pela concessionária de abastecimento público de água, que é a Companhia de Abastecimento de Água do Estado de São Paulo (SABESP).

De acordo com as informações que constam no documento “Diagnóstico da Situação Atual dos Recursos Hídricos da Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Litoral Norte - Relatório Final” (IPT,2000) do Comitê de Bacias Hidrográfica do Litoral Norte, o volume de água que é captado na bacia do Rio Grande no verão é de $0,598 \text{ m}^3/\text{s}$ e no inverno é de $0,234 \text{ m}^3/\text{s}$, conforme apresentado no Quadro 10.

Sistema	Manancial	Coordenadas (UTM)		Área de drenagem (Km ²)	Vazões (m ³ /s)	
		km E	km W		Verão	Inverno
Picinguaba **	Afluente da margem esquerda do Rio Picinguaba	nd*	nd*	1,0	0,023	0,009
Fazenda **	"sem nome "	nd*	nd*	1,4	0,032	0,012
Almada e Engenho **	"sem nome "	nd*	nd*	1,4	0,032	0,012
Ubatumirim **	"sem nome "	nd*	nd*	1,9	0,043	0,016
Puruba **	"sem nome "	nd*	nd*	nd*	nd*	nd*
Prumirim **	"sem nome "	nd*	nd*	1,0	0,023	0,009
Félix **	"sem nome "	nd*	nd*	0,4	0,008	0,003
Itamambuca *	"sem nome "	500 862	7 412 892	1,2	0,028	0,011
Ubatuba *	Rio Comprido (Macacos)	486 140	7 409 447	nd*	nd*	nd*
	Rio Grande cota 37,5	487 824	7 412 722	26,0	0,598	0,234
Dura, Corcovado, Folha Seca e Rio Escuro **/***	Rio da Cachoeira do Gato - Cota 116 m	nd*	nd*	5,3	0,087	0,072
Vermelha do Sul *	"sem nome "	481 922	7 399 604	nd*	nd*	nd*
	"sem nome "	482 039	7 399 362	nd*	nd*	nd*
Maranduba **	Afluente margem esquerda Rio Maranduba	473 713	7 397 832	0,006	0,143	0,056
Maranduba **	Ribeirão Lagoinha	nd*	nd*	2,9	0,066	0,026
				Total	1,083	0,460

Fonte : SABESP (1999, 2000)

Vazões específicas (mínimas médias de 7 dias consecutivos, com período de retorno de 10 anos ou garantia de 90 %)

Essas vazões específicas são aplicáveis sem restrições a bacias hidrográficas da Serra do Mar, na região objeto do estudo, cujas áreas estejam situadas no intervalo de 2 a 12 Km².

Para áreas inferiores a 2 Km² devem ser empregadas com cautela, pois as características locais, em uma área tão restrita, podem alterar substancialmente os valores das vazões mínimas.

* Operados pela SABESP

** Reforço/ Proposta

*** Projeto

nd* - informação não disponível

Quadro 10 - Captações superficiais para o abastecimento público de Ubatuba

É importante notar que o quadro acima apresenta 2 valores de captação de água, sendo 0,598 m³/s considerada como captação no verão e 0,234 m³/s como a captação no inverno. Para efeitos deste trabalho, levando em consideração a sazonalidade populacional, considerou-se a captação de 0,558 m³/s para os meses de alta temporada (dezembro, janeiro e fevereiro), portanto, para os demais meses, a captação considerada seria de 0,234 m³/s.

A partir dessas informações pode-se gerar as Figuras 24, 25 e 26 que relacionam a disponibilidade hídrica (diferença entre as vazões estimadas e a vazão ecológica) com a demanda atual (vazão da água captada). Foram apresentados os balanços disponibilidade X demanda para: a) a série histórica gerada; b) para o ano hídrico mais seco da série gerada (1955-1956) e c) para o ano hídrico mais chuvoso (1966-1967), respectivamente.

Na análise da série histórica gerada nota-se que existe grande disponibilidade de água nos meses de janeiro, fevereiro e março, ocorrendo uma diminuição nos meses junho, julho agosto e setembro, com tendência de igualar a demanda de água.

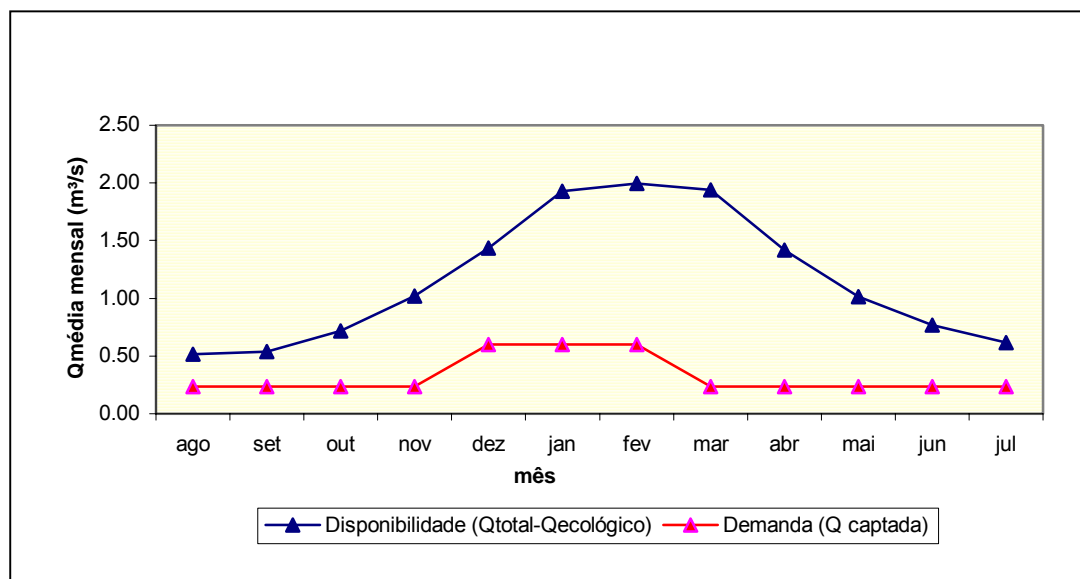


Figura 24 - Demanda de água atual na bacia e disponibilidade de água, considerando as vazões médias na série histórica para o período de 1935 a 2001

Observa-se que no ano hídrico mais seco da série histórica, ocorrido no período de agosto de 1955 a junho de 1956, os meses de agosto, setembro, outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro apresentaram disponibilidade hídrica menor que a demanda, conforme Figura 24.

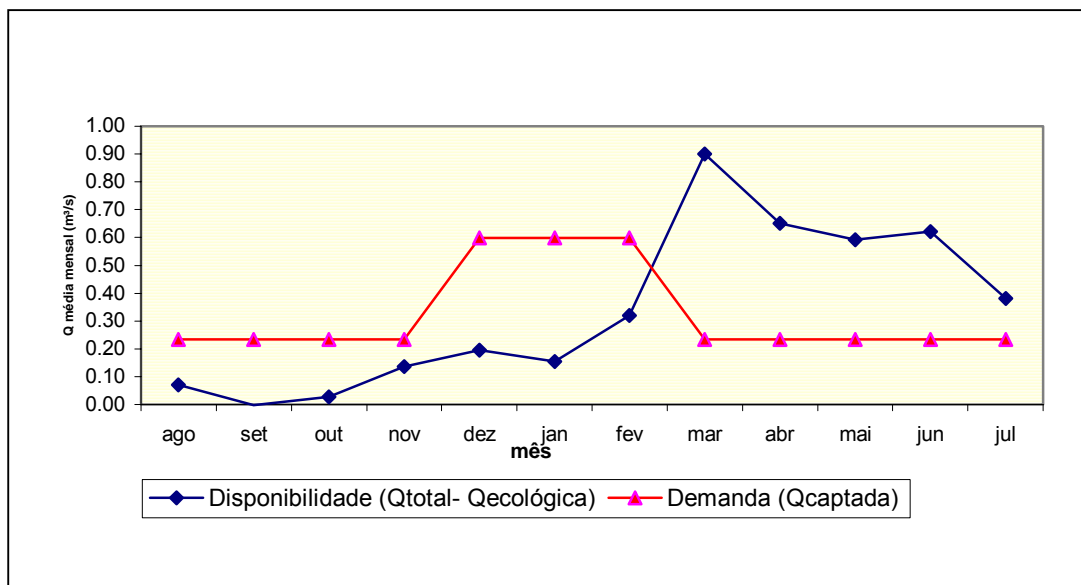


Figura 25 - Demanda de água atual na bacia e disponibilidade de água considerando as vazões medias no ano hídrico mais seco (1955-1956) encontrada na série histórica gerada para o período de 1935 a 2001

Porém, mesmo no ano hídrico mais chuvoso, ocorrido no período de agosto de 1966 a julho de 1967, a disponibilidade hídrica praticamente se iguala com a demanda durante os meses de junho, julho, agosto e setembro (Figura 26).

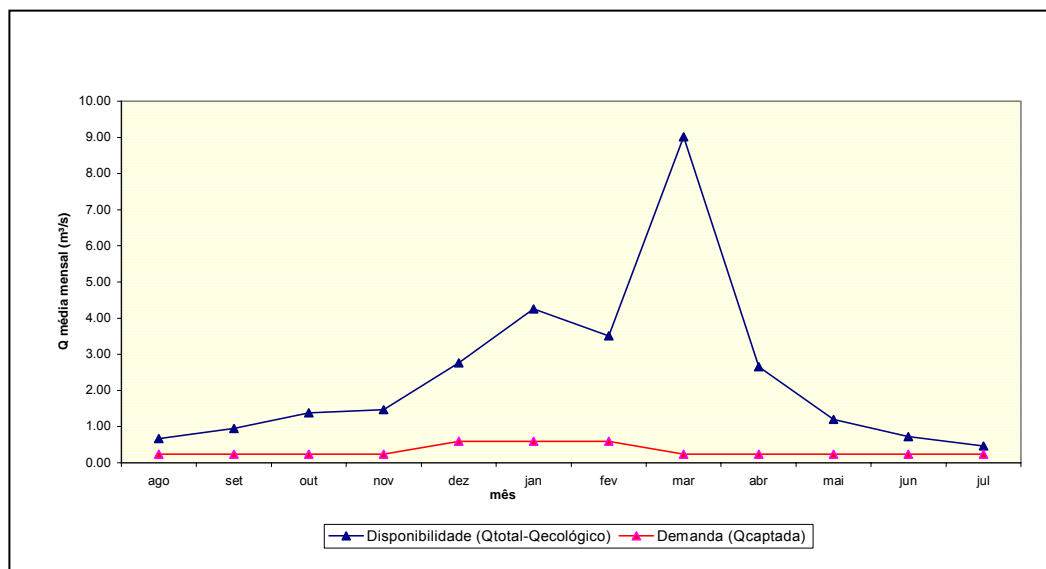


Figura 26 - Demanda de água atual na bacia e disponibilidade de água considerando as vazões medias no ano hídrico mais chuvoso (1966-1967) encontrado na série histórica gerada para o período de 1935 a 2001

Determinou-se também o percentual de meses da série histórica nos quais a demanda de água é maior ou menor que a disponibilidade hídrica. Neste caso, também foi considerada, para o período de dezembro a fevereiro a vazão captada no manancial, que é de $0,598\text{m}^3/\text{s}$, considerando o aumento da população que ocorre na alta temporada turística e, para o período de março a novembro, considerou-se como vazão captada $0,234\text{m}^3/\text{s}$.

Para isso foi calculada a vazão demandada, que corresponde a vazão captada para abastecimento público somada à vazão ecológica, ou seja, o Q7,10.

Os resultados mostram que a demanda foi maior que a disponibilidade hídrica em 6,5% dos meses no primeiro período (dezembro a fevereiro) e 8,1% dos meses para o segundo período (março a novembro).

Com isso, pode-se inferir que, em aproximadamente 7,7 % dos meses da série de vazão gerada, ocorre déficit de água ou para abastecimento público ou para atender a demanda ecológica, conforme apresentado no Quadro 11.

Período	Vazão demandada (demanda + vazão ecológica)	Qdisp* >Qdem** (No. de meses)	Qdisp <Qdem (No. de meses) (%)
dezembro a fevereiro	Vazão demandada (Qdem) =1.047 m ³ /s	201	13 6,5%
março a novembro	Vazão demandada (Qdem) = 0,865 m ³ /s	591	48 8,1%
Total		792	61 7,7%

(*) Qdisp = vazão total – vazão ecológica

(**) Q dem = vazão captada

Quadro 11 - Número de meses em que a demanda é maior ou menor que a disponibilidade de água para abastecimento e o percentual de meses que a disponibilidade é menor que a demanda

A Figura 27 mostra os meses que apresentaram vazão excedente ou com déficit de água. Os meses em que os picos se encontram abaixo da linha vermelha representam o déficit hídrico.

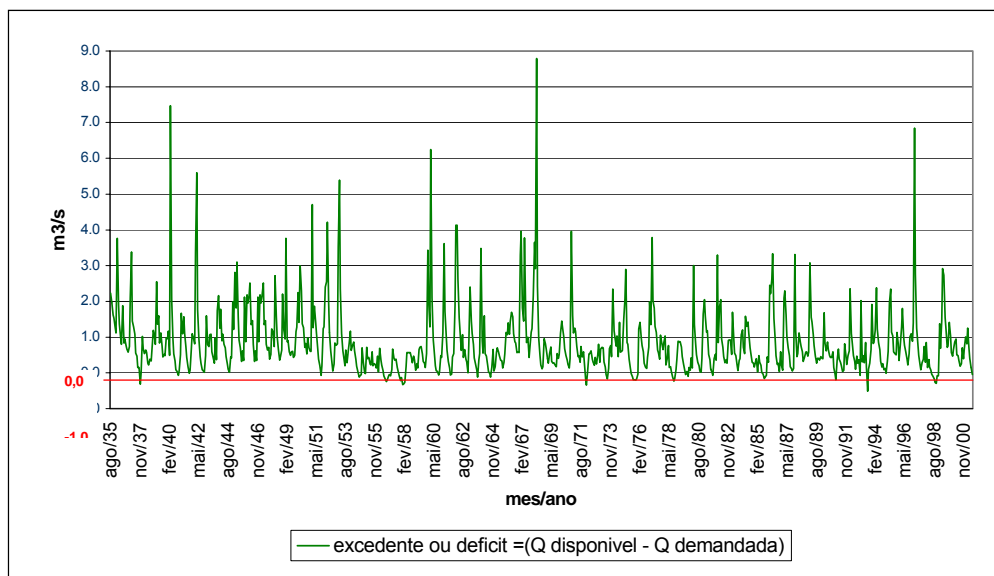


Figura 27 - Meses com vazão excedente ou com déficit hídrico para o período de 1935 a 2001

6.3 Sazonalidade da população

Uma peculiaridade do município de Ubatuba é a reduzida população residente e elevado fluxo sazonal, o que implica em alternância de ociosidade e sobrecarga no sistema de abastecimento público.

Como não existem dados estatísticos sistematizados sobre a população flutuante, adotaram-se os critérios estabelecidos no Plano de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Litoral Norte do Comitê de Bacias Hidrográfica do Litoral Norte (IPT,2001), sendo que, na baixa temporada, admite-se um incremento populacional de até 3 vezes; e na alta temporada, coincidindo com o período de verão, ocorre um incremento de até 6 vezes da população fixa, que está em torno de 71.000 habitantes.

Para avaliar a quantidade de água disponível para atendimento da demanda da população foram analisados:

1) a relação entre disponibilidade de água, em termos médios mensais, e a demanda de água, para abastecimento público, considerando a sazonalidade da população abastecida pelo manancial;

2) a relação entre disponibilidade de água em um ano seco, e a demanda de água para abastecimento público, considerando a sazonalidade da população abastecida pelo manancial; e

3) o mesmo que o item anterior, porém considerando um ano chuvoso.

Os sistemas de abastecimento público em Ubatuba recobrem 87% da população. Da população abastecida com água tratada, 88% recebem água que é captada no Rio Grande. Assim, estima-se que, atualmente 55.000 pessoas consomem água proveniente desta bacia. Nos finais de semana ou feriados prolongados, estima-se um crescimento no número de consumidores de água para 163.000 pessoas, e na alta temporada, 326.000 pessoas (Quadro 12).

	Número de pessoas
População de Ubatuba*	71.000
População residente que recebe água tratada de sistema público**	62.000
População residente que recebe água captada no RGU***	55.0000
População estimada em feriados e finais de semana que recebe água tratada do RGU****	163. 000
População estimada na temporada que recebe água tratada do RGU*****	326.000

*Censo 2000 (IBGE)

** 87% da população residente recebe água tratada de sistema público

*** Do total da população que é abastecida pelo sistema público, 88% são provenientes do Rio Grande.

**** aumento de 3 vezes a população residente (IPT 2001b)

***** aumento de 6 vezes a população residente(IPT, 2001 b)

Quadro 12 - Estimativa da população de Ubatuba abastecida pelo Rio Grande de Ubatuba

Para estimar a água disponível para o abastecimento público, subtraiu-se da vazão média mensal estimada a vazão mínima (ecológica), com o propósito de garantir uma vazão mínima suficiente para não comprometer os processos ecológicos no Rio Grande de Ubatuba .

Considerando o dado básico de consumo de água per capita de 200 litros por dia e adicionando-se a perda no sistema de distribuição de água que é de aproximadamente 40% (IPT,2001), pôde-se então estimar a população que pode ser atendida pelo manancial, com uma demanda de 280 litros por pessoa por dia (consumo básico + perdas).

E assim podem-se construir 3 diferentes quadros: o Quadro 13, que traz tal estimativa considerando a média das vazões encontradas na série histórica, o Quadro 14, que traz as mesmas análises, porém considerando o ano hídrico

mais chuvoso da série gerada (1966-1967), e o Quadro 15, com os dados referentes ao ano hídrico mais seco (1955-1956) da série gerada.

Mês	ago	set	out	nov	dez	Jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul
Q média	0.97	0.98	1.16	1.47	1.88	2.38	2.45	2.39	1.87	1.46	1.22	1.07
Q ecológica	0.449	0.449	0.449	0.449	0.449	0.449	0.449	0.449	0.449	0.449	0.449	0.449
Q disponível	0.521	0.531	0.711	1.021	1.431	1.931	2.001	1.941	1.421	1.011	0.771	0.621
População que pode ser atendida	160766	163851	219394	315051	441566	595851	617451	598937	438480	311966	237909	191623

Quadro 13 - Vazão média mensal (m^3/s), vazão média mensal disponível (m^3/s), população máxima (habitantes /dia) que pode ser atendida

Mês	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul
Q média	1.52	1.25	1.28	1.25	4.34	5	2.86	2.13	4.46	2.28	1.53	1.68
Q ecológica	0.449	0.449	0.449	0.449	0.449	0.449	0.449	0.449	0.449	0.449	0.449	0.449
Q disponível	1.071	0.801	0.831	0.801	3.891	4.551	2.411	1.681	4.011	1.831	1.081	1.231
População que pode ser atendida	330480	247166	256423	247166	1200651	1404309	743966	518709	1237680	564994	333566	379851

Quadro 14 - Vazão média mensal (m^3/s), vazão média mensal disponível (m^3/s), população máxima (habitantes /dia) que pode ser atendida. (Ano mais chuvoso da série – 1966-1967)

Mês	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul
Q média	1.28	0.88	0.95	0.9	1.19	1.51	1.07	1.37	1.04	0.9	0.75	0.61
Q ecológica	0.449	0.449	0.449	0.449	0.449	0.449	0.449	0.449	0.449	0.449	0.449	0.449
Q disponível	0.831	0.431	0.501	0.451	0.741	1.061	0.621	0.921	0.591	0.451	0.301	0.161
População que pode ser atendida	256423	132994	154594	139166	228651	327394	191623	284194	182366	139166	92880	49680

Quadro 15 - Vazão média mensal (m^3/s), vazão média disponível (m^3/s), população máxima (habitantes /dia) que pode ser atendida (Ano mais seco da série – 1955-1956)

Esses resultados mostram que, na alta temporada, época de grande flutuação de população, a demanda de água pode ser superior à disponibilidade hídrica do manancial.

Essas evidências de análise temporal do balanço entre a disponibilidade e demanda de água para abastecimento público da bacia hidrográfica permitiram inferir que poderão ocorrer problemas de falta de água para manutenção dos processos ecológicos do manancial, ou mesmo para abastecimento público, considerando três aspectos: a flutuação da população, a ocorrência de anos hídricos secos e, mesmo nos anos hídricos normais, ocorrência de períodos de meses secos prolongados.

Essa tendência evidencia que, com o índice pluviométrico da região e mesmo mantendo boas condições de cobertura florestal na bacia, é necessário fazer um planejamento de uso da água.

Destaca-se que o Sistema ETA - Carolina foi projetado para atender do bairro do Lázaro ao bairro de Itamambuca, até o ano de 2006. Atualmente o sistema opera sem atender todos os bairros nos quais foram projetados. Sendo o manancial Rio Grande o principal contribuinte, poderá o sistema operar com sobreexploração de água,

É notável a existência de grande disponibilidade de água no manancial, mas é importante pensar em alternativas de captação e distribuição de água para suprir a demanda de abastecimento público considerando esses aspectos sazonais.

Outro fato que merece ser discutido é o do conceito de bacia crítica. O artigo 14 da Lei Estadual nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994 que dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos, preconiza que:

“... Art. 14. Quando a soma das vazões captadas em uma determinada bacia hidrográfica, ou em parte desta, superar 50% (cinquenta por cento) da respectiva vazão de referência, a mesma será considerada crítica e haverá gerenciamento especial que levará em conta:

I - o monitoramento da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos, de forma a permitir previsões que orientem o racionamento ou medidas especiais de controle de derivações de águas e de lançamento de efluentes;

II - a constituição de comissões de usuários, supervisionadas pelas entidades estaduais de gestão dos recursos hídricos, para o estabelecimento, em comum acordo, de regras de operação das captações e lançamentos;

III - a obrigatoriedade de implantação, pelos usuários, de programas de racionalização do uso de recursos hídricos, com metas estabelecidas pelos atos de outorga...”

Com base nesse instrumento legal analisou-se a criticidade da bacia, à partir do ponto de captação de água para abastecimento público (26Km²).

Ressalta-se que acima do ponto captação de água para abastecimento público, não existem dados sobre eventuais lançamentos ou sobre a quantidade de água que está sendo captada para atender a comunidade que mora a montante e que não recebe água tratada pelo sistema.

Sendo a vazão de referência igual a 0,449 m³/s no local, a criticidade da bacia hidrográfica é de 52,11%, no período de março a novembro (fora da alta temporada) e 133,18 % no período de dezembro a fevereiro (alta temporada).

Essa análise foi efetuada para “parte da bacia”, todavia, o Diagnóstico da Situação Atual dos Recursos Hídricos da Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Litoral Norte - Relatório Final (IPT, 2000), realizou a análise para a área total da bacia que é de 102,6 Km² e estimou a criticidade de apenas 2%.

7 CONCLUSÕES

A bacia do Rio Grande de Ubatuba, assim como várias outras bacias brasileiras, não possuem monitoramento de dados hidrológicos. O uso do modelo SMAP foi adequado, pois com apenas três anos de dados completos de vazões monitorados, foi possível calibrar os parâmetros da bacia e validar o modelo, encontrando-se uma correlação de 0,838 podendo, assim, gerar a série histórica. Pela sua simplicidade e de fácil manejo, o Modelo SMAP pode se constituir em uma ferramenta bastante útil para estudos similares em outras bacias.

Com a série histórica gerada, permitiu-se analisar a disponibilidade de água na bacia, levando em consideração a sazonalidade da população abastecida pelo manancial. Devido às características inerentes das cidades litorâneas que recebem um grande aporte de turistas na temporada e finais de semanas, como é o caso de Ubatuba, essa flutuação de população nem sempre é considerada na análise do balanço entre a demanda e a disponibilidade hídrica.

O estudo mostra que a partir do ponto de captação, a bacia do Rio Grande é considerada crítica por apresentar comprometimento de 52% no período fora da temporada e de 133% na alta temporada, o que torna necessária a implantação de algumas medidas de monitoramento para orientar o racionamento e o controle de derivações e lançamento de efluentes no corpo d'água. Essa análise pontual nem sempre é feita nos planos de bacias regionais e um exemplo disso é o próprio estudo realizado para balizar o Plano de Bacia

do Litoral Norte que apresenta a bacia do Rio Grande com índice de criticidade de apenas 2%.

Essas informações poderão subsidiar na elaboração e implantação do Plano de Manejo participativo para a bacia do Rio Grande de Ubatuba.

7.1 Recomendações

Com a taxa de crescimento populacional de 3,9% ao ano é possível inferir que a demanda de água aumentará, e a disponibilidade hídrica da bacia tende a ficar mais crítica.

A retirada de água do manancial sem um planejamento adequado pode comprometer os processos ecológicos bem como a capacidade de autodepuração no caso de diluição de efluentes que são lançados em outros trechos do Rio Grande de Ubatuba.

Como recomendação para o Plano de Manejo participativo para a bacia hidrográfica, o monitoramento diário da quantidade de água que passa no vertedor na área de captação é uma das medidas necessárias para o estabelecimento de regra de operação para a captação de água manancial, de racionalização de uso e de controle de perdas na rede de distribuição.

Outras medidas recomendadas e algumas já abarcadas nas matrizes de Planejamento do Plano de Manejo da Bacia são:

- a) controle e fiscalização das derivações de água do Rio Grande e de seus afluentes;
- b) implantação de sistema de abastecimento de água para a comunidade moradora à montante da captação de água;
- c) controle e fiscalização de novas ocupações irregulares a montante da captação de água;
- d) implantação de programa de fiscalização da cobertura florestal, priorizando as áreas consideradas de preservação permanente definidas no artigo 2^o da Lei 4.771/65 (Brasil,1965) alterada pela Lei 7803/89

(Brasil, 1989) - Código Florestal - combinado com a Resolução CONAMA 303/2002 (Brasil, 2002), e também das áreas de proteção integral, abrangida pelo Parque Estadual da Serra do Mar;

- e) programa de redução de perda no sistema de distribuição de água que atualmente é de 40%;
- f) busca de fontes alternativas para distribuição de águas em outros bairros;
- g) campanhas educativas de conscientização da população fixa e flutuante sobre a necessidade da preservação deste manancial que é estratégico para o município de Ubatuba.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANIDO N.M.R. Caracterização hidrológica de uma bacia experimental visando identificar indicadores de monitoramento ambiental. Piracicaba, 2002. 69p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- ARCOVA, F.C.S. Geração do deflúvio em bacias hidrográficas florestais de primeira e segunda ordem. In: CURSO INTERNACIONAL SOBRE MANEJO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS, 5. **Apostilas**. Programa de Treinamento para Terceiros Países. São Paulo: Instituto Florestal, Japan International Cooperation Agency, ABC, 1999. p. 240-275.
- ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V. Características do deflúvio de duas microbacias hidrográficas no laboratório de hidrologia florestal Walter Emmerich, Cunha - SP. **Revista Instituto Florestal**, v. 9, n.2, p. 153-170, 1997.
- ARCOVA, F.C.S.; LIMA, W. P.; CICCIO, V. Balanço hídrico de duas microbacias hidrográficas no laboratório de hidrologia florestal Walter Emmerich. São Paulo. **Revista Instituto Florestal**, v. 10 n.1 p. 39-51, 1998.
- AZEVEDO, L.G.; BALTAR, A. M.; REGO, M.; PORTO, R. L. L. **Sistema de suporte à decisão para outorga de água de direitos de uso da água no Brasil**. Brasília: Banco Mundial , 2003. 48p.

BEVEN, K. J.; GERMANN, P. Macropores and water flow in soils. **Water Resources**. Resumo v.18, n.5, p. 1311-1325, 1982,

BORMANN, F.H.; LIKENS, G.E. The nutrient cycles of an ecosystem. **Scientific American**, v.4, p.92-101,1970.

BRASIL. Leis, decretos, etc. Lei nº 4771 de 15 de setembro de 1965. **Diário Oficial da União**, 16 set. 1965. Institui o Novo Código Florestal.

BRASIL. Leis, decretos, etc. Decreto nº 10251 de 30 de agosto de 1977. Âmbito: Belo Horizonte. **CODEX: Coletânea de legislação**, nov.2002. Cria o Parque Estadual da Serra do Mar e dá providências correlatas.

BRASIL. Leis, decretos, etc. Decreto nº 13313 de 6 de março de 1979. Âmbito: Belo Horizonte. **CODEX: Coletânea de legislação**, nov.2002. Dá nova redação ao artigo 2.º do Decreto nº 10.251, de 30 de agosto de 1977, que dispõe sobre a criação do Parque Estadual da Serra do Mar, com a finalidade de incorporar ao seu perímetro área situada na região denominada Picinguaba, 1.º perímetro de Ubatuba, conforme Processo SA. nº 89.208-77, bem como de retificar sua linha perimétrica entre os pontos P25 e P30, nos termos do Processo S.A. 446-78.

BRASIL. Leis, decretos, etc. Lei nº 7.803 de 18 de julho de 1989. Âmbito: Belo Horizonte. **CODEX: Coletânea de legislação**, nov.2002. Altera a lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as leis 6535, de 15 de junho de 1978, e 7511 de 7 de julho de 1986.

BRASIL. Leis, decretos, etc. Lei nº 7663 de 30 de dezembro de 1991. Âmbito: Belo Horizonte. **CODEX: Coletânea de legislação**, nov.2002. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

BRASIL a. Leis, decretos, etc. Decreto Federal nº 750 de 10 de fevereiro de 1993. Âmbito: Belo Horizonte. **CODEX: Coletânea de legislação**, nov.2002. Dispõe sobre o corte, a exploração e a supressão de vegetação primária ou nos estágios avançado e médio de regeneração da Mata Atlântica, e dá outras providências. http://www.silex.com.br/leis/dec_750.html . (07 dez. 2002).

BRASIL b. Leis, decretos, etc. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 10 de 1º de outubro de 1993. Âmbito: Belo Horizonte. **CODEX: Coletânea de legislação**, nov.2002. Estabelece parâmetros básicos para análise dos estágios de sucessão da Mata Atlântica.

BRASIL Leis, decretos, etc. Resolução nº 001, de 31 de janeiro de 1994. Âmbito: Belo Horizonte. **CODEX: Coletânea de legislação**, nov.2002. Define, para o Estado de São Paulo, vegetação primária e secundária nos estágios pioneiro, inicial, médio e avançado de regeneração de Mata Atlântica, em cumprimento ao disposto no artigo 6º, do Decreto 750, de 10 de fevereiro de 1993 e na Resolução CONAMA nº 10 de 10 de outubro de 1993, a fim de orientar os procedimentos de licenciamento de atividades florestais no Estado.

BRASIL Leis, decretos, etc. Lei nº 9605 de 12 de fevereiro de 1998. . Âmbito: Belo Horizonte. **CODEX: Coletânea de legislação**, nov.2002. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.<http://www.planalto.gov.br>. (23 nov.2002).

BRASIL a. Instrução Normativa nº 4 de 21 de junho de 2000 do Ministério do Meio Ambiente. Âmbito: Belo Horizonte. **CODEX: Coletânea de legislação**, nov.2002. Aprova os procedimentos administrativos para a emissão de outorga de direito de uso de recursos hídricos, em corpos d'água de domínio da União.

BRASIL b. Lei n ° 9985 de 18 de julho de 2000. Âmbito: Belo Horizonte. **CODEX: Coletânea de legislação**, nov.2002. Regulamenta o Art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

BUCHIANERI, L. G. C. O adolescer pós-moderno: novos paradigmas na medicina. Assis, 2004, 100p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências e Letras de Assis, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

BUCHIANERI, V. C.; ZAKIA, M. J B.; LIMA, W. P. Sustainable watershed management program for the Rio Grande in Ubatuba: a search of solutions for the maintenance of water yield and water quality (compact disc). In:WORLD WATER CONGRESS,11. Madri, 2003. **Anais** Madri, 2003 : CEDEX, 2003.

CAPRA, F. O . **Ponto de mutação**. São Paulo: Cultrix, 1992. 447 p.

- CHORLEY, R.J. The hillslope hydrologic cycle. In: KIRKBY, M. J. (Ed). **Hillslope ,Hydrology**. Chichester :John Wiley, 1978. p.1- 42.
- CHOW, V. T; **Handbook of Applied Hydrology**. New York: McGraw-Hill Book, 1964. 1v.
- CICCO, V.; FUJIEDA, M. Deflúvio. In: CURSO INTERNACIONAL SOBRE MANEJO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS, 5, São Paulo, 1999. **Apostilas**. Programa de Treinamento para Terceiros Paises. São Paulo: Instituto Florestal de São Paulo, Japan Internacional Cooperation Agency, ABC,1999. p.198-239.
- CICCO, V. ; ARCOVA, F.C.S. ;SHIMOMICHI,P.Y. Estimativa de evapotranspiração em bacia hidrográfica com floresta natural secundaria de Mata Atlântica - SP. **Revista do Instituto Florestal de São Paulo**, v.1, n.2, p. 43-54, 1989.
- CICCO, V. ; EMMERICH, W; FARIA, A J.; FUJIEDA, M. Projeto de Pesquisas hidrológicas em floresta natural na Reserva Estadual de Cunha - Determinação do balanço hídrico. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: A INFLUENCIA DAS FLORESTAS NO MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS, 11, Curitiba,1985. **Anais**. Curitiba, EMBRAPA/PNPF, 1985. p.135-143.
- CLEARY, R. W. **Águas Subterrâneas**. Rio de Janeiro: ABRH/Ed.UFRJ, 1989. v.2 p.293-404.
- DE COURSEY, D.G. Mathematical models for nonpoint water pollution control. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 40, n.5, p. 408-413, set/out. 1985.

- DOOGE, J.C.I. **Linear theory of hydrologic system**. Technical Bulletin ARS: UD Department of Agriculture, 1973 p.1948.
- FUNTOWICZ, S.; RAVETZ, J. **Epistemología política: ciencia con la gente**. Buenos Aires: Centro Editor de América Latina, 1993. 93 p.
- FUNTOWICZ, S.; RAVETZ, J.: Ciência pós-normal e comunidades ampliadas de pares face aos desafios ambientais. **História, Ciências, Saúde, Manguinhos**,v.4, n.2, p.219-230, jul-out.1977. http://www.coc.fiocruz.br/hscience/vol4n2/ab_funtowiczp.html.(03 set 2003).
- GOMES, J. C. C. **O conceito de paradigma: da ciência para a sociedade**. Embrapa, 2003. <http://www.cpact.embrapa.br/Noticias/Conceito.htm>. (03 set. 2003).
- HEWLETT, J.D.; HIBBERT, A. R. Factors affecting the response of small watersheds to precipitation in humid areas. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST. HYDROLOGY. Pennsylvania, 1967 **Proceedings..** Pennsylvania State Univ. p. 275-290.
- HIBBERT, A.R. Forest treatment effects on water yield. In: SOPPER, W. E.; LULL, H. W. (Ed.). **FORESTY HIDROLOGY**. New York: Pergamon Press, 1967. p.527-543.
- HIBBERT, A.R.; TROENDLE, C. A. Streamflow generation by variable source area. In: Swank, W.T.; Corssley, J.R. (Ed.) **Forest hydrology and ecology at Coweeta**. New York: Springer- Verlag, 1988. p. 111-127.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. Região Sudeste do Brasil. Brasília: Secretaria de Planejamento da Presidência da República, 1981. 2. ed., Folha Ubatuba, MI-2770/4, Escala 1:50.000.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos da unidade de gerenciamento dos recursos hídricos do litoral norte.** (compact disc). Ubatuba: Comitê de bacias hidrográficas do litoral norte, 2000.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Plano de gerenciamento de recursos hídricos do litoral norte.** (compact disc). Ubatuba: Comitê de bacias hidrográficas do litoral norte, 2001.

KOBIYAMA, M.; GENZ, F. ; MENDIONDO, E. M. Geo-Bio-Hidrologia In: FÓRUM DE GEO - BIO – HIDROLOGIA. - ESTUDO EM VERTENTES E MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS.1, Curitiba, 1998. **Anais.** Curitiba :UFPR,1998. p. 1- 25.

LIMA, W.P. Função hidrológica da mata ciliar. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR. São Paulo, 1989. **Anais.** Campinas:Fundação Cargil,1989. p. 25-42.

LIMA, W. P. **Impacto Ambiental do Eucalipto.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1993. 301 p.

LIMA, W. P. Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1996. 318 p. (Apostila).

- LIMA, W.P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares, In: RODRIGUES, Jr.; LEITÃO FILHO, H.F. **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. p. 33-44.
- LOPES J. E. G.; BRAGA B. P . F.; CONEJO J. G. L.; **SMAP - A simplified hydrologic model, applied modelling in catchment hydrology**. Littleton:V.P.Singh,1982. (Water Resources Publications,1982)
- MONTEIRO, C. A. F **A dinâmica climática e as chuvas do Estado de São Paulo (estudo geográfico na forma de Atlas)**. São Paulo: IGEOG-USP, 1973. 126p.
- PASSOS, J. R. S. Modelagem e simulação de hidrógrafas .Piracicaba, 1993. 166p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- PELLISSARI, V.B.; SARMENTO, R.; TEXEIRA, R. L. Vazão Ecológica a ser considerada no licenciamento ambiental dos sistemas de abastecimento de água. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 13, Universidade Federal do Espírito Santos. 3p. <http://www.ufes.Br/~ctjr/outeng/subart/3.html> (10 dez 2003)
- PETTS, G. E. A perspective on the abiotic processes sustaining the ecological integrity of running waters. **Hidrobyologia**. v. 422/423, p.15 –27,2000.
- RIGHETO, A. M. **Hidrologia e recursos hídricos**. São Carlos: EESC/USP,1998. 840p.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Gestão Das Águas: 6 anos de percurso. São Paulo: SMA, 1977, 2v. 128p.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Planos de Manejo das Unidades de Conservação. Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Picinguaba. Fase 1 - Plano de Gestão Ambiental**, São Paulo: SMA 1998. 183p.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras, DAEE. **Síntese do Relatório de situação do recursos hídricos do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1999, 53p.

THORNTWAITE, C. W.; MATHER, J.R. **The water balance**. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104p. (Publications in Climatology).

TUCCI C .E. M. **Modelos Hidrológicos** Porto Alegre: UFRGS/ABRH,1998 669p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia, Ciências e Aplicação**. Porto Alegre : Ed Universidade/ UFRGS; ABRH, 2002. 943 p.

TUCCI, C. E.; CLARKE, R.T.; Impacto das Mudanças da cobertura vegetal no escoamento: Revisão. In: FÓRUM GEO-BIO- HIDROLOGIA.- ESTUDOS EM VERTENTES E MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS.1., Curitiba, 1998. **Anais**. Curitiba: UFPR, 1988. p.39-49.

VOGELMAN N, H.W. Fog precipitation in the cloud forests of eastern México. **BioScience**, v.23, n.2, p.96-100, 1973.

WARD, R. On the response to precipitation of headstreams in Humid Areas, **Journal of Hydrology**, v.74, p.171-189,1984.

ZADROGA, F. The hydrological importance of a Montane cloud forest area of Costa Rica. In: LAL, R; RUSSEL E. W. (Ed.). **Tropical Agricultural Hydrology**. Chichester: John Wiley, 1981. cap. 2, p. 59-73.

ZAKIA, M. J. B. Identificação e caracterização da zona ripária em uma microbacia experimental: Implicações no manejo de bacias hidrográficas e na recomposição de Florestas. São Carlos, 1998. 98p. Tese (Doutorado) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.