

LEANDRO REDIN VESTENA

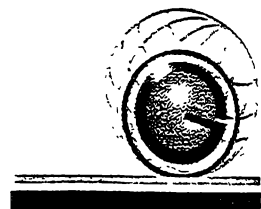
**BALANÇO HÍDRICO  
DA BACIA DO RIO RIBEIRÃO DA ONÇA,  
NO MUNICÍPIO DE COLOMBO - PR**

Dissertação apresentada como requisito à obtenção do grau de Mestre, pelo Curso de Pós-Graduação em Geografia – Área de Concentração Análise e Gestão Ambiental, do Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

Orientador:  
Prof. Dr. Masato Kobiyama

Co-orientador:  
Prof. Dr. Leonardo J. C. Santos

CURITIBA  
2002



## PARECER

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Geografia, reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentado pelo candidato **LEANDRO REDIN VESTENA**, sob o título “*Balanço Hídrico da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, no Município de Colombo-PR*”, para obtenção do grau de Mestre em Geografia, do Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, Área de Concentração **Análise e Gestão Ambiental**.

Após haverem analisado o referido trabalho e argüido o candidato, são de parecer pela AP APROVAÇÃO Dissertação, com média final 9.5 (NOME E NÚM), correspondente ao Conceito: A.

Curitiba, 05 de março de 2002.

**Prof. Dr. Nelson Ferreira Fernandes**  
(UFRJ)

Primeiro Examinador

**Prof. Dr. Everton Passos**  
(UFPR)

Segundo Examinador

**Prof. Dr. Leonardo José Cordeiro Santos**  
(UFPR)

(Co-orientador)

**Prof. Dr. Masato Kobiyama**  
(UFPR)

(Orientador e Presidente da Banca)



À minha esposa, Carla, pelo carinho e incentivo.  
Aos meus pais Augusto e Elpidia, pelo apoio e estímulo, apesar de distantes.

Dedico

## **AGRADECIMENTOS**

**Ao povo brasileiro, que financiou toda a minha educação.**

**Ao professor Masato Kobiyama, pela orientação, incentivo, amizade e exemplo de humildade.**

**Ao professor Leonardo J. C. Santos, pela co-orientação, amizade e apoio.**

**Aos professores e colegas do curso de pós-graduação, pela contribuição científica e amizade.**

**A Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA), pelos dados pluviométricos e fluviométricos fornecidos, em especial ao engenheiro civil Edson Sakae Nagashina e ao geógrafo Nilson Antonio de Moraes.**

**Ao geógrafo Rui da Silva, pelos dados disponibilizados e pelas discussões sobre o tema do trabalho.**

**Aos bolsistas do Laboratório de Modelagem de Sistemas na Agricultura (LAMOSA), Jean P. G. Minella, Jurandir Bueno Junior e Dirceu Fruet, pela colaboração na realização do trabalho.**

**A Roberto Alves B. Bady pelo empréstimo do GPS.**

**Aos amigos Eduardo V. de Paula e Mônica C. P. Garcia pelo auxílio na elaboração dos mapas.**

**A todas as pessoas que compartilharam minhas dificuldades e me possibilitaram a ampliação da visão sobre o tema, em especial ao amigo e colega Irani dos Santos.**

**À Carla Luciane Blum Vestena, pelo carinho, auxílio e compreensão.**

**Enfim, a todos que direta ou indiretamente colaboraram com este trabalho, os meus sinceros agradecimentos.**



*"Tenho seis criados honestos, que me ensinaram tudo o que sei: O Quê, Por Quê, Quando, Como, Onde e Quem."*

Rudyard Kipling

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE SIGLAS.....</b>	<b>xiii</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xv</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVOS.....	4
1.1.1 Objetivo Geral.....	4
1.1.2 Objetivos Específicos.....	4
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
2.1 HISTÓRIA DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA RMC.....	5
2.1.1 O Aquífero Carste.....	6
2.2 GEOLOGIA DO GRUPO AÇUNGUI.....	7
2.3 ACIDENTES GEOLÓGICOS EM ÁREAS CARSTE.....	10
2.4 CICLO HIDROLÓGICO.....	12
2.5 EVAPOTRANSPIRAÇÃO.....	16
2.5.1 Evapotranspiração Potencial (ETP).....	18
2.5.2 Evapotranspiração Real (ETR).....	19
2.5.3 Estimativa de Evapotranspiração.....	21
2.5.3.1 Método de PENMAN (1948).....	21
2.5.3.2 Método de PENMAN Modificado.....	22
2.6 BALANÇO HÍDRICO.....	24
2.7 PROCESSOS HIDROLÓGICOS NO CARSTE.....	26
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>29</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	29
3.2 BASE CARTOGRÁFICA E GEOPROCESSAMENTO.....	33
3.2.1 Perfil Longitudinal.....	34
3.3 DADOS DE ANÁLISE.....	34

3.3.1 Dados Pluviométricos.....	34
3.3.2 Dados Fluviométricos.....	35
3.3.3 Dados Meteorológicos. ....	38
3.4 ANÁLISE DE DADOS HIDROLÓGICOS.....	39
3.4.1 Método de PENMAN Modificado (DOORENBOS e PRUIT, 1977).....	39
3.4.2 Método do Balanço Hídrico.....	46
3.4.3 Estimativa da Evapotranspiração Real.....	47
3.5 ARMAZENAMENTO DA ÁGUA.....	48
3.6 ESQUEMA APLICADO NO ESTUDO DA BACIA DO RIO RIBEIRÃO DA ONÇA.....	48
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>50</b>
4.1 USO DA TERRA.....	50
4.2 PERFIL LONGITUDINAL.....	50
4.3 PROCESSOS HIDROLÓGICOS.....	53
4.3.1 Análise de Recessão do Escoamento de Base.....	56
4.3.2 Índice de Precipitação Antecedente ( <i>API</i> ).....	59
4.3.3 Evapotranspiração Real pelo Balanço Hídrico.....	62
4.3.4 Evapotranspiração Potencial.....	66
4.3.5 Evapotranspiração Real pela Constante de Correlação das Médias Históricas ETP Versus ETR.....	69
4.4 BALANÇO HÍDRICO.....	72
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>80</b>
<b>6 RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>82</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>84</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>90</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores Médios Mensais de Evapotranspiração Real e Potencial (mm), para a Estação Meteorológica de Piraquara (02549041), no período de Fevereiro de 1970 a Outubro de 1992.....	23
Tabela 2 - Estações Pluviométricas.....	34
Tabela 3 - Estações Fluviométricas.....	36
Tabela 4 - Localização dos Poços de Captação.....	36
Tabela 5 - Estação Meteorológica de Piraquara.....	38
Tabela 6 - Pressão Máxima do Vapor, sobre a Água em mmHg ( $ea(t)$ ).....	41
Tabela 7 - Valores do Fator de Ponderação ( $I-W$ ) para os Efeitos do Vento e da Umidade sobre o $ET$ a Diferentes Temperaturas e Altitudes.....	42
Tabela 8 - Radiação que Chega no Topo da Atmosfera ( $R_o$ ), em mm/dia.....	43
Tabela 9 - Correção para a Temperatura $f(t)$ com Relação à Radiação de Ondas Curtas ( $R_{ml}$ ).....	44
Tabela 10 - Áreas dos Tipos de Uso da Terra da Bacia do Rio Ribeirão da Onça.....	50
Tabela 11 - Intervalos de Estiagem e Equações de Regressão da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, no Período de Julho de 1997 a Dezembro de 2000.....	58
Tabela 12 - Dados da Análise de Recessão do Escoamento de Base, da Bacia e das Sub-bacias da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, no Período de 1998 a 2000.....	62
Tabela 13 - Dados da ETR (mm/dia) obtidos pelo Método do Balanço Hídrico, para as Sub-bacias da Bacia do Rio Ribeirão da Onça.....	65
Tabela 14 - Evapotranspiração Potencial Anual, Média Mínima e Máxima Diária, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação Diário para o Período de 1997 a 2000.....	68
Tabela 15 - Constantes da Relação das ETR (CRAE) e a ETP (PENMAN) Mensais Históricas, da Estação Meteorológica de Piraquara (código: 2549041).....	70

Tabela 16 - Valores Estimados para a ETP (PENMAN), ETR (Balanço Hídrico) e ETR (Constante de Relação), em mm/dia, para a Bacia do Rio Ribeirão da Onça.....	71
Tabela 17 - Vazão Mensal da Água Subterrânea nas Sub-bacias da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, em mm.....	74
Tabela 18 - Dinâmica Anual da Vazão Subterrânea nas Sub-bacias da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, em mm.....	75
Tabela 19 - Dados de Precipitação (mm/dia) da Estação Colombo (Código: 02549090), em 1997.....	91
Tabela 20 - Dados de Precipitação (mm/dia) da Estação Colombo (Código: 02549090), em 1998.....	92
Tabela 21 - Dados de Precipitação (mm/dia) da Estação Colombo (Código: 02549090), em 1999.....	92
Tabela 22 - Dados de Precipitação (mm/dia) da Estação Colombo (Código: 02549090), em 2000.....	93
Tabela 23 - Dados de Precipitação (mm/dia) da Estação Capivari (Código: 02549108), em 1997.....	93
Tabela 24 - Dados de Precipitação (mm/dia) da Estação Capivari (Código: 02549108), em 1998.....	94
Tabela 25 - Dados de Precipitação (mm/dia) da Estação Capivari (Código: 02549108), em 1999.....	94
Tabela 26 - Dados de Precipitação (mm/dia) da Estação Capivari (Código: 02549108), em 2000.....	95
Tabela 27 - Dados de Vazão (m <sup>3</sup> /s) da Estação Montante da Ponte (Código: 81290500), em 1997.....	96
Tabela 28 - Dados de Vazão (m <sup>3</sup> /s) da Estação Montante da Ponte (Código: 81290500), em 1998.....	97
Tabela 29 - Dados de Vazão (m <sup>3</sup> /s) da Estação Montante da Ponte (Código: 81290500), em 1999.....	97
Tabela 30 - Dados de Vazão (m <sup>3</sup> /s) da Estação Montante da Ponte	

	(Código: 81290500), em 2000.....	98
Tabela 31 - Dados de Vazão (m <sup>3</sup> /s) da Estação Olivério	(Código: 81290400), em 1997.....	98
Tabela 32 - Dados de Vazão (m <sup>3</sup> /s) da Estação Olivério	(Código: 81290400), em 1998.....	99
Tabela 33 - Dados de Vazão (m <sup>3</sup> /s) da Estação Olivério	(Código: 81290400), em 1999.....	99
Tabela 34 - Dados de Vazão (m <sup>3</sup> /s) da Estação Olivério	(Código: 81290400), em 2000.....	100
Tabela 35 - Dados de Vazão (m <sup>3</sup> /s) da Estação Gasparim	(Código: 81290300), em 1997.....	100
Tabela 36 - Dados de Vazão (m <sup>3</sup> /s) da Estação Gasparim	(Código: 81290300), em 1998.....	101
Tabela 37 - Dados de Vazão (m <sup>3</sup> /s) da Estação Gasparim	(Código: 81290300), em 1999.....	101
Tabela 38 - Dados de Vazão (m <sup>3</sup> /s) da Estação Gasparim	(Código: 81290300), em 2000.....	102
Tabela 39 - Dados de Vazão (m <sup>3</sup> /s) da Estação Batistão	(Código: 81290200), em 1998.....	102
Tabela 40 - Dados de Vazão (m <sup>3</sup> /s) da Estação Batistão	(Código: 81290200), em 1999.....	103
Tabela 41 - Dados de Vazão (m <sup>3</sup> /s) da Estação Batistão	(Código: 81290200), em 2000.....	103

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo Tridimensional Representando Compartimento Unitário.....	9
Figura 2 - Modelo Interpretativo da Dinâmica do Nível Hidrostático e as Subsidiências.....	12
Figura 3 - Fluxo de Água Precipitada sobre o Solo.....	14
Figura 4 - Diagrama dos Componentes do Hidrograma.....	16
Figura 5 - Componentes do Balanço Hídrico.....	24
Figura 6 - Zonas Hidrológicas no Carste.....	26
Figura 7 - Bacia do Rio Ribeirão da Onça.....	30
Figura 8 - Geologia da Bacia do Rio Ribeirão da Onça.....	31
Figura 9 - Valores Médios, Mínimo e Máximo Mensais de Precipitação das Estações Pluviométrica Colombo (02549090) e Capivari (02549108), do Período de 1997 a 2000.....	35
Figura 10 - Bacia e Sub-bacias do Rio Ribeirão da Onça.....	37
Figura 11 - Valores Médios, Mínimos e Máximos Mensais da Temperatura do Ar da Estação Meteorológica de Piraquara de 1997 a 2000.....	39
Figura 12 - Fluxograma Aplicado no Estudo da Bacia do Rio Ribeirão da Onça/Colombo.....	49
Figura 13 - Uso da Terra da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, em 1999.....	51
Figura 14 - Perfil Longitudinal de duas Nascente do Rio Ribeirão da Onça.....	52
Figura 15 - Precipitação, Vazão Fluvial e Vazão dos Poços da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, em 1998.....	53
Figura 16 - Precipitação, Vazão Fluvial e Vazão dos Poços da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, em 1999.....	54
Figura 17 - Precipitação, Vazão Fluvial e Vazão dos Poços da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, em 2000.....	54
Figura 18 - Dados Diários Acumulados da Vazão do Rio das Sub-bacias da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, em 1998.....	55

Figura 19 - Dados Diários Acumulados da Vazão do Rio das Sub-bacias da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, em 1999.....	55
Figura 20 - Dados Diários Acumulados da Vazão do Rio das Sub-bacias da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, em 2000.....	56
Figura 21 - Curva de Recessão do Período entre 19/11/00 a 25/10/00.....	57
Figura 22 - Análise de Regressão entre os Valores da Vazão Inicial ( $QI$ ) na Recessão e o Coeficiente da curva de Recessão ( $\alpha$ ).....	59
Figura 23 - Análise de Regressão entre os Valores da Vazão Média ( $Q_{média}$ ) na Recessão e o Coeficiente da curva de Recessão ( $\alpha$ ).....	59
Figura 24 - Análise de Regressão entre os Valores do Índice de Precipitação Antecedente ( $API$ ) e o Coeficiente da curva de Recessão ( $\alpha$ ).....	60
Figura 25 - Análise de Regressão entre os Valores do Índice de Precipitação Antecedente ( $API$ ) e a Vazão Inicial ( $QI$ ).....	60
Figura 26 - Análise de Regressão entre os Valores do Índice de Precipitação Antecedente ( $API$ ) e da Vazão Média ( $Q_{média}$ ).....	61
Figura 27 - Balanço Hídrico Mensal da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, em 1998.....	63
Figura 28 - Balanço Hídrico Mensal da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, em 1999.....	63
Figura 29 - Balanço Hídrico Mensal da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, em 2000.....	64
Figura 30 - ETR obtida pelo Método do Balanço Hídrico, para cada Sub-bacia da Bacia do Rio Ribeirão da Onça.....	64
Figura 31 - Evapotranspiração Potencial Diária, Segundo Dados da Estação Meteorológica de Piraquara, em 1997.....	66
Figura 32 - Evapotranspiração Potencial Diária, Segundo Dados da Estação Meteorológica de Piraquara, em 1998.....	67
Figura 33 - Evapotranspiração Potencial Diária, Segundo Dados da Estação Meteorológica de Piraquara, em 1999.....	67
Figura 34 - Evapotranspiração Potencial Diária, Segundo Dados da Estação Meteorológica de Piraquara, em 2000.....	68
Figura 35 - ETR pelo Balanço Hídrico e ETP Mensal da Bacia do Rio Ribeirão da Onça.....	69



Figura 36 - Correlação entre ETR, pelo Balanço Hídrico e ETP Diária da Bacia do Rio Ribeirão da Onça.....	70
Figura 37 - Componentes do Balanço Hídrico na Bacia Hidrográfica.....	73
Figura 38 - Média Anual em mm do Balanço Hídrico da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, para o Período de 1998 a 2000.....	76
Figura 39 - Vazão Mensal da Água Subterrânea Recebida ou Perdida pelas Sub-bacias da Bacia do Rio Ribeirão da Onça (a) 1998, (b) 1999 e (c) 2000.....	77
Figura 40 - Vazão Mensal do Rio nas Sub-bacias da Bacia do Rio Ribeirão da Onça (a) 1998, (b) 1999 e (c) 2000.....	78
Figura 41 - Colapso de Solo na Bacia do Rio Ribeirão da Onça.....	82

## LISTA DE SIGLAS

API	- Antecedent Precipitation Index.
COMEC	- Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba.
CRAE	- Complementary Relationship Areal Evapotranspiration.
ET	- Evapotranspiração.
ETP	- Evapotranspiração Potencial.
ETR	- Evapotranspiração Real.
IAPAR	- Instituto Agrônomo do Paraná.
MINEROPAR	- Minerais do Paraná S.A.
RMC	- Região Metropolitana de Curitiba.
SANEPAR	- Companhia de Saneamento do Paraná.
SUDERHSA	- Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

## RESUMO

Na bacia do rio Ribeirão da Onça, no município de Colombo/PR, área de manancial da Região Metropolitana de Curitiba, o manejo e uso dos recursos hídricos vêm sendo foco de conflito entre a população residente e a Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR). Diante deste fato, faz-se necessário o conhecimento prévio do balanço hídrico, para subsidiar um planejamento de manejo de uso racional dos recursos hídricos. Com o objetivo de analisar os processos hidrológicos e o balanço hídrico da bacia do rio Ribeirão da Onça, utilizou-se o método do balanço hídrico simplificado, do Índice de Precipitação Antecedente (*API*) e de PENMAN Modificado, para estimar a evapotranspiração real, potencial, o balanço hídrico e a capacidade de água armazenada na área da bacia, para o período de monitoramento existente, de 1997 a 2000. A bacia do rio Ribeirão da Onça foi dividida em sub-bacias, sendo em cada uma analisado os processos hidrológicos, precipitação, vazão superficial, subterrânea e a vazão captada de poços, que relacionados permitem estabelecer o balanço hídrico de cada sub-bacia. Os resultados preliminares obtidos são que o método do *API* e do balanço hídrico mostraram-se inválidos para estimar a evapotranspiração real da área de estudo, por estes produzirem valores negativos e superiores a evapotranspiração potencial, permitindo inferir que em determinados períodos, o volume de recursos hídricos extraído é superior ao índice de precipitação, o que leva a deduzir que existem áreas de recarga do aquífero externos aos divisores superficiais da bacia. O balanço hídrico da bacia do rio Ribeirão da Onça, permitiu identificar a contribuição da água subterrânea, onde a média anual recebida pela bacia para o período de 1998 a 2000, foi de 554 mm/ano.

Palavras-chave: Bacia do Rio Ribeirão da Onça; Balanço Hídrico; Evapotranspiração; Carste.

## ABSTRACT

The Ribeirão da Onça river catchment in Colombo city, Paraná State, is a water supply source for Curitiba Metropolitan Region and characterized with karst. Therefore, there is a hydrological and geological complexity. The water resources management and their use in the catchment have been conflict focus between the resident population and the Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR). Because of this situation, the previous knowledge of the water balance is necessary to subsidize a planning of rational use management of the water resources. With the objective to analyze the hydrological processes and the water balance of this catchment, the simplified water balance method, the Antecedent Precipitation Index (API) and the modified PENMAN formula were applied. For analyze, the data obtained during the monitoring period from 1997 to 2000 was utilized. The Ribeirão da Onça river catchment was divided into three sub-catchments. For each one, the hydrological processes (precipitation, surface runoff, groundwater flow, quantity of captured groundwater at all the wells were quantified, and with these quantified data the water balance was formulated. The results show that the values of the real evapotranspiration estimated by the method of the simplified water balance were negative for certain periods and for other period sometimes more than those of the potential evapotranspiration estimated by the modified PENMAN formula. It implies the existence of significant groundwater recharge from other catchments to the study, which indicates that the simplified water balance method is not suitable for hydrological study of this study area. The value of the groundwater recharge received by the study catchment was estimated 554 mm/year with analysis of the period from 1998 to 2000.

Word-key: Ribeirão da Onça river catchment; water balance; evapotranspiration; Karst.

# 1 INTRODUÇÃO

A dependência que o homem apresenta pela água, para sobrevivência, organização e reorganização de seu espaço, pode ser claramente percebida quando se observa os níveis de consumos atuais. Aproximadamente 4000km<sup>3</sup> são retirados anualmente de fontes naturais como rios, lagos e aquíferos. É o recurso mais utilizado pelo homem (MARQUES, 1999, p. 10).

De acordo com POSTEL (1984, p.12), apenas a metade da população mundial tem acesso à água potável. A irrigação corresponde a 73% do consumo de água, 21% vai para a indústria e apenas 6% destina-se ao consumo doméstico. Apenas 0,00378% da água existente no planeta, está disponível para consumo humano.

A distribuição heterogênea da água e a crescente demanda mundial, somados ao aumento da poluição hídrica vem agravando o atual estágio dos mananciais hídricos, principalmente devido ao despejo de lixo, efluentes e resíduos industriais.

A escassez de água em determinadas regiões do Brasil é conseqüência da variabilidade espacial, enquanto aproximadamente 80% dos recursos hídricos do país concentram-se na Amazônia, onde vivem apenas 5% da população, no Nordeste 35% da população dispõe de apenas 4% dos recursos hídricos do país (MARQUES, 1999, p. 19).

Atualmente, pode-se dizer que grande parte dos problemas ambientais estão de alguma forma relacionados com o uso da água, não excluindo aqui os problemas sócio-econômicos inerentes ao processo de apropriação e uso da mesma.

Habitualmente definida como recurso infinito e renovável, a água deve ser considerada também como recurso econômico, e sua escassez vem alertando a sociedade sobre os riscos do desequilíbrio entre sua disponibilidade e demanda.

O abastecimento de água para a RMC (Região Metropolitana de Curitiba) é o maior desafio para os próximos anos. Em 2030 os mananciais poderão estar esgotados (ANDREOLI et. al., 1999, p. 31). A demanda de água na RMC tem aumentado em função do crescimento populacional, industrial e da elevação do consumo *per capita*.

O Plano Diretor de Abastecimento da RMC, de 1992, preconizava a construção de seis novas barragens para suprir o aumento da demanda até o ano de 2015. Para dar um exemplo, a barragem do Iraí, prevista para entrar em operação em 1995, somente entrou em operação em 2000.

O Plano Diretor de Utilização dos Recursos Hídricos do Estado do Paraná, realizado em 1994/95, atualizou o Plano Diretor de Abastecimento da RMC, introduzindo a utilização do manancial subterrâneo Carste (COMEC, 1997, p. 100).

A boa quantidade de água, o baixo custo de exploração e a dificuldade de se instalar uma infra-estrutura de saneamento convencional, em relevo mais dobrado, levou a SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná), a explorar o aquífero Carste, sem estudos prévios e de impactos ambientais (NICOLATO, 1999b, p. 4).

A captação de água do aquífero Carste mais especificamente no município de Colombo, é marcada pelo conflito entre a população local e a SANEPAR. A população local, essencialmente agricultores de olericultura, alegam que a retirada exacerbada de grandes volumes de água, além das possibilidades do aquífero, vem alterando o regime fluvial, levando a diminuição do fluxo e secando fontes, dificultando a irrigação, além de acarretar problemas geotécnicos, como subsidências e colapso de solo na região (GAZETA DO POVO, 22 fev.,1999).

Nesse sentido, fica a pergunta: por que a SANEPAR perfurou os poços tão próximos uns dos outros? A justificativa apresentada é que quando do início do "Projeto Emergencial Karst", não se tinha conhecimento aprofundado das características da região. As pesquisas coordenadas pela SUDERHSA (Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) e o Joanneum Research Institute, da Áustria, revelaram a compartimentação geológica das rochas calcárias, limitadas por formações rochosas impermeáveis. As pesquisas mostraram a independência entre esses compartimentos, não havendo interferência entre poços de compartimentos diferentes, independente das distâncias que os separam.

Em razão disso, surge também a questão: como possibilitar a utilização racional dos recursos hídricos, em uma área geologicamente peculiar, quando

comparada com as demais regiões cársticas do mundo, pois nestes pacotes carbonáticos permeáveis em áreas rebaixadas, são limitados por rochas impermeáveis (filitos e quartzitos), formando compartimentos hidrogeológicos distintos (FRAGA, 1994, p. 248)?

A área do presente estudo pertence à bacia do rio Ribeirão da Onça, manancial da RMC, situada no nordeste do município de Colombo/PR, tendo sido escolhida por concentrar grande número de poços de captação de água e pela disponibilidade de dados fluviométricos, monitorado pela SUDERHSA desde o final de 1997.

A delimitação da área de estudo foi realizada a partir da localização das estações fluviométricas. Devido à inexistência de ponto de medição da vazão na foz do rio Ribeirão da Onça, no rio Capivari, definiu-se a área de estudo pela Estação Fluviométrica Montante da Ponte (Código: 81290500), sendo que o rio percorre mais 4 km até sua foz e por conveniência, neste estudo a área é chamada de bacia do rio Ribeirão da Onça, tendo em vista pertencer ao rio de mesmo nome.

A bacia hidrográfica foi adotada como escala de estudo, pois esta é a unidade territorial básica para o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos, pela Lei Federal N. ° 9.433, de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos.

A pesquisa se justifica à medida que o conhecimento prévio do balanço hídrico, bem como dos processos hidrológicos, oferecem informações que fundamentam a tomada de decisões e subsidiam um planejamento de manejo de uso racional dos recursos hídricos, possibilitando adequar os fatores sócio-econômicos aos ambientais, perante a complexa geologia e morfologia cárstica, que caracteriza uma região com especificidade própria.

A melhor compreensão da dinâmica hídrica da bacia do rio Ribeirão da Onça, pode viabilizar soluções para as divergências existente de uso da água, em prol de um bem comum.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo principal desta pesquisa é modelar e avaliar o balanço hídrico da bacia do rio Ribeirão da Onça, município de Colombo/PR, como subsídio a gestão ambiental em áreas carste.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar a dinâmica dos processos hidrológicos, precipitação e vazão.
- Estimar a evapotranspiração potencial diária e mensal.
- Estimar a evapotranspiração real mensal.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 HISTÓRIA DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA RMC

Segundo DALARMI (1995, p. 32), o abastecimento de água na RMC era efetuado até 1945, quando a população girava em torno de 150 mil habitantes, a partir dos "Mananciais da Serra", cuja vazão era em média de 120 l/s. A partir dessa data, a captação passou a ser realizada no rio Iraí, inicialmente com captação de 500 l/s, passando em seguida para 800 l/s, vazão essa que persiste até os dias atuais, ficando os "Mananciais da Serra" exclusivamente para atender a sede municipal de Piraquara e região.

Em 1968, a RMC com uma população de cerca de 600 mil habitantes, a SANEPAR executou a captação Iguaçu, próximo a BR 277, com uma vazão média de captação de 3.000 l/s. A partir de 1978, com a construção da represa do rio Caiguava (800 l/s), a SANEPAR, passou a ter uma capacidade instalada de 3.800 l/s. Posteriormente, com a construção da barragem do rio Passaúna (2.000 l/s), resultou numa capacidade atual de 5.800 l/s (DALARMI, 1995, p. 32).

O Plano Diretor de Abastecimento de Água da RMC, de 1992, teve por objetivo, além da visão global do sistema, a identificação e seleção dos mananciais, esquematizando as soluções mais adequadas para o aproveitamento destes, recomendando a construção de seis novas barragens para suprir o aumento da demanda até o ano de 2020. Não obstante, a barragem do Iraí, prevista para entrar em operação em 1995, com uma vazão de produção de 1.800 l/s, somente entrou em operação em 2000.

O Plano Diretor de Abastecimento de Água da RMC foi revisado pelo Plano Diretor de Utilização dos Recursos Hídricos do Estado do Paraná, que introduziu a utilização do manancial subterrâneo carste, com produção de vazão prevista em 600 l/s (COMEC, 1997, p. 100).

A população da RMC alcança hoje cerca de 2,7 milhões de habitantes, e o relatório da COMEC (1997, p. 23) aponta déficit de água para o abastecimento da RMC entre 10% e 25%, variando conforme a estação do ano. ANDREOLI et. al. (1999, p. 39), destacam que a SANEPAR produz 6.950 l/s, convivendo a região com um déficit operacional visto a demanda ser um pouco superior a 7.000 l/s.

Neste contexto, a região convive com rodízios de racionamentos de água realizados pela SANEPAR e conseqüentemente com a falta de água.

### 2.1.1 O Aquífero Carste

O comprometimento de águas superficiais seja pela poluição ou pela pouca quantidade disponível nos locais de consumo, vem impulsionando a utilização das águas subterrâneas, que surgem como uma das alternativas para suprir o déficit do abastecimento populacional.

Na RMC o aquífero Carste paranaense, localizado nos municípios ao norte de Curitiba com área de 5.740 km<sup>2</sup> e potencial de aproximadamente 51 mil l/s, surge como uma fonte alternativa de indiscutível significado à solução imediata dos problemas de abastecimento de água da RMC, pela boa qualidade da água e pelo baixo custo de exploração (FRAGA e GUARDA, 1996, p. 28).

A SANEPAR começou a explorar o aquífero Carste em Colombo a partir de 1996. Na época, as pesquisas não avaliaram detalhadamente a estrutura geológica e os possíveis impactos ambientais que por ventura poderiam acontecer na região. Pois, com a entrada em operação dos poços ocorreram afundamentos de solo e subsidências.

Em função dos acidentes geotécnicos ocorridos, a vazão da água, prevista para 600 l/s, necessitou ser reduzida para 220 l/s, afirmou Arlineu Ribas, gerente de hidrogeologia da SANEPAR, em entrevista a PRATES e AMARAL (2000, p. 31). O entrevistado ainda afirmou que a exploração da água também provocou uma menor vazão das fontes e dos cursos de águas, e que apesar disso não está faltando água no

município para as irrigações das lavouras, pois a SANEPAR está perfurando poços para os agricultores (PRATES e AMARAL, 2000, p. 31).

Conforme NICOLATO (1999a, p. 2), a SANEPAR afirma que o aquífero Carste é a única opção técnica viável para atender parte da população de Colombo, cerca de 120 mil pessoas. Afirma também, que dos poços construídos num mesmo compartimento que interferiam entre si, somente um foi selecionado, e o bombeamento está sendo feito dentro do limite das outorgas cedidas pela SUDERHSA, os outros foram abandonados, sendo utilizados apenas para efeito de monitoramento do nível de água do compartimento (piezômetros).

## 2.2 GEOLOGIA DO GRUPO AÇUNGUI

A área de estudo está inserida no primeiro planalto paranaense, nos domínios de rochas do Grupo Açungui. O Grupo Açungui foi subdividido originalmente por BIGARELLA e SALAMUNI (1958, p. 1) nas Formações Setuva, Capiçu e Votuverava, da base para o topo. A primeira situada na base do Grupo Açungui, aflora em uma estreita faixa, em torno da Anticlinal do Setuva ao norte de Bocaiuva do Sul, e no Núcleo Betara, a leste de Rio Branco do Sul. Enquanto a Formação Votuverava está situada no topo do Grupo, aflorando a noroeste de Rio Branco do Sul. Já as Formações Capiçu e Lancinhas estão separadas pela Falha da Lancinha.

A unidade litoestratigráfica de interesse neste estudo é a Formação Capiçu, que aflora na porção sudeste do Grupo Açungui (Proterozóico Superior). As rochas carbonáticas desta formação fazem parte de uma das três faixas de rochas carbonáticas proterozóicas, denominada por BIGARELLA<sup>1</sup> apud MARINI e BIGARELLA (1967, p.109) de faixa noroeste, central e sudeste. A área de interesse do estudo a Faixa Sudeste, associada à Formação Capiçu é caracterizada por metadolomitos e metadolomitos calcícos, com lentes de metacalcário e metacalcário magnésiano.

---

<sup>1</sup> BIGARELLA, J. J. Estudos preliminares na série Açungui. I - Brecha calcárea de Toquinhas. Arq. Biol. Tecn., Curitiba, v. 2, p. 41-61, 1947.

"A Formação Capiru é composta predominantemente por metadolomitos, filitos e quartzitos, e secundariamente, por filitos grafitosos, metassiltitos e metamargas" (BONACIM, 1996, p. 60). Os principais conjuntos litológicos da Formação Capiru são separados por falhas de cavalgamento e expostos em sinformes e antiformes com eixos na direção NE-SW. Além da intrusão de diques básicos mesozóicos (diabásio, diorito, diorito pórfiro e quartzo-diorito) alojados em falhas e fraturas de tração, segundo a direção geral N50-60°W.

A Formação Capiru foi subdividida por FIORI (1994, p. 9 e 10) em quatro conjuntos litológicos, conhecidos como Juriqui, Rio Branco, Morro Grande e Bocaina. O conjunto Juriqui constituído por filitos avermelhados com intercalações de lentes de quartzito fino, ocupa estreita faixa, que se estende de Rio Branco do Sul até Bateias, bordejando o limite do Embasamento Cristalino. O conjunto Rio Branco posicionado tectonicamente sobre o Juriqui pelas Falhas da Colônia Vemâncio e das Aranhas, é constituído por mármore dolomítico maciços com intercalações lenticulares de quartzitos e filitos, onde se desenvolve o modelado cárstico. O Conjunto Bocaina é um pacote tectônico posicionado sobre a Formação Setuva, apresenta predominantemente filitos intercalados e quartzitos. Finalmente, o conjunto Morro Grande posicionado sobre os anteriores pelas Falhas do Tranqueira e do Pessegueiro, apresenta alternância de camadas de filitos e quartzito, e em sua parte inferior duas camadas de mármore dolomítico.

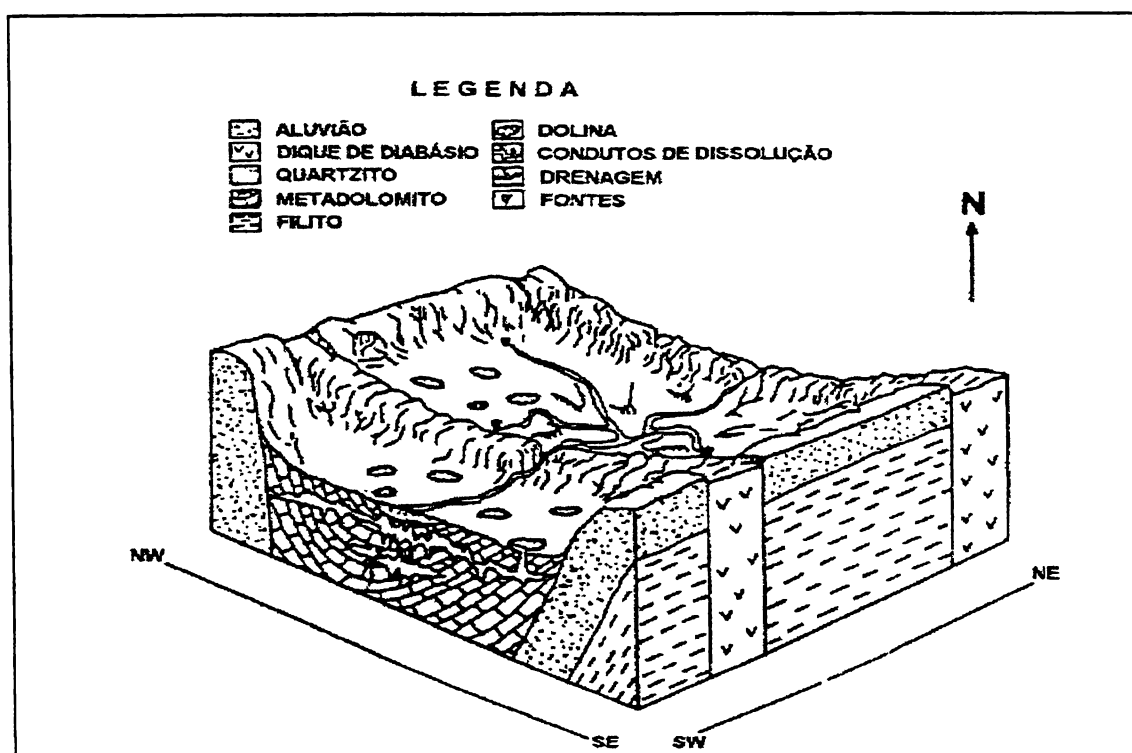
Diques de diabásio, com espessura de 20 a 30 m, seccionam a Formação Capiru, por serem mais resistentes ao intemperismo em relação às rochas calcárias, ressaltam na topografia, originando pequenas cristas alinhadas segundo a direção NW-SE. Também constituem altos topográficos as camadas de filitos e quartzitos, não friáveis, que ocorrem intercalados com os dolomitos, destacam MARINI, TREIN e FUCK (1967, p. 66).

Nas rochas calcárias a topografia é rebaixada com formas cársticas bem características, sendo notável a quantidade de dolinas, sumidouros, uvalas e cavernas, reflexo da erosão diferencial e dos processos de dissolução, que atuam de forma mais intensa nas rochas carbonatadas (SILVA e OKA-FIORI, 1996, p. 65).

A compreensão da tectônica é caracterizada por três principais fases de deformação. "Dentre elas, a mais antiga e complexa, é formada por um sistema de **falhas de cavalgamento**. Essa fase compartimentou o sistema aquífero carste paranaense em blocos tectônicos com características geológicas e hidrogeológicas distintas. Associa-se-lhe o magmatismo intrusivo juro-cretáceo que subdividiu os blocos tectônicos em 'células estruturais'." (FRAGA, 1996, p. 47)

No contexto de sua estrutura, o aquífero carste é do tipo multicelular. As litologias associadas aos mármores (rochas reservatório) funcionam como barreiras hidrogeológicas. O intercruzamento de duas cristas compostas por diques de diabásio com duas cristas de composição quartzítico-filíticas, impermeáveis à água, formam compartimentos unitários individuais (Figura 1). Geometricamente, com aspecto losangular, cada célula constitui uma unidade com características similares, porém com comportamento hidráulico e condições de fluxo diferenciados e independentes (LISBOA, 1997, p. 76).

Figura 1 - Modelo Tridimensional Representando Compartimento Unitário.



FONTE: FRAGA (1994, p. 248).

De acordo com FRAGA (1996, p. 29), existem oito subcompartimentos hidrogeológicos na faixa sudeste do carste, a saber: 1) Tranqueira, 2) Cabeceira do Atuba, 3) Colombo, 4) Rio Branco do Sul, 5) São Miguel, 6) Várzea do Capivari, 7) Marmeleiro e 8) Almirante Tamandaré. O subcompartimento de Colombo, abrange a bacia do rio Ribeirão da Onça.

Nas rochas calcárias os acidentes geotécnicos, como subsidências e/ou colapsos de solo são susceptíveis de ocorrer, decorrentes do estágio evolutivo natural das feições e formas de relevo. Sua deflagração pode também ser induzida ou acelerada pela ação antrópica.

### 2.3 ACIDENTES GEOLÓGICOS EM ÁREAS CARSTE

Alterações drásticas nos terrenos cársticos podem acontecer sob a forma de subsidências ou colapsos, ligados à evolução de cavidades no subsolo, podendo trazer riscos, com prejuízos econômicos e perdas de vidas humanas.

As subsidências são processos de adensamento ou rebaixamento do solo, são movimentos lentos e causadores de trincas, rachaduras e desabamentos de pequenas proporções (MINEROPAR, 1998, p.16).

Colapsos, são movimentos bruscos, circulares em forma de cratera, com seção lateral de tronco invertido. Sua ocorrência se processa mesmo sem sinais prévios denunciadores e são os principais causadores de acidentes graves em áreas de carste (MINEROPAR, 1998, p.16).

Os problemas de colapso e subsidência em áreas cársticas podem ocorrer tanto sob condições naturais, da evolução da morfologia cárstica, como também podem ser provocados pela ação antrópica. No entanto, é importante salientar que as diferenças entre causas naturais e induzida, é a velocidade na deflagração dos efeitos resultantes dos processos de dissolução, destaca ALBRECHT (1996, p. 96).

Este autor afirma também que as atividades da construção civil, implantação de pedreiras, vibrações, implantações de aterros sanitários, mudanças nos regimes

hidrológicos (superficiais e subterrâneos), desmatamentos, inundações e alterações físicas, químicas e biológicas em parques turísticos - cavernas e campos de lácias, são as principais ações causadoras dos problemas ambientais oriundos do uso e ocupação de áreas cársticas.

Nesse sentido, a urbanização, com a implantação de rodovias, ferrovias, pedreiras, atividades industriais, vibrações no terreno, elevações estruturais, entre outras, atuam rebaixando os níveis de água subterrânea e alteram os padrões do escoamento das águas superficiais, afirma WHITE et al.<sup>2</sup> citado por ALBRECHT (1996, p. 100).

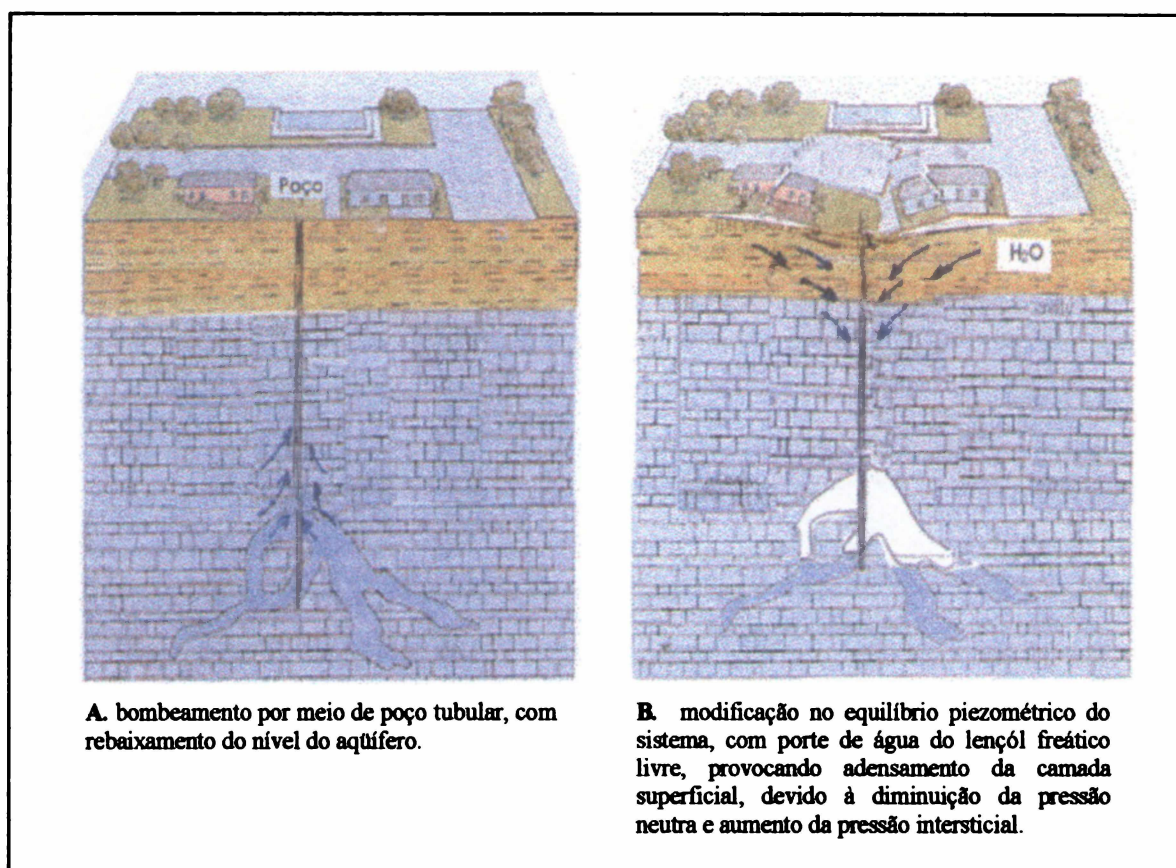
Segundo PRANDINI et al. (1987, p. 440), o rebaixamento do nível d'água do aquífero carste como fator de maior peso na deflagração e aceleração de subsidências e colapsos, acontecem a partir da evolução de cavidades formadas na porção saturada dos solos ou sedimentos que copeiam o calcário (Figura 2).

A extração de água subterrânea em áreas carste, deve ser realizada de forma ordenada, após estudos do ciclo hidrológico, para se estimar a quantidade e a frequência para a retirada da água, pois a extração descontrolada acarreta alterações no ciclo hidrológico (ALBRECHT, 1996, p.105).

---

<sup>2</sup> WHITE, E.L.; ARON, G.; WHITE W. B. The influence of urbanization on sinkhole development in central Pennsylvania. In: **Proceedings of the First Multidisciplinary Conference on Sinkhole - Sinkhole: their geology, engeneering & environmental impact Orlando, 1984**. Orlando/Florida. Balkema. 1984, p.275-282.

Figura 2 - Modelo Interpretativo da Dinâmica do Nível Hidrostático e as Subsidiências.



FONTE: Modificado de MURCK et al.<sup>3</sup> citado por MINEROPAR (1998, p. 17).

## 2.4 CICLO HIDROLÓGICO

O ciclo hidrológico refere-se ao movimento da água sobre, na e sob a superfície da Terra, mantido pela energia radiante de origem solar e pela atração da força da gravidade.

O ciclo hidrológico pode ser definido como a seqüência fechada de fenômenos pelos quais a água passa do globo terrestre para a atmosfera, na fase de vapor, e regressa àquele, nas fases líquida e sólida.

A transferência de água da superfície do globo para a atmosfera, sob a forma de vapor, dá-se por evaporação direta, por transpiração das plantas e dos animais e por

<sup>3</sup> MURCK, B. W.; SKINNER, B. J.; PORTER, S. C. *Environmental Geology*. New York: John Wiley & Sons, 1995.



sublimação (passagem direta da água da fase sólida para a de vapor) (SILVEIRA, 2000, p. 35).

O vapor de água é transportado pela circulação atmosférica e condensa-se. A água condensada dá lugar à formação de nevoeiros e nuvens e à precipitação.

A precipitação pode ocorrer na fase líquida (chuva ou chuveiro) ou na fase sólida (neve, granizo ou saraiva). A água precipitada na fase sólida apresenta-se com estrutura cristalina no caso da neve e com estrutura granular, regular em camadas, no caso do granizo, e irregular, por vezes em agregados de nódulos (AYOADE, 1991, p. 153).

A precipitação inclui também a água que passa da atmosfera para o globo terrestre por condensação do vapor de água (orvalho) ou por congelação daquele vapor (geada) e por intercepção das gotas de água dos nevoeiros (nuvens que tocam no solo ou mar).

Segundo AYOADE (1991, p. 161), existem três principais tipos de chuvas: convectivas (ascensão vertical do ar), ciclônicas ou frontais (encontro de uma massa de ar frio com uma de ar quente) e orográficas ou de relevo (deslocamento horizontal do ar, que, ao entrar em contato com regiões elevadas, serras e montanhas, sofre condensação e conseqüente precipitação).

A altura média de precipitação em uma área específica é necessária na determinação do balanço hídrico, afirmam VILLELA e MATTOS (1975, p. 54). Apesar de ser uma abstração é entendida conforme BERTONI e TUCCI (2000, p. 194) como "uma lâmina de água de altura uniforme sobre toda a área considerada, associada a um período de tempo dado", e pode ser calculada por vários métodos, sendo os mais usuais o método da média aritmética, o método de Thiessen e o método das isoietas.

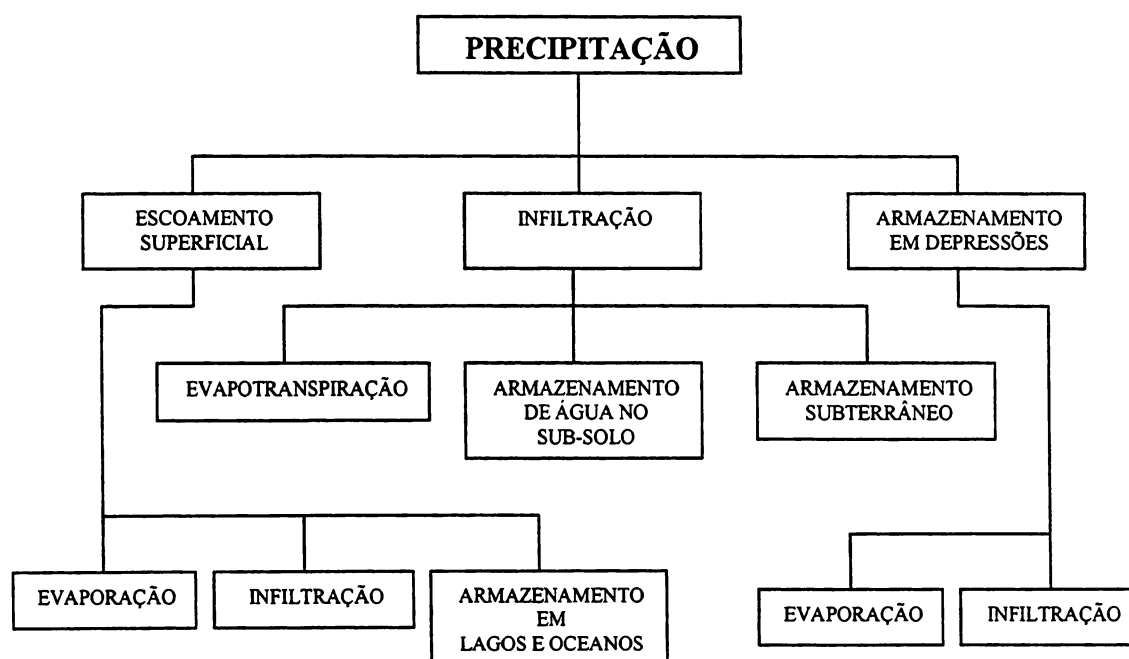
A precipitação varia localmente e temporalmente e suas características são: total, duração e distribuição espacial e temporal, destacam BERTONI e TUCCI (2000, p. 177).

A água que precipita nos continentes pode tomar vários destinos. Uma parte é devolvida diretamente à atmosfera por evaporação; a outra origina escoamento à

superfície do terreno, escoamento superficial, que se concentra em sulcos, cuja reunião dá lugar aos cursos de água. A parte restante infiltra-se, isto é, penetra no interior do solo, subdividindo-se numa parcela que se acumula na sua parte superior e pode voltar à atmosfera por evapotranspiração e noutra que caminha em profundidade até atingir os lençóis aquíferos (ou simplesmente aquíferos) e vai constituir o escoamento subterrâneo (LENCASTRE e FRANCO, 1984, p. 19).

O ciclo hidrológico pode ser quantificado, no conjunto da superfície terrestre. O balanço hídrico terrestre possibilita a identificação da quantidade e o trajeto percorrido pela água nos seus diferentes estágios (Figura 3).

Figura 3 - Fluxo de Água Precipitada sobre o Solo.



FONTE: RAMOS (1989, p. 9).

A quantidade aproximada de água armazenada em uma bacia hidrográfica, pode ser quantificada, segundo MOSLEY (1979, p. 796), pelo Índice de Precipitação Antecedente (*API*), a partir do grau de contribuição da precipitação no escoamento de base.

No Estado do Paraná, SAGARA (2001, p. 33), aplicou a metodologia do *API* em uma pequena bacia hidrográfica (Bacia do Pinus), localizada no município de General Carneiro e obteve resultados que justificam o emprego da mesma.

Tanto o escoamento superficial como o escoamento subterrâneo vai alimentar os cursos de água que deságuam nos lagos e nos oceanos, ou vão alimentar diretamente os últimos.

O escoamento superficial constitui uma resposta rápida à precipitação e cessa pouco tempo depois dela. Por seu turno, o escoamento subterrâneo, em especial quando se dá através de meios porosos, ocorre com grande lentidão e continua a alimentar o curso de água longo tempo após ter terminado a precipitação que o originou. Assim, os cursos de água alimentados por aquíferos apresentam regimes de caudal mais regulares (SILVEIRA, 2000, p. 37).

A vazão em uma bacia hidrográfica, ou volume escoado por unidade de tempo, é a principal grandeza que caracteriza um escoamento, afirma VILLELA e MATTOS (1975, p.103). É expressa pelo hidrograma, enquanto a precipitação pelo heitograma.

O hidrograma, relaciona graficamente a vazão no tempo (série contínua de vazões). "A distribuição da vazão no tempo é resultado da interação de todos os componentes do ciclo hidrológico entre a ocorrência da precipitação e a vazão na bacia hidrográfica", referencia TUCCI (2000, p. 391).

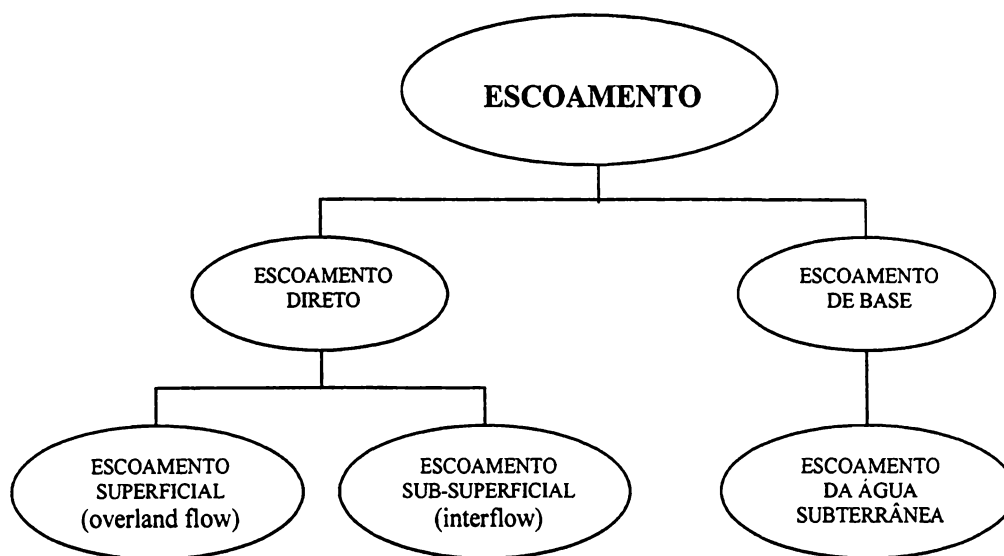
Conforme TUCCI (2000, p. 391), a forma do hidrograma depende de um número de fatores, os mais importantes são: relevo, cobertura da bacia, modificações artificiais no rio, distribuição, duração e intensidade da precipitação, e tipo de solo. Para caracterizar o hidrograma e o comportamento da bacia são utilizados alguns valores de tempo (abcissa), como tempo de retardo, tempo de pico, tempo de concentração, tempo de ascensão, tempo de base e tempo de recessão.

A análise do hidrograma permite a identificação e a separação dos tipos de escoamento: superficial (fluxo sobre a superfície do terreno e pelos seus múltiplos canais), subsuperficial (fluxo que ocorre próximo às raízes das plantas) e subterrâneo (fluxo proveniente da contribuição do aquífero) (Figura 4).

O ciclo hidrológico, conforme VILLELA e MATTOS (1975, p. 4), "embora possa parecer um mecanismo contínuo, com a água se movendo de uma forma permanente e com uma taxa constante, é na realidade bastante diferente, pois o movimento da água em cada uma das fases do ciclo é feito de um modo bastante aleatório, variando tanto no espaço como no tempo."

O ciclo hidrológico é um agente modelador da crosta terrestre, devido à erosão, transporte e deposição de sedimentos por via hidráulica. Condiciona a cobertura vegetal e, de modo mais genérico, a vida na Terra (SILVEIRA, 2000, p. 37).

Figura 4 - Diagrama dos Componentes do Hidrograma.



FONTE: Classificados por KAYANE (1980, p. 272).

## 2.5 EVAPOTRANSPIRAÇÃO

A evapotranspiração é um dos principais processos hidrológicos. A transferência de água para a atmosfera, no estado de vapor, seja pela evaporação de superfícies líquidas, pela evaporação da água do solo, pela transpiração vegetal ou pela respiração animal, constitui importante elo do ciclo hidrológico da natureza. Esta mudança de fase da água na forma líquida para vapor ou vice-versa consome ou libera

grande quantidade de energia, constituindo-se no maior mecanismo de redistribuição de energia em todo mundo.

A evaporação é o fenômeno pela qual uma substância passa da fase líquida para a fase gasosa (vapor), é um processo físico, e para que ocorra necessita obter energia fornecida pela radiação solar e por processos de condução e convecção de calor das camadas de ar sub-adjacentes. A evaporação é influenciada por fatores, tais como, temperatura da água, gradiente de pressão de vapor, densidade do ar, ventos, temperatura do ar, entre outros (TUCCI e BELTRAME, 2000, p. 253).

A transpiração é a evaporação da água que foi utilizada nos diversos processos metabólicos necessários ao crescimento e desenvolvimento das plantas, é um processo biológico, em que o sistema radicular absorve água ao longo do perfil do solo explorado. "Essa evaporação se dá através dos estômatos que são estruturas de dimensões microscópicas ( $<50\mu\text{m}$ ) que ocorrem nas folhas (de 5 a 200 estômatos/ $\text{mm}^2$ ) e permitem a comunicação entre a parte interna da planta e a atmosfera", destacam PEREIRA et al. (1997, p. 9 e 19).

O gás carbônico, o oxigênio e o vapor d'água fluem através dos estômatos, que na maioria das plantas permanecem abertos durante o dia e fechados a noite, bem como nas condições de estresse hídrico. Este último pode ocorrer em duas situações: a) quando o solo não contém água disponível às plantas; b) quando o solo contém água disponível mas a planta não é capaz de absorvê-la em velocidade e quantidade suficiente para atender à demanda atmosférica (*podre evaporante do ar*) (PEREIRA, et al., 1997, p.19).

A abertura dos estômatos varia com o tipo da planta, a radiação solar, a concentração de  $\text{CO}_2$  na atmosfera, a disponibilidade de água, entre outros fatores que influem na transpiração, evidencia OLIVEIRA (1999, p. 7).

Todavia, tais fenômenos, evaporação e transpiração, ocorrem simultaneamente, e THORNTHWAITE<sup>4</sup> citado por PEREIRA et al. (1997, p. 20) na década de quarenta, utilizou o termo evapotranspiração, para englobá-las, visto a dificuldade em estimar os processos separadamente, sendo assim, a totalidade da água

---

<sup>4</sup> THORNTHWAITE, C. W. The moisture factor in climate. *An. Geophys Union Trans.*, 1946. v. 27. p. 41-48.

devolvida à atmosfera em um dado intervalo de tempo, seja por transpiração ou evaporação, recebe o nome de evapotranspiração.

A evapotranspiração é controlada pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica, e pelo suprimento de água do solo e das plantas. A quantidade de energia depende da latitude (ângulo de incidência dos raios solares) e da topografia (altitude e orientação da vertente).

"A altitude também afeta diretamente a temperatura do solo e do ar, e a pressão atmosférica, que são fatores que influenciam a evapotranspiração, uma vez que a disponibilidade de radiação é controlada pelo poder refletor da superfície, que é expresso pelo coeficiente de reflexão (*albedo*)" (PEREIRA et al., 1997, p.20).

TUCCI e BELTRAME (2000, p. 270), referenciam que "a transferência de água de uma área cultivada, onde a umidade do solo não é fator limitante, ocorre segundo sua intensidade potencial e, qualquer variação será somente a diferença de condições meteorológicas, incluindo os efeitos de advecção." Com a diminuição da umidade do solo, ocorrem restrições à transferência de água à atmosfera, que passa a depender do sistema radicular das plantas e não somente das condições meteorológicas, além de outras características, como estado fitossanitário das plantas. Esta condição permite distinguir entre evapotranspiração potencial e real.

### 2.5.1 Evapotranspiração Potencial (ETP)

Como a evapotranspiração é um processo físico-biológico que depende da temperatura e disponibilidade de água, THORNTHWAITE<sup>5</sup> apud OLIVEIRA (1999, p. 8) introduziu o conceito de *evapotranspiração potencial* para expressar a evapotranspiração que deve ocorrer em condições normais, em terreno coberto de vegetação e livremente exposto à atmosfera. Ele indica, a água teoricamente necessária para manter, pelo menos uma vegetação de gramínea, sempre turgescente,

---

<sup>5</sup> THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Ver.*, 1948. v. 38. p. 55-94.

em terreno livremente exposto à ação dos raios solares, onde em nenhum instante a demanda atmosférica é restringida por falta de d'água no solo.

PEREIRA et al. (1997, p.23), destaca que para PENMAN<sup>6</sup> "a vegetação deve ser baixa e de altura uniforme." A grama (*Paspalum notatum L.*) então foi tomada como padrão, além de ser a cobertura vegetal presente nos postos meteorológicos.

A evapotranspiração potencial comparada com a chuva resulta no balanço hídrico climatológico, que indica excessos e deficiências de umidade ao longo do ano.

### 2.5.2 Evapotranspiração Real (ETR)

A evapotranspiração real é a quantidade de água transferida para a atmosfera por evaporação e transpiração, nas condições reais (existentes) de fatores atmosféricos e umidade do solo, sendo sempre igual ou menor que a evapotranspiração potencial ( $ETR \leq ETP$ ) define GANGOPADHYAYA et al.<sup>7</sup> apud TUCCI e BELTRAME (2000, p. 270). A ETR é aquela que ocorre numa superfície vegetada, independente de sua área, de seu porte e das condições de umidade do solo.

Porém informações confiáveis sobre a ETR são escassas e de difícil obtenção, expõem dentre vários autores, como PEREIRA et al. (1997, p. 35) e TUCCI e BELTRAME (2000, p. 270), pois a medida direta desta é extremamente onerosa e exige um longo tempo de observação. Já a ETP pode ser obtida por modelos fundamentados em leis físicas e relações empíricas de forma rápida e suficientemente precisas.

TUCCI e BELTRAME (2000, p. 270), destacam que apesar de tentativas de relacionar ETP e ETR, não existe, ainda hoje, nenhuma teoria que seja aceita universalmente.

---

<sup>6</sup> PENMAN, H. L. Evaporation: an introductory survey. *Neth. J. Agric. Sci.*, 1956, v. 4, p. 9-29.

<sup>7</sup> GANGOPADHYAYA, M., URYVAEV, V.A., OMAR, M. H., NORDENSON, T. J., HARBECK, G. E. 1966. Measurement and estimation of evapotranspiration. Geneva: World Meteorological Organization. (WMO Technical Note, 83).

MULLER (1995, p. 132), destaca que para avaliar a ETR, no Estado do Paraná, recomenda-se o uso do modelo CRAE quando não for possível o uso do balanço hídrico, visto a facilidade de uso e os poucos dados necessários, bem como fornece estimativas sazonais da ETR importantes em diversos estudos que não podem ser obtidas pelo balanço hídrico.

O modelo CRAE ("*Complementary Relationship Areal Evapotranspiration*") desenvolvido por MORTON (1976, 1978, 1982) é baseado no conceito da relação complementar entre evapotranspiração potencial e real. A relação complementar leva em conta as interações entre superfícies evaporantes e o ar que circula sobre estas superfícies. Nesta relação, quando há diminuição na disponibilidade de água, a evapotranspiração real diminui, o ar se torna mais quente e seco e a evapotranspiração potencial aumenta.

A relação complementar, segundo MORTON (1982, p. 15), é evapotranspiração real mais evapotranspiração potencial igual a duas vezes a evapotranspiração em condições de solo saturado ( $ETR + ETP = 2ETS$ ).

"O modelo se caracteriza por fornecer estimativas rápidas da evapotranspiração, desconsiderando as complexidades do sistema solo-vegetação e sem exigir a calibragem local dos coeficientes", afirma MULLER (1995, p. 82).

No entanto, MULLER (1995, p. 85) destaca que a CRAE apresenta uma série de limitações ao cálculo da evapotranspiração real, como: a) necessidade de dados de umidade relativa precisos e representativos da área; b) os cálculos não devem ser feitos para períodos inferiores há cinco dias; c) o modelo não deve ser utilizado para prever efeitos de alterações sobre o sistema solo-vegetação, uma vez que o modelo não usa dados destas superfícies; e d) não deve ser usado em regiões próximas a encostas e contornos de lagos.



### 2.5.3 Estimativa de Evapotranspiração

A evapotranspiração é um assunto simples do ponto teórico, porém, no lado prático das medições, torna-se bastante complexo e difícil, principalmente em regiões carente de dados meteorológicos.

Os métodos para se estimar a evapotranspiração são baseados em medições de radiação solar, poder evaporante do ar e parâmetros climáticos. Os métodos de estimativa da evapotranspiração podem se agrupados, de acordo com os princípios envolvidos em seu desenvolvimento em empíricos, aerodinâmico, balanço de energia, combinados e correlação dos turbilhões.

Para PEREIRA et al. (1997, p. 42), muitos métodos, desenvolvidos e calibrados localmente produzem melhores resultados do que aqueles mais genéricos e fisicamente mais reais, independente do princípio de seu desenvolvimento.

#### 2.5.3.1 Método de PENMAN (1948)

É um método que combina os efeitos do balanço de energia com aqueles do poder evaporante do ar.

PEREIRA et al. (1997, p. 75), afirma que: "o método de Penman foi o primeiro dessa categoria, sendo considerado por muitos como padrão. Os demais métodos combinados são aproximações e extensões desse método. Isso não significa que o método de Penman seja perfeito e correto, mas apenas que ele é baseado em princípios físicos corretos."

No Brasil os métodos mais usados para estimar a evapotranspiração têm sido o de PENMAN e THORNTHWAITE, expõe HOUNAN<sup>8</sup> citado por OLIVEIRA (1999, p. 11), e que principalmente no sul do Brasil a equação de PENMAN é mais precisa que a de THORNTHWAITE, é a indicação de vários autores.

---

<sup>8</sup> HOUNAN, C. E. Problems of evaporation assement in the water balance. World Meteorological Organization. Report M. 13-WMO n. 285. Genebra, 1971.

O método PENMAN caracteriza-se por fornecer a estimativa de ETP diária e pela utilização de um número maior de variáveis comparado com outros métodos. Sua precisão depende da estimativa da radiação líquida e do fluxo de calor no solo.

A ETP estimada pelo método PENMAN, segundo SMITH<sup>9</sup> apud PEREIRA et al. (1997, p. 79), indica que há evidência de superestimação em condições potenciais (não advectiva). O problema está, sem dúvida, na função do vento, pois o método de PENMAN foi desenvolvido no clima úmido e temperado da Inglaterra e adotado universalmente sem testes de seus coeficientes.

MOTA apud OLIVEIRA (1999, p. 11), evidencia que a equação de PENMAN funciona bem quando se tem uma estimativa realista da radiação líquida e da função do vento na condição em estudo, recomendando usar a radiação líquida medida, quando não houver medições, deve-se usar a estimativa da radiação solar em função da insolação, e as constantes da fórmula de ANGSTRON estimadas para a região climática em questão.

#### 2.5.3.2 Método PENMAN Modificado

DOORENBOS E PRUIT (1979), em virtude da complexidade da equação de PENMAN (1948), por utilizar elementos meteorológicos, dificilmente coletados, simplificaram este método.

OLIVEIRA (1999, p. 73), após analisar os métodos de PENMAN Modificado, HAMON, BLANEY e CRIDDLE, THOMTHWAITE e do Balanço Hídrico, para bacia hidrográficas do leste paranaense, afirma que: "O método Penmam modificado pode ser considerado o melhor método para a ETP, visto que sua equação considera fatores climáticos que influenciam a ET como: a radiação solar, a velocidade do vento, a umidade do ar que nos outros métodos não são utilizados, aumentando assim sua

---

<sup>9</sup> SMITH, M. Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies of crop water requirements. Rome FAO, 1991. p. 45.

precisão em relação aos demais. Além disto há vantagem também por este método estimar dados diários."

No Estado do Paraná, MULLER (1995, p. 132) em estudos objetivando avaliar a evaporação e a ETP, por meio de diferentes métodos, também constatou, que o método de PENMAN é o mais confiável, recomendando-o. Já o método HARGREAVES e o modelo CRAE (Complementary Relationship Areal Evapotranspiration) também podem ser utilizados, porém produzem estimativas mais conservadoras.

A Tabela 1 mostra os valores médios da ETP e ETR obtidos pelo método de Penman e CRAE, respectivamente, para a Estação Meteorológica de Piraquara, no período de fevereiro de 1970 a outubro de 1992. Os dados da presente tabela, quando correlacionados fornecem um coeficiente das médias históricas que multiplicado pela ETP (PENMAN) do mês em questão estimada resulta na ETR.

Tabela 1 - Valores Médios Mensais de Evapotranspiração Real e Potencial (mm), para a Estação Meteorológica de Piraquara (02549041), no período de Fevereiro de 1970 a Outubro de 1992.

MESES	EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL	EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL
	PENMAN	CRAE
Janeiro	124	131
Fevereiro	97	112
Março	90	103
Abril	66	73
Maio	48	52
Junho	39	38
Julho	45	38
Agosto	58	54
Setembro	70	71
Outubro	94	101
Novembro	107	117
Dezembro	115	126
Anual	953	1016

FONTE: MÜLLER (1995, p. 150).

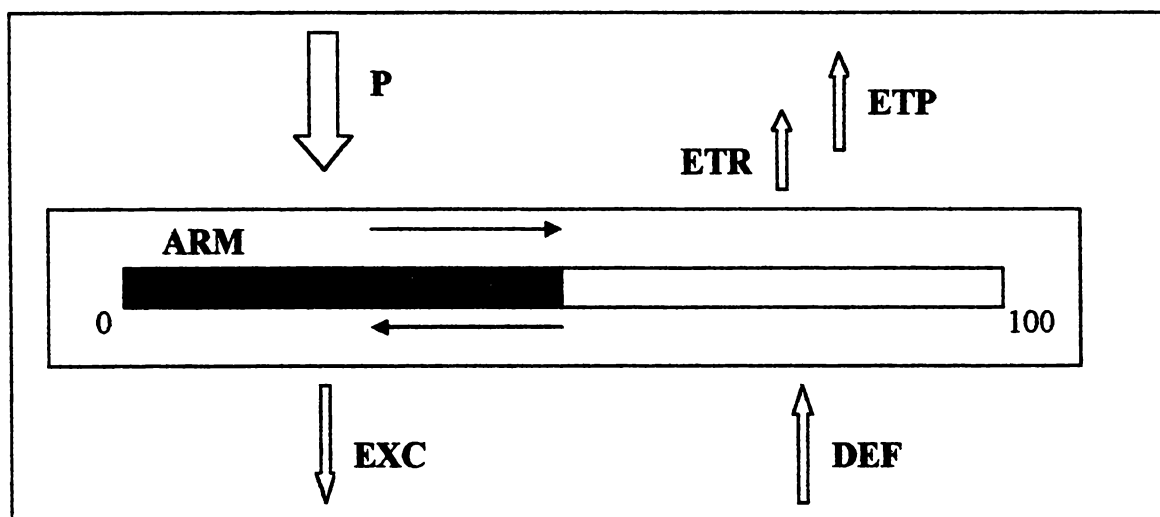
## 2.6 BALANÇO HÍDRICO

O balanço hídrico, afirmam LENCASTRE e FRANCO (1984, p. 329), "relaciona as entradas e saídas de água (afluências e efluências), ocorridas num determinado espaço e durante um certo período de tempo, com a variação do volume do mesmo líquido no interior desse espaço, durante o intervalo de tempo referido" (Figura 5).

Vale dizer, o balanço hídrico, torna-se um método que permite contabilizar a evapotranspiração real frente à precipitação, considerando a disponibilidade de água no solo. É uma ferramenta extremamente útil:

na aferição conjunta dos valores dos seus termos, quando os mesmos são determinados separadamente; na estima de um deles, quando não há possibilidade de o medir diretamente; na análise dos efeitos nos valores dos restantes termos da equação, das modificações introduzidas num ou mais deles por diversas ações do homem (construção de aproveitamentos hidráulicos, instalação de captação de águas superficiais ou subterrâneas, obras de regularização fluvial, execução de projetos de irrigação, modificação do revestimento vegetal, etc.) (LENCASTRE e FRANCO, 1984, p. 329).

Figura 5 - Componentes do Balanço Hídrico.



FONTE: Adaptado de TUBELIS e NASCIMENTO (1992, p. 374).

NOTA: **P** é a precipitação; **ETP** é a evapotranspiração potencial; **ETR** é a evapotranspiração real; **ARM** é o armazenamento de água no solo; **EXC** é o excesso de água no solo; e **DEF** é a deficiência de água no solo.

O balanço hídrico tem sido utilizado para resolver inúmeros problemas, tais como o intervalo de irrigação, o planejamento dos recursos hídricos, a previsão de rendimentos das culturas, a classificação climática, entre outros.

A disponibilidade de água no solo associada aos fenômenos climáticos determinam a evapotranspiração. No entanto, o armazenamento de água no solo pode ser reabastecido pela precipitação, ao passo que o valor negativo indica que a precipitação não foi capaz de suprir toda ETP, parte da qual se dará às custas da água armazenada no solo. Persistindo essa situação, o armazenamento pode chegar a zero, determinando um *estresse* hídrico (OLIVEIRA, 1999, p. 13).

Conforme GOMIDE et al.<sup>10</sup> citado por OLIVEIRA (1999, p. 14), pode-se desprezar a variação do armazenamento total para períodos de tempos mais longos, pois o ciclo hidrológico é um sistema fechado. O que permite avaliar os elementos do balanço hídrico que caracteriza o regime hidrológico da bacia hidrográfica.

"A bacia hidrográfica compõe-se basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar um leito único no exutório" (SILVEIRA, 2000, p. 40). É na bacia hidrográfica onde se processam os principais fenômenos físicos, influenciados pelas suas características, e pela dinâmica da água no seu interior.

De acordo com este autor, a bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema físico onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado, considerando-se como perdas intermediárias os evaporados, transpirados, captados e infiltrados profundamente.

No Brasil observa-se os mais variados tipos de balanço hídrico, desde regiões super úmidas na Amazônia e no sul, com um total anual de excesso hídrico superior a 800 mm, até regiões semi-áridas no nordeste (OLIVEIRA, 1999, p. 14).

Todavia, a "ETR não possui uma variação latitudinal, como ocorre com a ETP, pois ela depende praticamente da precipitação" (OLIVEIRA, 1999, p.14). Sendo assim, a ETP confunde-se com a ETR em períodos máximos de precipitação, ao passo

---

<sup>10</sup> GOMIDE et al. **Engenharia de recursos hídricos**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1985.

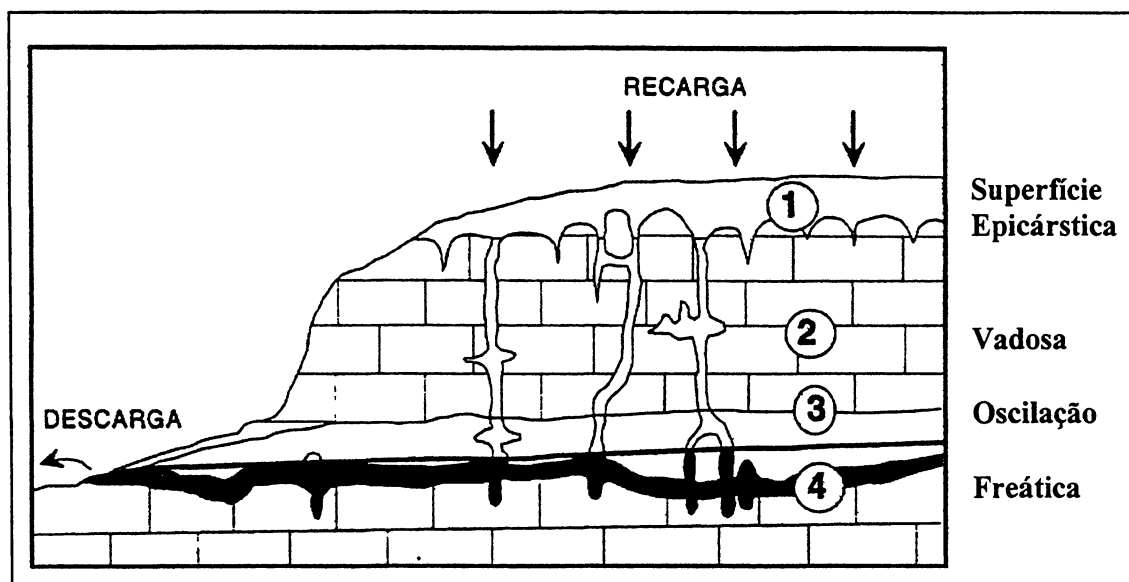
que em períodos mínimos de precipitação a ETP e a ETR apresentam valores extremos.

## 2.7 PROCESSOS HIDROLÓGICOS NO CARSTE

A hidrologia cárstica caracteriza-se basicamente pelo pequeno valor e muitas vezes ausência de escoamento superficial. A circulação interior das águas faz-se entre os pontos de absorção (galerias, fissuras e condutos subterrâneos), denominados de sumidouros, onde desaparecem as águas subaéreas, e as ressurgências, destaca CHRISTOFOLETTI (1980, p. 157).

Segundo PILÓ (2000, p. 88), o conjunto espacial que constitui a geomorfologia cárstica, pode ser compartimentada em três domínios, exocarste (superfície), epicarste (subsuperfície) e endocarste (meio subterrâneo) (Figura 6).

Figura 6 - Zonas Hidrológicas no Carste



FONTE: Adaptado de PILÓ (2000, p. 97).

NOTA: 1 é a zona superficial e epicárstica, onde a água escoou superficialmente ou percola pelo solo, alterita ou fissuras alargadas no calcário; 2 é a zona vadosa, onde a água circula livremente pelos condutos, sob a ação da gravidade; 3 é a zona de oscilação do nível freático, onde os condutos apresentam-se seco e inundado; 4 é a zona freática, onde os condutos estão totalmente ocupados por água.

No sistema hidrogeológico cárstico podem ser identificadas três zonas de circulação da água, a zona vadosa (condutos verticais) a epifreática (zona de oscilação do nível hidrostático, podendo estar seca ou inundada) e a freática (permanentemente inundada), destacam BONACIM (1996, p.89) e PILÓ (2000, p. 97).

Conforme BONACCI<sup>11</sup> citado por BONACIM (1996, p.90), na rede de condutos sub-horizontais alagados por dissolução, com diâmetros entre  $10^{-2}$  a 10 metros, desenvolve-se fluxo turbulento, responsável por 60 a 80% do volume total de água que entra em um sistema hidrogeológico. Já no substrato carbonático com fissuras pequenas, o fluxo é difuso. O fluxo difuso é semelhante ao fluxo laminar em meio poroso, e segue os princípios da Lei de Darcy.

MANGIN<sup>12</sup> apud FORD e WILLIAMS (1989, p. 200) afirma que em aquíferos cársticos o intervalo de variabilidade da Lei de Darcy é restrito, pois esta só é aplicável quando o fluxo predominante é laminar, o que torna muito restrito determinar os parâmetros hidráulicos, por meio de testes de bombeamento.

MILANOVIC (1986, p. 153), estudando a influencia das *springs* no regime do aquífero carste, na região de Dinaric Karst, na Iugoslávia, identificou como características básicas destes, a elevada capacidade de infiltração, a rápida saturação e rápida resposta do nível de base da água subterrânea, como também muita variação de um lugar para outro dos valores do coeficiente de armazenamento e da transmissividade.

BONACCI (1993, p. 53), destaca que se pode identificar características dos aquífero carste, como grau de evolução das fissuras e condutos cársticos, por meio da análise da curva de recessão do hidrograma das *springs*, pois estas influem nas formas de descarga.

SILVA (2001, p. 70) após analisar o comportamento hidrostático de poços de captação de água na bacia do rio Ribeirão da Onça, Colombo/PR, identificou as áreas

---

<sup>11</sup> BONACCI, O. *Karst hydrology, with special reference to the Dinaric karst*. Berlin: Springer-Verlag, 1987. p. 184.

<sup>12</sup> MANGIN, A. 1975. Contribution à l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques. DES thesis, Univ. Dijon, France ( Ann. Speleo. 1974 **29**(3), 283-332; **29**(4), 495-601; 1975, **30**(1), 21-124).

de recarga, descarga e de inversão de fluxo, ou seja, as áreas que eram de descarga e que decorrentes da captação de água passaram a ser de recarga.

Neste sentido, as áreas cársticas se caracterizam pela complexa circulação das águas subterrâneas tanto nas zonas saturadas como acima da superfície potenciométrica do aquífero.



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

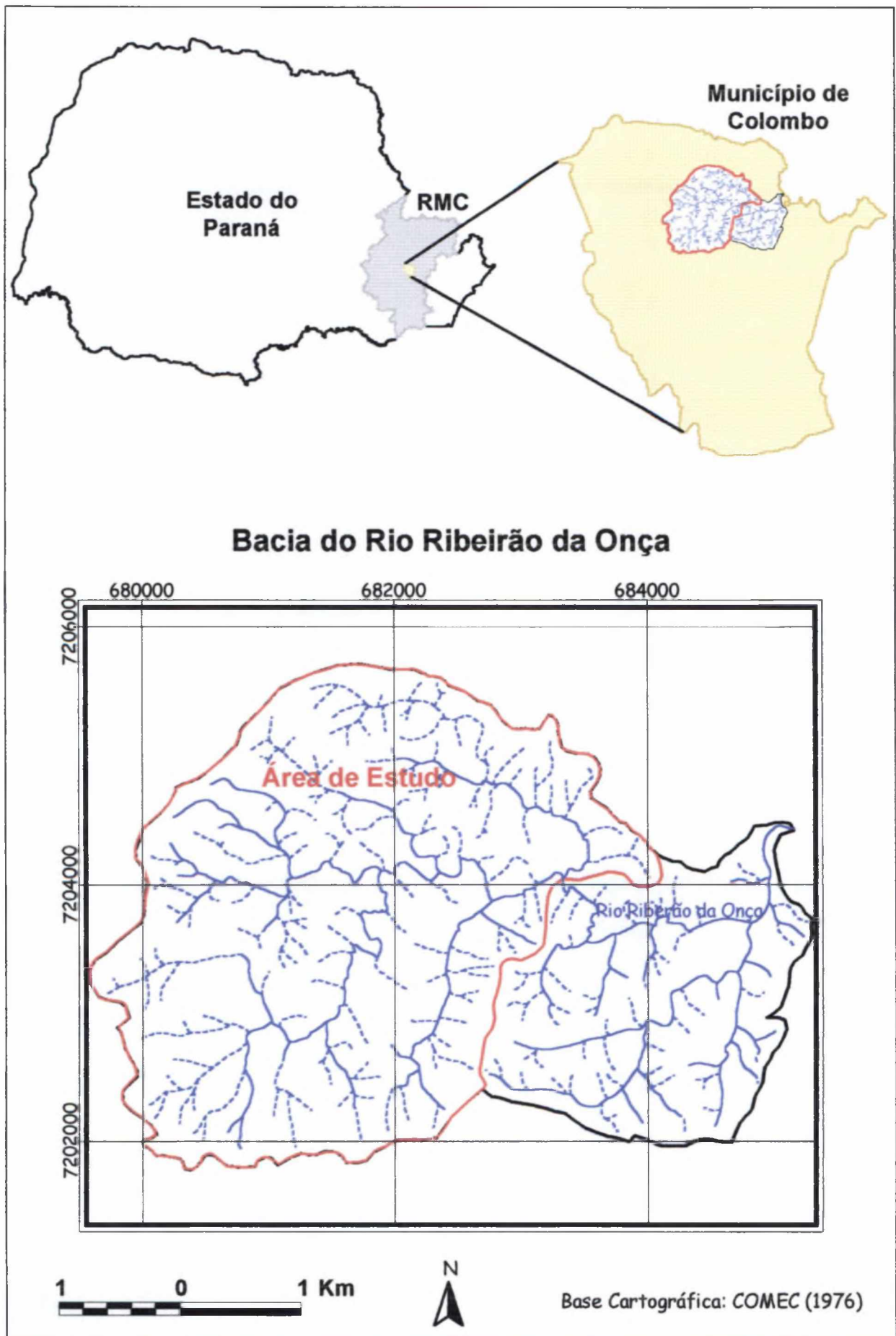
A bacia do rio Ribeirão da Onça localiza-se no nordeste do município de Colombo/PR, entre os paralelos 25°15'00" e 25°17'30" de latitude sul e os meridianos 49°09'00" e 49°13'00" de longitude oeste, com uma área de 16,118 km<sup>2</sup> (Figura 7).

A bacia do rio Ribeirão da Onça apresenta altitudes que variam de 1060 metros em suas nascentes a 920 m em seu exutório, na Estação Fluviométrica Montante da Ponte (código: 81290500), sendo parte da bacia do rio Capivari que compõe a bacia do rio Ribeira. A densidade de drenagem é de média a forte, com padrão de drenagem assimétrico. A orientação principal do rio Ribeirão da Onça é no sentido leste.

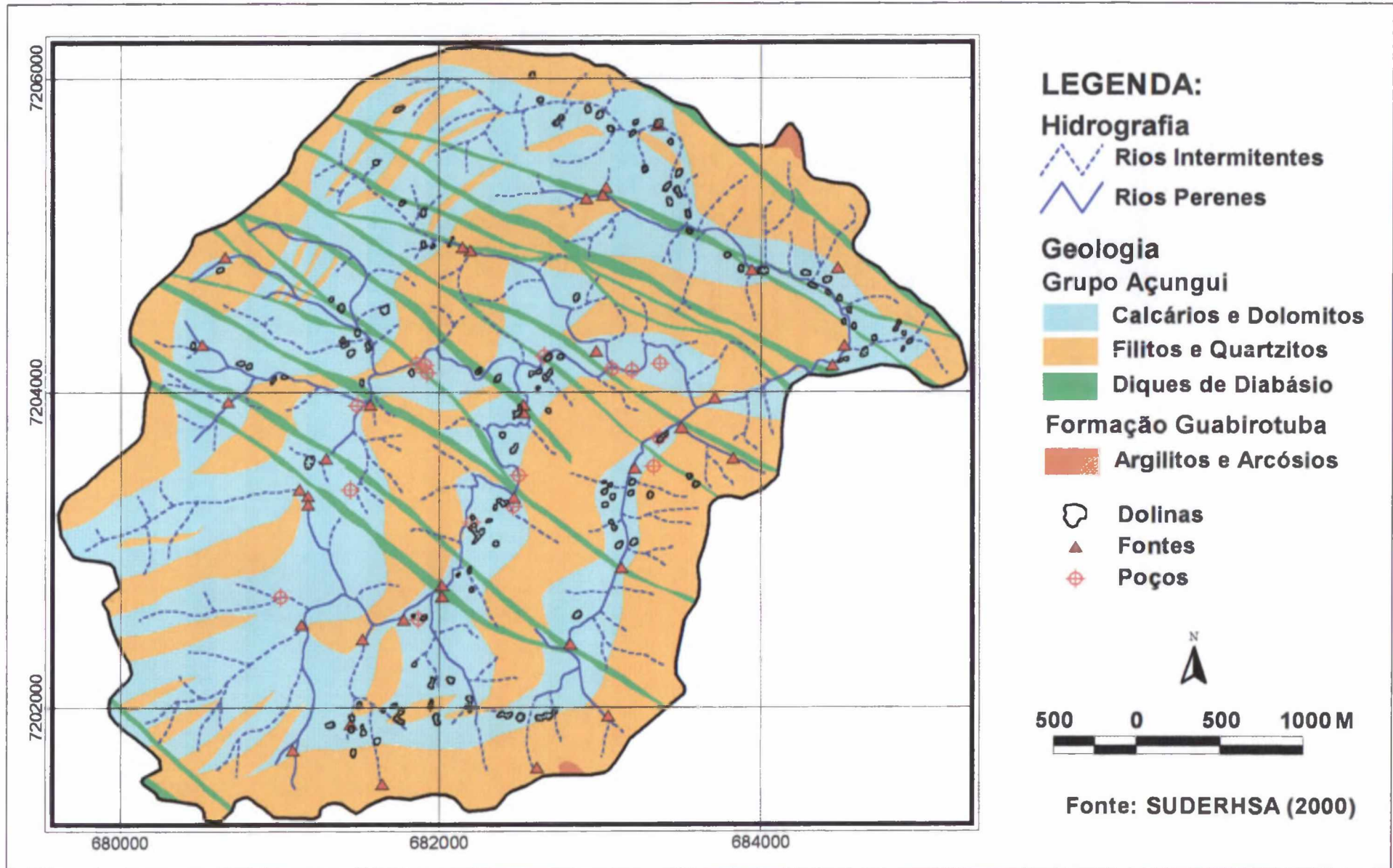
A região em estudo integra os terrenos cársticos que se desenvolvem nas seqüências proterozóica de rochas carbonáticas na porção leste do Estado do Paraná. As rochas predominantes são representadas pelos filitos, calcários, dolomitos, mármore e quartzitos (Figura 8).

Segundo a classificação de CANALI (1980, p. 63), geomorfologicamente enquadra-se no Primeiro Planalto Paranaense, especificamente na sub-região Montanhosa do Açungui, e faz parte do compartimento geomorfológico Externo Baixo, mais especificamente da unidade Plataforma Lateral em relação ao Rio Capivari. Esta área corresponde à margem direita do rio Capivari. O relevo é entrecortado por vales de vertentes íngremes dos afluentes do rio Capivari. A profundidade média destes vales é de 50 m. As linhas de crista são paralelas aos vales e têm um topo plano com menos de 300 m de largura. Em direção a leste, a morfologia muda como resultado da transição para a Formação Votuverava. As linhas de crista tornam-se mais contínuas e alongadas.

**Figura 7 - Bacia do Rio Ribeirão da Onça**



**Figura 8 - Geologia da Bacia do Rio Ribeirão da Onça**



Conforme o IAPAR (1994, p. 45), o clima da região enquadra-se, segundo a classificação de Köppen, no tipo Cfb - subtropical úmido mesotérmico, ou seja, clima temperado, com verões frescos, em que a temperatura média no mês mais quente fica abaixo de 22°C, sem estação seca de inverno definida, e com a ocorrência de geadas severas e freqüentes, com temperatura média do mês mais frio abaixo de 18°C.

A precipitação média anual é de 1400 mm, com menores índices pluviométricos registrados nos meses de abril, junho e agosto e maiores em dezembro, janeiro e março. Com vazões específicas médias em pequenas bacias de aproximadamente de 16 a 18 l/s/km<sup>2</sup> (SUDERHSA (1998, p. 7, 9, 11 e 14).

A cobertura vegetal original predominante era a floresta subcaducifolia subtropical, com *Araucária angustifolia*, e segundo KLEIN (1962, p. 93) essa apresentava estratos arbóreos superior e inferior, e um arbustivo. No estrato superior, predominavam as matas de pinheiro, enquanto que no inferior por um sub-bosque de imbuía, sassafrás, canela coqueira e erva-mate. O estrato arbustivo caracterizava-se pela presença de fumo-bravo e o tapexingui.

Na bacia do rio Ribeirão da Onça a litologia e a morfologia são as principais responsáveis pelos diferentes tipos de solo. Os solos menos profundos que se desenvolvem sobre rochas quartzíticas, são solos litólicos, arenosos, de coloração cinza-clara ou avermelhada, muito instáveis, podendo ser facilmente transportados por processos erosivos (BONACIM, 1996, p. 30).

Este autor, também destaca que nos filitos e em outras rochas metassedimentares síltico-argilosas, o solo se apresenta com profundidade média de 1,0 a 1,5 m, texturas argilosas ou síltico-argilosas, de coloração vermelha e amarelada, caracterizados por Cambissolos no relevo ondulado e litólicos no relevo forte ondulado. Em rochas carbonáticas, os solos de coloração avermelhada, com espessuras de 2 a 3 m são freqüentemente Podzólico Vermelho Escuro no relevo forte ondulado e ondulado, Latossolo Vermelho Escuro no relevo ondulado, e nas áreas planas Cambissolos argilosos ricos em matéria orgânica.

Nos diques de diabásio, ocorrem solos argilosos de coloração avermelhada, do tipo Latossolo Roxo em relevo ondulado e suave ondulado, da mesma forma que Terra

Roxa Estruturada Similar nas áreas de relevo ondulado e forte ondulado. Também podem ser observados solos Litólicos em áreas de relevo ondulado a montanhoso.

## 3.2 BASE CARTOGRÁFICA E GEOPROCESSAMENTO

Os recursos materiais utilizados foram os seguintes: carta topográficas da COMEC SG-22-X-D-I4-NO-B, SG-22-X-D-I4-NO-A, SG-22-X-D-I2-SO-F, SG-22-X-D-I2-SO-E e a SG-22-X-D-I4-NO-C, ano 1976, escala 1:10.000 e imagens de Satélite Landsat-TM, nas bandas 3, 4 e 5 de 1999.

No princípio, a carta topográfica foi scannerizada e a área da bacia foi digitalizada em CAD - *Computer Aided Design*, utilizando-se o software *MicroStation*. Posteriormente foram importados os planos de informações gerados para o software *Arc View 3.2*, que após o georeferenciamento, ou seja, da adequação a um sistema de coordenadas geográficas, as informações foram analisadas com o auxílio das ferramentas disponíveis pelo sistema de informações geográfica.

De posse das imagens de satélite, Landsat-TM, resolução de 30 m por pixels, nas bandas 3, 4 e 5 de 1999 e com o auxílio do software *Spring 3.4*, classificou-se o uso da terra de forma supervisionada com auxílio do GPS.

O método de classificação utilizado para analisar as imagens de satélite foi o da máxima verossimilhança, que considera a ponderação das distâncias das médias, conforme descrevem CRÓSTA (1993, p. 119) e LILLESAND & KIEFER (1987, p.673).

### 3.2.1 Perfil Longitudinal

O perfil longitudinal de duas nascentes foi traçado com o objetivo de avaliar altimetricamente os pontos de entrada de água nos poços de captação em relação ao exutório do rio principal.

Seguindo os cursos d'água, próximos dos poços de captação, da nascente até a sua foz, representou-se em um eixo de coordenadas x e y, à distância e a altitude. Projetou-se nesse a altitude dos referidos poços, bem como, o nível estático e de entrada de água no poço.

### 3.3 DADOS DE ANÁLISE

Dados diários meteorológicos (precipitação, temperatura, umidade relativa do ar, insolação, radiação solar e velocidade do vento) e pluviométricos (vazão) foram utilizados para estimar a evapotranspiração potencial e real, avaliar os processos hidrológicos e estabelecer o balanço hídrico da bacia do rio Ribeirão da Onça.

#### 3.3.1 Dados Pluviométricos

O presente trabalho utilizou os dados pluviométricos de dois pontos: Estação Colombo (código: 02549090) e Estação Capivari (código: 02549108), operadas pela SUDERHSA, conforme mostra a Tabela 2 e o Anexo 1.

Tabela 2 - Estações Pluviométricas

Código	Nome da Estação	Local	Latitude	Longitude	Altitude (metros)	Data início	Data Final
02549090	Colombo	Sede Colombo	25°17'00"S	49°14'00"W	977	01/05/87	*
02549108	Capivari	Várzea Capivari	25°15'05"S	49°09'20"W	880	01/07/97	*

FONTE: SUDERHSA (2001)

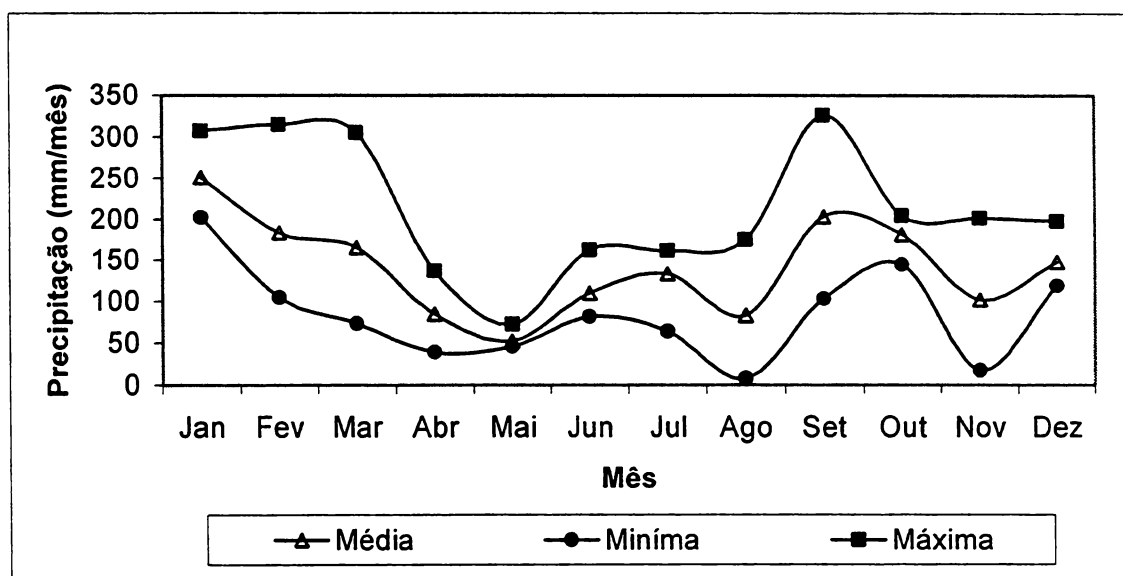
NOTA: \* Estação em atividade.

A precipitação média na bacia foi obtida pelo método da média aritmética entre as duas estações. A Figura 9 representa a distribuição de valores médios,

máximos e mínimos mensais da precipitação na bacia do rio Ribeirão da Onça, no período de 1997 a 2000.

Na análise dos dados de precipitação, as lacunas nas observações, devido a problemas com os aparelhos de registro e/ou com o operador, foram preenchidas pelo método da regressão linear. BERTONI e TUCCI (2000, p. 182), afirmam que o método da regressão linear é o mais aprimorado para o preenchimento de falhas.

Figura 9 - Valores Médios, Mínimo e Máximo Mensais de Precipitação das Estações Pluviométrica Colombo (02549090) e Capivari (02549108), do Período de 1997 a 2000.



FONTE: SUDERHSA (2001).

### 3.3.2 Dados Fluviométricos

Os dados fluviométricos utilizados foram de quatro pontos dentro da bacia do rio Ribeirão da Onça, que são Batistão (código: 81290200), Gasparim (código: 81290300), Olivério (código: 81290400) e Monte da Ponte (código: 81290500), caracterizando sub-bacias hidrográficas, monitorados pela SUDERHSA, (Tabela 3 e Anexo 2). Nestes pontos de medição de vazão, o monitoramento está sendo realizado



por moradores da região, diariamente, através da leitura das Réguas de Vazão, como também dados de vazões captadas de cinco poços, referenciados na Tabela 4 e mostrados na Figura 10.

A bacia foi subdividida para proporcionar a análise dos processos hidrológicos em cada sub-bacia hidrográfica a fim de avaliar suas especificidades.

Tabela 3 - Estações Fluviométricas

Código	Nome da Estação	Local	Latitude	Longitude	Área de Drenagem (Km <sup>2</sup> )	Altitude (metros)	Data início	Data Final
81290200	Batistão	Curso Superior	25°16'05"S	49°11'17"W	5,370	940	01/10/98	*
81290300	Gasparim	Curso Médio	25°16'01"S	49°11'11"W	8,191	940	24/07/97	*
81290400	Olivério	Curso Inferior	25°16'01"S	49°10'42"W	9,853	935	24/07/97	*
81290500	Monte Ponte	Exutório	25°16'03"S	49°10'12"W	16,118	916	07/07/97	*

FONTE: SUDERHSA (2001).

NOTA: \* Estação em atividade.

Tabela 4 - Localização dos Poços de Captação

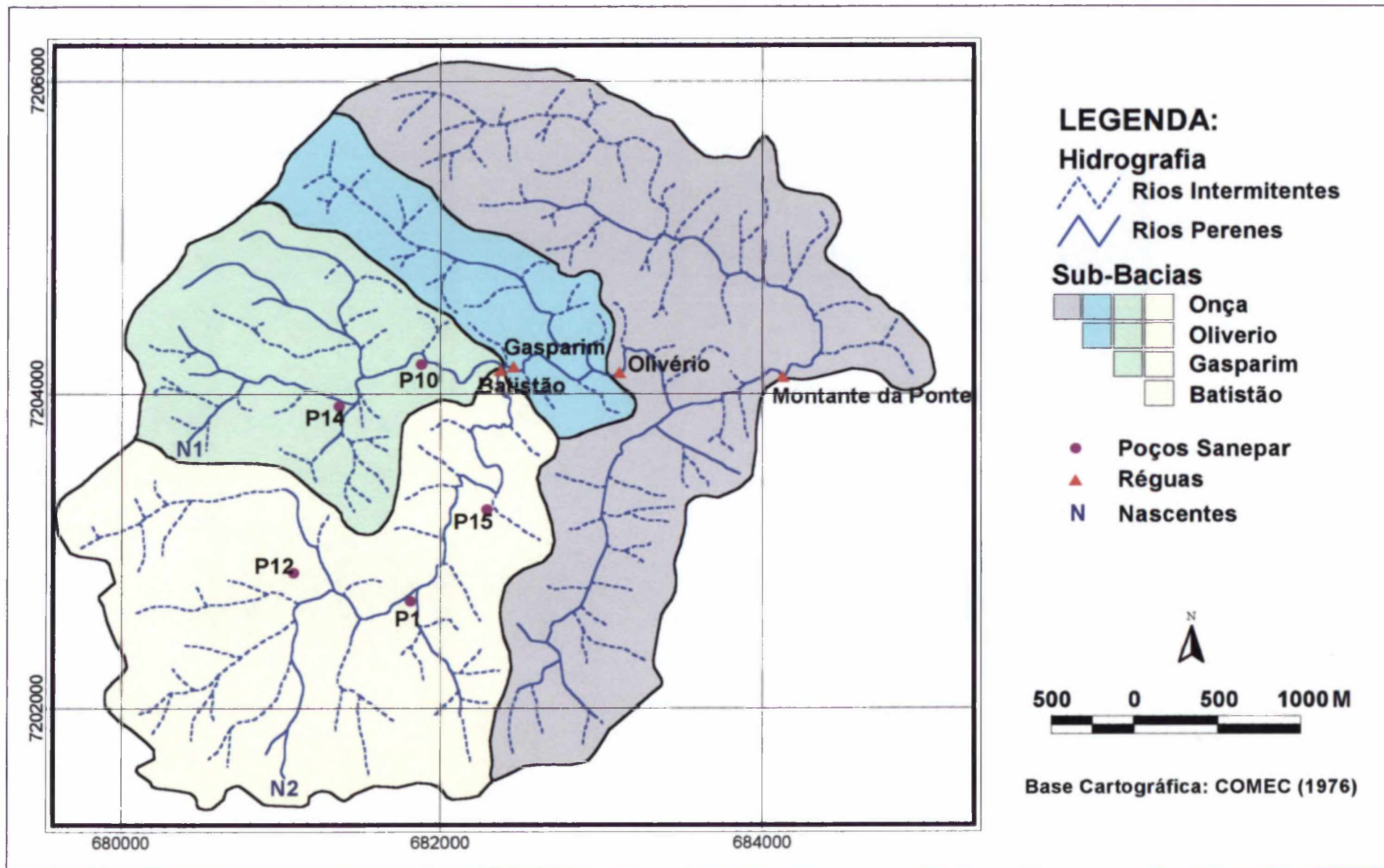
Código	Latitude	Longitude
P1	25°16'53"S	49°11'37"W
P10	25°16'05"S	49°11'35"W
P12	25°16'50"S	49°12'07"W
P14	25°16'11"S	49°11'50"W
P15	25°11'32"S	49°11'17"W

FONTE: O autor

A vazão dos poços em m<sup>3</sup>/s foram transformadas em uma lâmina de água de altura uniforme (mm) sobre a área da bacia e das sub-bacias, associada a um período de tempo, o dia, considerando que o período de bombeamento dos poços são de 20 horas diárias.



**Figura 10 - Bacia e Sub-Bacias do Rio Ribeirão da Onça**



### 3.3.3 Dados Meteorológicos

Os dados meteorológicos diários utilizados foram temperatura (°C), umidade relativa do ar média (%), insolação total (horas), radiação solar média (W/m<sup>2</sup>) e velocidade do vento acumulada (Km) da Estação de Piraquara (02549041), monitorados pelo IAPAR (Tabela 5), por ser a mais próxima da área de estudo e estar localizada em uma área onde os impactos da urbanização são menos intensos, quando comparada com a Estação de Curitiba, apresentando assim a Estação de Piraquara uma maior similaridade com as características da área estudada.

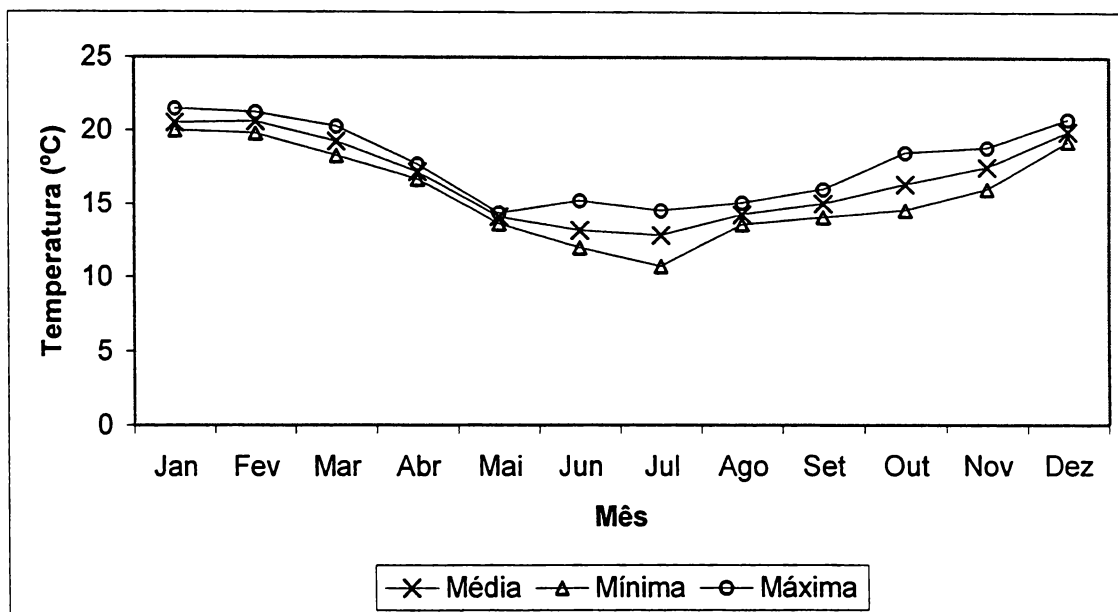
Tabela 5 - Estação Meteorológica de Piraquara

Estação Meteorológica	
Código	2549041
Nome da Estação	Piraquara
Local	Pinhais
Altitude (metros)	930
Latitude	25° 25' 00" S
Longitude	49° 08' 00" W

FONTE: IAPAR (2001).

A Figura 11 mostra a distribuição de valores médios mensais da temperatura do ar, respectivamente segundo dados da Estação Meteorológica de Piraquara, do período de 1997 a 2000.

Figura 11 - Valores Médios, Mínimos e Máximos Mensais da Temperatura do Ar da Estação Meteorológica de Piraquara de 1997 a 2000.



FONTE: IAPAR (2001).

### 3.4 ANÁLISE DE DADOS HIDROLÓGICOS

#### 3.4.1 Método de PENMAN Modificado (DOORENBOS & PRUIT, 1977)

O método de PENMAN Modificado requer os seguintes parâmetros diários: temperatura média (graus Celsius), radiação solar média ( $\text{Watts/m}^2$ ), insolação (horas/dia), umidade relativa do ar média (%) e velocidade média do vento (Km/hora), e estima a ETP diária.

A Evapotranspiração Potencial (ETP) é obtida pela seguinte equação:

$$ETP = C \left[ \underbrace{W \cdot R_n}_{\text{Componente da Radiação}} + \underbrace{(1-W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)}_{\text{Componente Aerodinâmico}} \right] \quad (1)$$

onde:

$ETP$  é a evapotranspiração potencial (mm/dia);

$C$  é o fator de correção da fórmula (adimensional) para compensar o efeito do dia e da noite nas condições climáticas, relaciona a radiação solar, a umidade relativa máxima e a velocidade do vento diária e noturna. Para a região em questão, segundo DOORENBOS e PRUIT (1979, p. 28), adotou-se o valor tabelado de 1,10;

$W$  é o fator de ponderação relacionado com a temperatura e altitude (adimensional);

$R_n$  é a radiação líquida (mm/dia);

$f(u)$  é a função relacionada com o vento (adimensional);

$(ea - ed)$  é a diferença entre a pressão de saturação do vapor d'água em ' $ea$ ' e da pressão de saturação real do vapor no ar ' $ed$ ' (mbar).

As variáveis e métodos de cálculo são:

$e_a$  é a pressão de saturação do vapor d'água em mmHg (milímetros/mercúrio). É em função da temperatura do ar (termômetro de bulbo seco). Este valor é constante para cada temperatura, podendo ser expresso tanto em mbar como em mmHg (1mbar = 1,33 mmHg). Na Tabela 6, obtém-se ' $ea$ ' em mmHg.

$$e_d = e_a \left[ \frac{U_r}{100} \right] \quad (2)$$

onde:

$ed$  é a pressão real de vapor em mbar. É a pressão do vapor de água em relação ao ponto de saturação do ar;

$U_r$  é a umidade relativa do ar em %.

$$f(u) = 0,27 \left[ \frac{1+U_2}{100} \right] \quad (3)$$

Tabela 6 - Pressão Máxima do Vapor, sobre a Água em mmHg ( $e_a(t)$ ).

t (°C)	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
4°	6,10	6,14	6,19	6,23	6,27	6,32	6,36	6,41	6,45	6,50
5°	6,54	6,59	6,64	6,68	6,73	6,78	6,82	6,87	6,92	6,97
6°	7,01	7,06	7,11	7,16	7,21	7,26	7,31	7,36	7,41	7,46
7°	7,51	7,57	7,62	7,67	7,72	7,78	7,83	7,88	7,94	7,99
8°	8,05	8,10	8,16	8,21	8,27	8,32	8,38	8,44	8,49	8,55
9°	8,61	8,67	8,73	8,79	8,85	8,91	8,97	9,03	9,09	9,15
10°	9,21	9,27	9,33	9,40	9,46	9,52	9,59	9,65	9,71	9,78
11°	9,84	9,91	9,98	10,04	10,11	10,18	10,24	10,31	10,38	10,45
12°	10,52	10,59	10,66	10,73	10,80	10,87	10,94	11,01	11,09	11,16
13°	11,23	11,31	11,38	11,45	11,53	11,60	11,66	11,76	11,83	11,91
14°	11,99	12,07	12,14	12,22	12,30	12,38	12,46	12,54	12,62	12,71
15°	12,79	12,87	12,95	13,04	13,12	13,21	13,29	13,38	13,46	13,55
16°	13,63	13,72	13,81	13,90	13,99	14,08	14,17	14,29	14,35	14,44
17°	14,53	14,62	14,72	14,81	14,90	15,00	15,09	15,19	15,28	15,38
18°	15,48	15,58	15,67	15,77	15,87	15,97	16,07	16,17	16,27	16,37
19°	16,48	16,58	16,69	16,76	16,89	17,00	17,11	17,21	17,32	17,43
20°	17,54	17,64	17,75	17,86	17,97	18,09	18,20	18,31	18,45	18,54
21°	18,65	18,77	18,88	19,00	19,11	19,23	19,35	19,47	19,59	19,71
22°	19,83	19,95	20,07	20,19	20,32	20,44	20,57	20,69	20,82	20,94
23°	21,07	21,20	21,37	21,45	21,58	21,71	21,85	21,98	22,11	22,24
24°	22,38	22,51	22,65	22,79	22,92	23,06	23,20	23,34	23,48	23,62
25°	23,76	23,90	24,04	24,18	24,32	24,47	24,62	24,76	24,91	25,06
26°	25,21	25,36	25,51	25,66	25,81	25,96	26,12	26,27	26,46	26,58
27°	26,74	26,90	27,06	27,21	27,37	27,54	27,70	27,86	28,02	28,19
28°	28,35	28,51	28,68	28,85	29,02	29,18	29,35	29,53	29,70	29,87
29°	30,04	30,22	30,39	30,57	30,75	30,92	31,10	31,28	31,46	31,64
30°	31,82	32,01	32,19	32,38	32,56	32,75	32,93	33,12	33,31	33,50
31°	33,70	33,89	34,08	34,28	34,47	34,67	34,86	35,06	35,26	35,46
32°	35,66	35,87	36,07	36,27	36,48	36,98	36,89	37,10	37,31	37,52
33°	37,73	37,94	38,16	38,37	38,58	38,80	39,02	39,24	39,46	39,68
34°	39,90	40,12	40,34	40,57	40,80	41,02	41,25	41,48	41,71	41,94
35°	42,18	42,41	42,64	42,88	43,12	43,36	43,60	43,84	44,08	44,32

FONTE: OMETTO (1981, p. 178).

onde:

$U_2$  é a velocidade média diária do vento em km/dia, obtida a dois metros acima da superfície do solo.

$$\frac{U_2}{U_{10}} = \frac{Z_2^{1/7}}{Z_{10}} \quad (4)$$

onde:

$U_{10}$  é a velocidade média diária do vento km/dia, obtida a 10 m acima da superfície do solo;

$Z_2$  é a altura de 2 m acima da superfície do solo;

$Z_{10}$  é a altura de 10 m acima da superfície do solo;

$(I-W)$  é o fator de ponderação correspondente aos efeitos do vento e da umidade sobre a *ETP*. Os valores de  $(I-W)$  e sua relação com a temperatura média diária e a altura estão relacionados na Tabela 7.

Tabela 7 - Valores do Fator de Ponderação  $(I-W)$  para os Efeitos do Vento e da Umidade sobre o *ET* a Diferentes Temperaturas e Altitudes.

Altitude (metro)	Temperatura (°C)											
	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
0	0,42	0,39	0,36	0,34	0,32	0,29	0,27	0,25	0,23	0,22	0,20	0,18
500	0,45	0,38	0,35	0,33	0,30	0,28	0,26	0,24	0,22	0,21	0,19	0,18
1000	0,39	0,36	0,34	0,31	0,29	0,27	0,25	0,23	0,21	0,20	0,18	0,17
2000	0,36	0,34	0,31	0,27	0,27	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15

FONTE: DOORENBOS e PRUIT (1979, p. 24)

$$R_s = \left[ a + b \frac{n}{N} \right] R_a \quad (5)$$

onde:

$R_s$  é a radiação solar. É a fração de radiação extraterrestre ( $R_a$ ) absorvida pela superfície da terra;

$a$  e  $b$  são coeficientes de Angstrom  $a = 0,29$  e  $b = 0,42$  proposto por Glover e McCulloch;

$n$  é o número de horas diárias de insolação;

$N$  é o número máximo possível de horas do dia;

$R_a$  é a quantidade de radiação solar recebida na parte superior da atmosfera, depende da latitude e do mês do ano, expressa em equivalente de vapor (mm/dia)

Tabela 8.

$$R_m = (1 - \beta) R_s \quad (6)$$

em que:

$R_m$  é a radiação solar líquida de ondas curtas em mm/dia. É função da relação ( $n/N$ ) e do coeficiente de reflectância (*albedo*) de uma superfície;

$\beta$  é o coeficiente de reflectância. Valores de 0,05 para superfícies livres de água, 0,15 para solo sem vegetação e 0,23 para superfícies com vegetação, são aceitos geralmente segundo PENMAN (1948).

Tabela 8 - Radiação que Chega no Topo da Atmosfera ( $R_a$ ), em mm/dia

Lat. Sul	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
20°	17,3	16,5	15,0	13,0	11,0	10,0	10,4	12,0	13,9	15,8	17,0	17,4
22°	17,4	16,5	14,8	12,6	10,6	9,6	10,0	11,6	13,7	15,7	17,0	17,5
24°	17,5	16,5	14,6	12,3	10,2	9,1	9,5	11,2	13,4	15,6	17,1	17,7
26°	17,6	16,4	14,4	12,0	9,7	8,7	9,1	10,9	13,2	15,5	17,2	17,7
28°	17,7	16,4	14,3	11,6	9,3	8,2	8,6	10,4	13,0	15,4	17,2	17,8
30°	17,8	16,4	14,0	11,3	8,9	7,8	8,1	10,1	12,7	15,3	17,3	17,9

FONTE: DOORENBOS e PRUIT (1979, p. 25)

$$R_m = f(t) \cdot f(e_d) \cdot f(n/N) \quad (7)$$

onde:

$R_{nl}$  é a radiação solar líquida de ondas longas. É a diferença entre toda a radiação recebida e a reflectida de ondas longas, em função da temperatura real de vapor ( $e_d$ ) e da relação ( $n/N$ ) expressa em mm/dia;

$f(t)$  é a função da temperatura média do ar, obtido na Tabela 9.

$f(e_d)$  é a função da pressão real de vapor, alcançado pela equação:

$$f(e_d) = 0,34 - 0,044 \sqrt{e_d} \quad (8)$$

$f(n/N)$  é a função da relação  $n/N$ , levantado por meio da equação:

$$f(n/N) = 0,1 + 0,9 n/N \quad (9)$$

Tabela 9 - Correção para a Temperatura  $f(t)$  com Relação à Radiação de Ondas Curtas ( $R_{nl}$ ).

t (°C)	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
f(t)	13,5	13,8	14,2	14,6	15,0	15,4	15,9	16,3	16,7	17,2	17,7

FONTE: DOORENBOS e PRUIT (1979, p. 27)

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (10)$$

onde:

$R_n$  é a radiação total líquida. É a diferença entre toda a radiação incidente e toda a refletida, que se expressa em mm/dia.

O método PENMAN usa o número de horas incidentes, que nas estações automáticas não é mais medido, mas sim a radiação solar ( $R_s$ ). Em consequência



disso, uma forma de se obter o número de horas incidentes é proposto por DIAS e KAN (1999), pela seguinte equação:

$$R_s \downarrow = R_{sea} \left( a + b \frac{n}{N} \right) \quad (11)$$

onde:

$n$  é o número de horas de brilho do sol medido num heliógrafo ao longo do dia;

$a$  e  $b$  são valores tabelados para a latitude, no caso de Curitiba/PR:  $a = 0,2140$  e

$b = 0,852$ ;

$R_s \downarrow$  é a radiação solar incidente;

$R_{sea}$  é a radiação solar extra-atmosférica;

$N$  é a duração do dia em horas possível de insolação.

$$N = \frac{24h}{\pi} \quad (12)$$

onde:

$$h = \arccos (- \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta) \quad (13)$$

onde:

$h$  é o ângulo horário, em radianos;

$\delta$  é a declividade do sol, em radianos;

$\varphi$  é a latitude do local, em radianos.

sendo:

$$\delta = 0,409 \cos \left( 2\pi \frac{d - d_r}{d_a} \right) \quad (14)$$

onde:

$d$  é o dia corrido do ano entre 1 e 365 ou 366 dependendo de o ano ser ou não bissexto;

$d_r$  é o dia corrido do ano correspondente a 22 de junho (solstício de inverno), igual a 173 ou 174;

$d_a$  é o número de dias do ano (365 ou 366).

$$R_{sea} = \frac{R_{s0}}{\pi\eta^2} [h \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} \delta + \cos \varphi \cos \delta \operatorname{sen} h] \quad (15)$$

onde:

$R_{s0}$  é a constante solar, igual a  $1354 \text{ Wm}^{-2}$ ;

$\eta$  é a distância Sol-Terra em unidades astronômica.

$$\eta = \frac{1 - e^2}{1 + e \cos \left( 2\pi \frac{d - d_p}{d_a} \right)} \quad (16)$$

onde:

$e$  é a excentricidade da órbita terrestre, igual a 0,0167;

$d_p$  é o dia do ano correspondente ao periélio, igual a 3.

### 3.4.2 Método do Balanço Hídrico

A ETR, também pode ser calculada pelo método do balanço hídrico, por meio da equação:

$$ETR = P - Q - Q_p - \Delta S - \Delta G - INF \quad (17)$$

onde:

$ETR$  é a evapotranspiração real;

$P$  é a precipitação;

$Q$  é o escoamento superficial;

$Q_p$  é a água captada da bacia hidrográfica;

$\Delta S$  é a água armazenada dentro de uma zona radicular;

$\Delta G$  é a água abaixo da zona radicular;

$INF$  é a infiltração.

Admitindo que  $\Delta S$ ,  $\Delta G$  e  $INF$  para longos períodos de tempo se anulam a equação (18) torna-se:

$$ETR = P - Q - Q_p \quad (18)$$

### 3.4.3 Estimativa da Evapotranspiração Real

Para estimar a ETR mensal, obteve-se um coeficiente de correlação mensal, por meio da correlação entre as médias históricas mensais da ETP (PENMAN) e a ETR (CRAE), proposta por MORTON (1976, 1978 e 1982), equação 17, que multiplicado pela ETP (PENMAN) mensal do mês de referência estimada, fornece a ETR mensal do mês em questão.

$$K_m = \frac{ETP}{ETR} \quad (19)$$

sendo:

$K_m$  é o coeficiente de relação mensal.

### 3.5 ARMAZENAMENTO DA ÁGUA

MOSLEY (1979, p. 796) destaca que a quantidade aproximada de armazenamento de água em uma bacia hidrográfica pode ser estimada a partir da precipitação e do escoamento de base.

A quantidade aproximada de armazenamento de água na bacia hidrográfica é dada pelo Índice de Precipitação Antecedente (API) em mm, afirma MOSLEY (1979, p. 796). A definição do API é:

$$API = \sum \left( \frac{P_i}{i} \right) \quad (20)$$

onde:

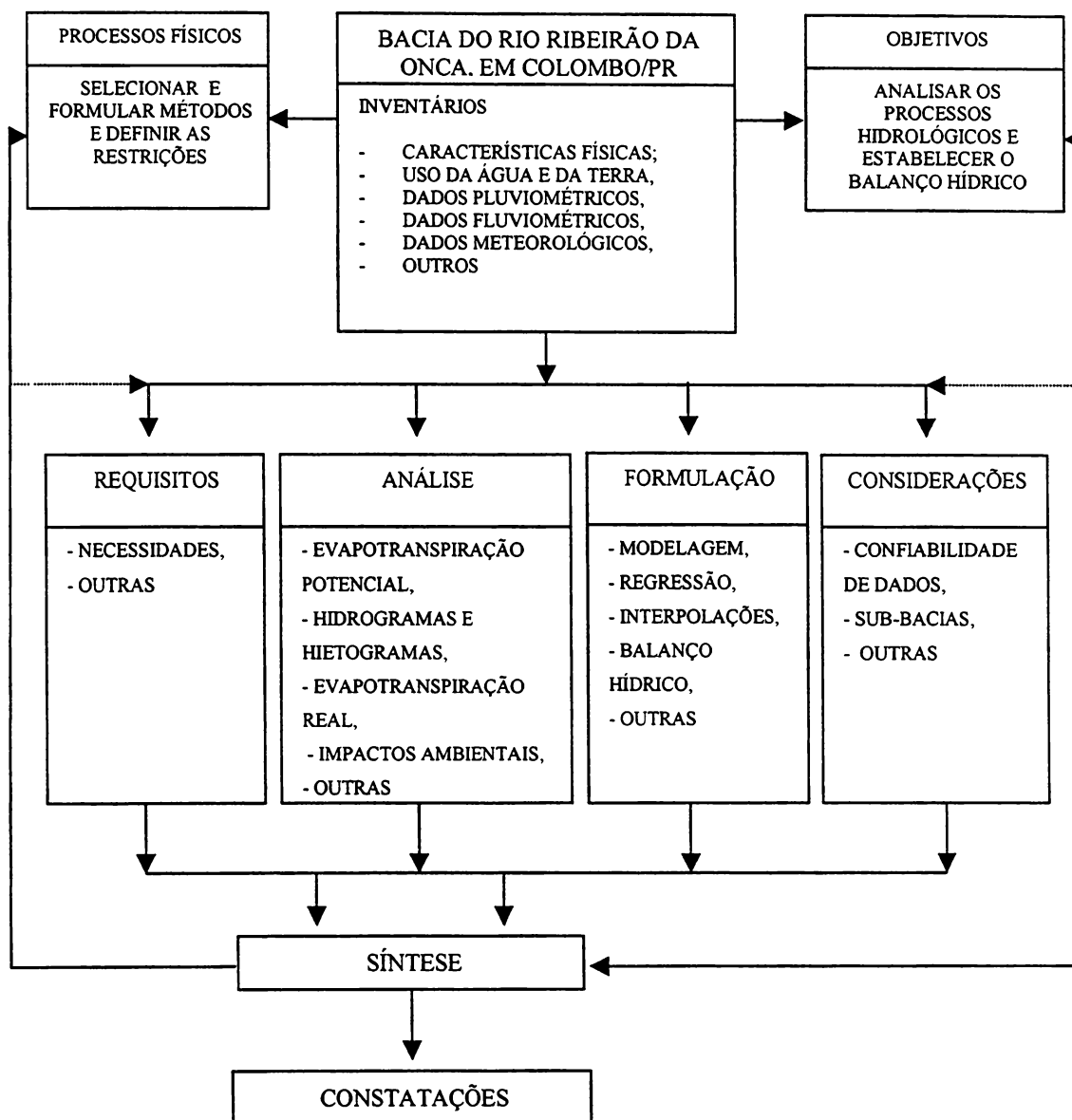
$i$  é o  $i$ -gésimo dia anterior ao evento da precipitação (1 a 30);

$P_i$  é a precipitação diária em mm/dia.

### 3.6 ESQUEMA APLICADO NO ESTUDO DA BACIA DO RIO RIBEIRÃO DA ONÇA

O fluxograma abaixo (Figura 12), foi desenvolvido e utilizado para analisar os processos hidrológicos da bacia hidrográfica do rio Ribeirão da Onça, em seu contexto natural.

Figura 12 - Fluxograma Aplicado no Estudo da Bacia do Rio Ribeirão da Onça/Colombo.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 USO DA TERRA

A Figura 13 do uso da terra da bacia do rio Ribeirão da Onça mostra-se essencialmente rural, caracterizada por pequenas lavouras, destinadas principalmente ao cultivo da olericultura, identificadas como áreas cultivadas (Tabela 10). Constata-se também a existência de uma área significativa com cobertura vegetal.

Tabela 10 - Áreas dos Tipos de Uso da Terra da Bacia do Rio Ribeirão da Onça.

Uso da Terra	Área (km <sup>2</sup> )	%
Vegetação Arbórea	5,049	31,33
Vegetação Herbácea e Arbustiva	3,395	21,06
Áreas Edificadas	1,133	7,03
Áreas Cultivadas	6,541	40,58
Total	16,118	100

### 4.2 PERFIL LONGITUDINAL

A Figura 14 destaca o perfil longitudinal de duas nascentes do rio Ribeirão da Onça, e a projeção altitudinal dos poços de captação em relação ao curso d'água.

Na Figura 14, verifica-se que a entrada de água nos poços P1, P10, P12 e P14, se processam em um nível altimétrico superior ao da foz da bacia do rio Ribeirão da Onça. Enquanto, os poços P12 e P15 apresentam entrada d'água em um nível altimétrico inferior ao da foz do rio Ribeirão da Onça. Percebe-se também, que o nível estático dos poços de captação apresenta nível altimétrico semelhante ao nível de água dos cursos d'água.

**Figura 13 - Uso da Terra da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, em 1999.**

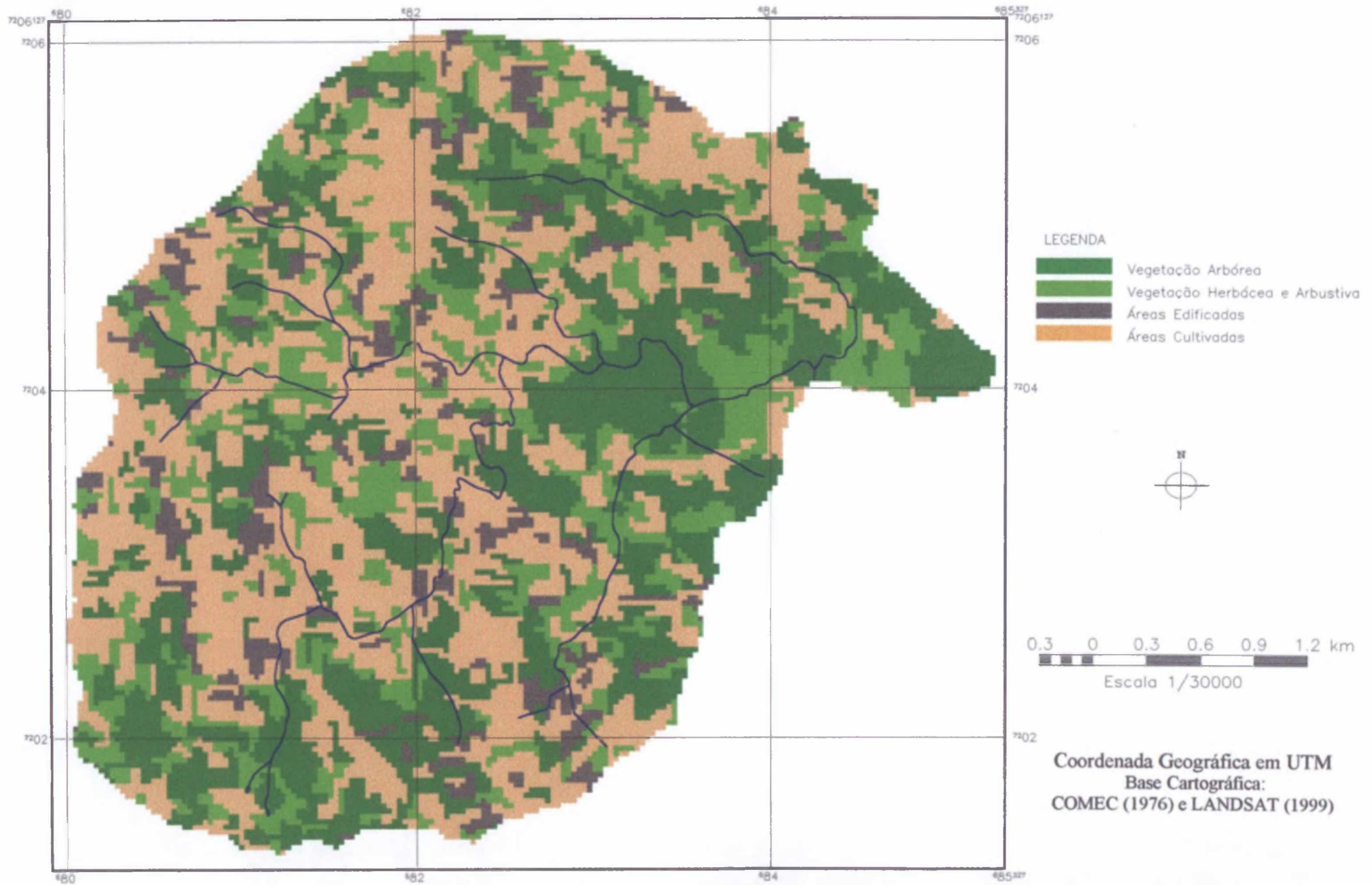
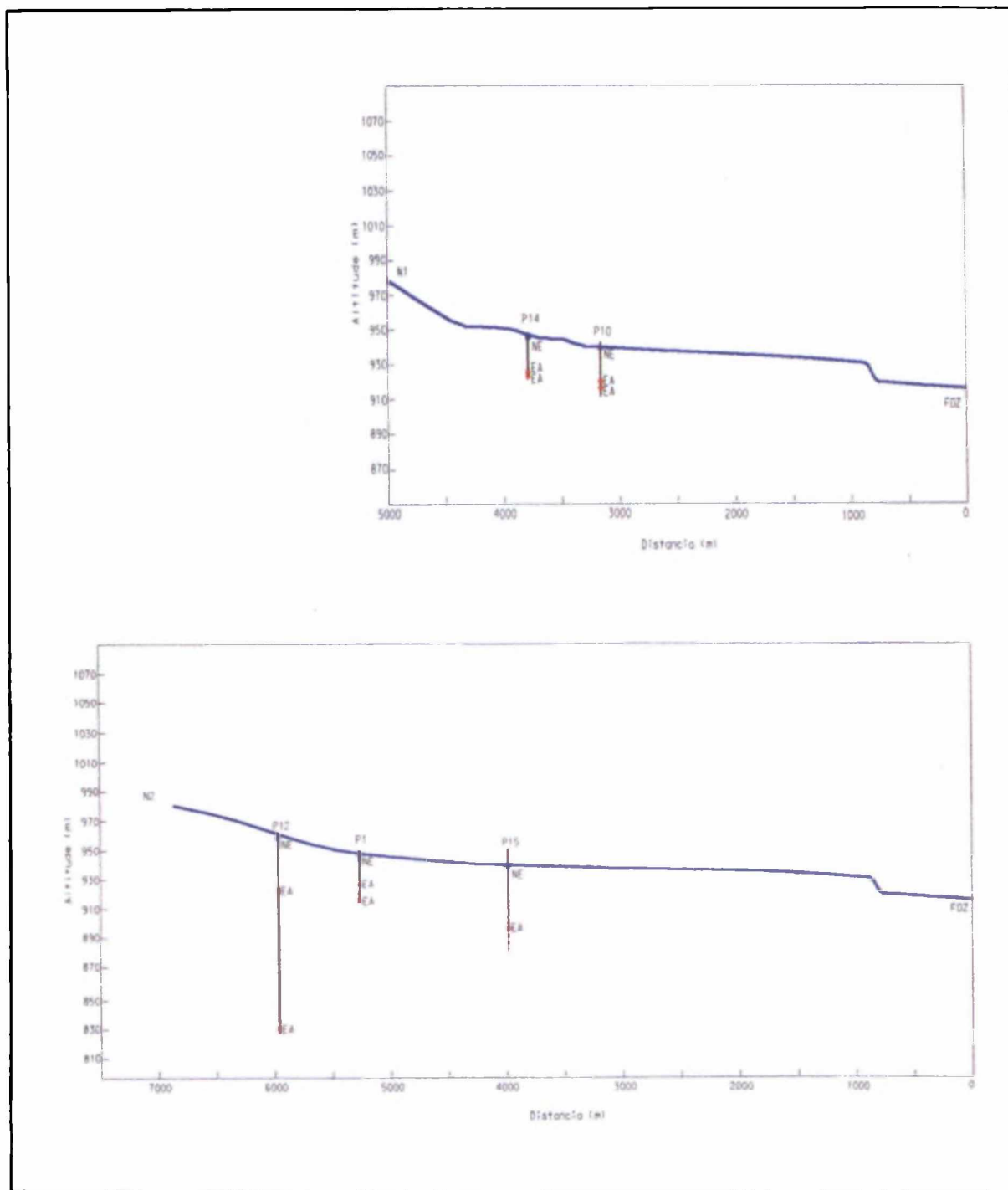


Figura 14 - Perfil Longitudinal de duas Nascentes do Rio Ribeirão da Onça.



FONTE: SILVA<sup>13</sup> (2001).

NOTA: N1 e N2 são nascentes do rio Ribeirão da Onça, EA é o local de entrada de água no poço e NE é o nível estático sem bombeamento, demonstrada na Figura 10.

<sup>13</sup> Dados de profundidade, nível estático sem bombeamento e nível de entrada d'água dos poços, foram obtidos em comunicação pessoal com o Geógrafo Rui da Silva (Agosto de 2001).



Nesse sentido, constata-se que os processos hidrológicos superficiais e subsuperficiais estão diretamente relacionados com os subterrâneos e vice-versa, visto a pouca profundidade dos poços de captação, a dinâmica dos processos hidrológicos na morfologia carste e a estrutura geológica da bacia do rio Ribeirão da Onça.

A captação de recursos hídricos acarreta oscilações e rebaixamento do nível hidrostático, que podem provocar a inversão dos fluxos subsuperficiais e subterrâneo, a diminuição o volume de água nos cursos de água, alterar as áreas de recarga e descarga do aquífero e induzir a ocorrência de acidentes geotécnicos.

#### 4.3 PROCESSOS HIDROLÓGICOS

A precipitação média anual da bacia do rio Ribeirão da Onça, para o período de 01/01/1997 a 01/01/2000 foi de 1694 mm/ano, sendo os meses de janeiro, fevereiro e setembro os mais chuvosos, já o mês de maio o que apresentou menor precipitação.

Os hidrogramas e hietogramas expõem a relação precipitação/escoamento, bem como demonstram a vazão captada para abastecimento público pela SANEPAR dos poços P1, P10, P12, P14 e P15, nestes constata-se pequenas variações nos índices captados, principalmente no ano de 1998 (Figuras 15, 16, 17).

Figura 15 - Precipitação, Vazão Fluvial e Vazão dos Poços da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, em 1998.

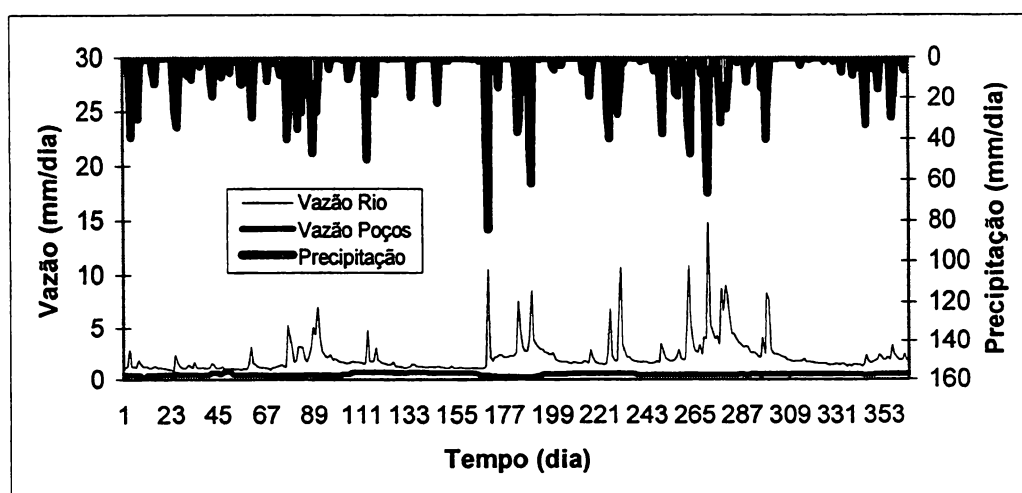


Figura 16 - Precipitação, Vazão Fluvial e Vazão dos Poços da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, em 1999.

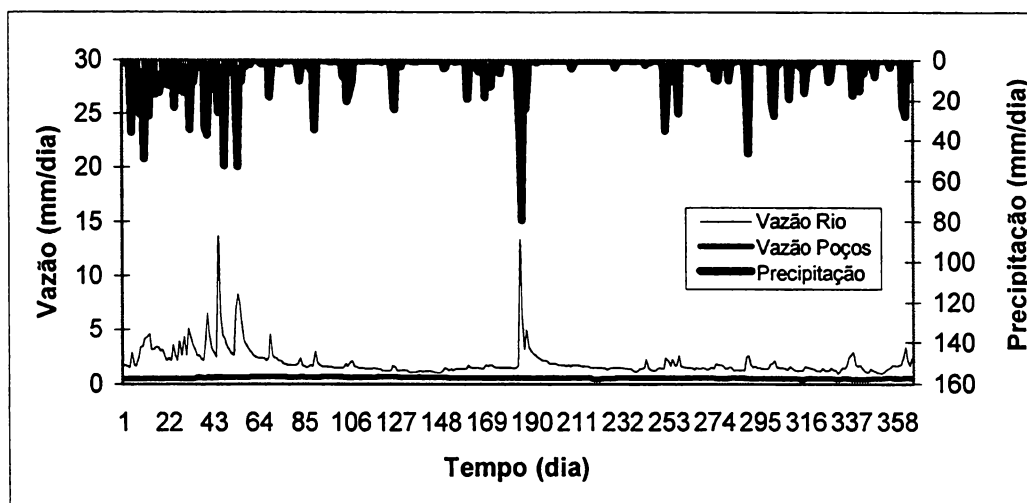
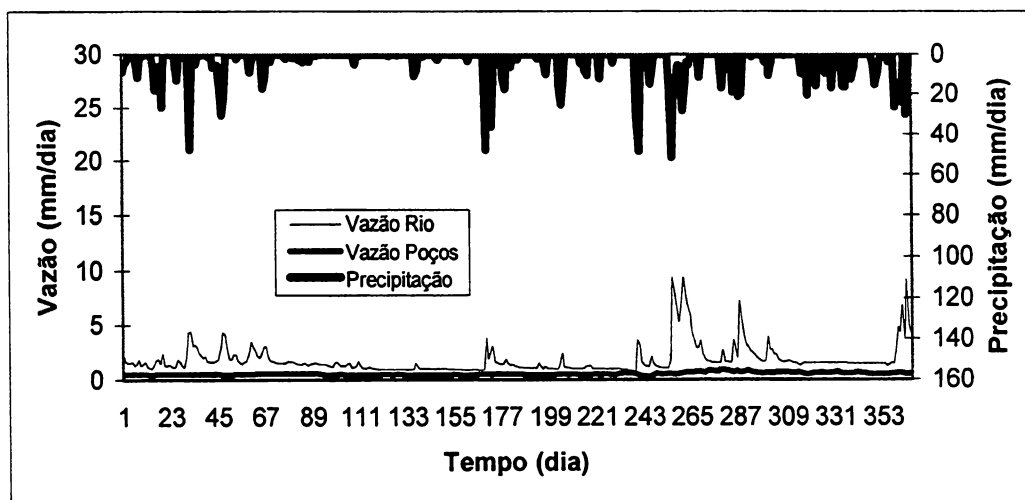


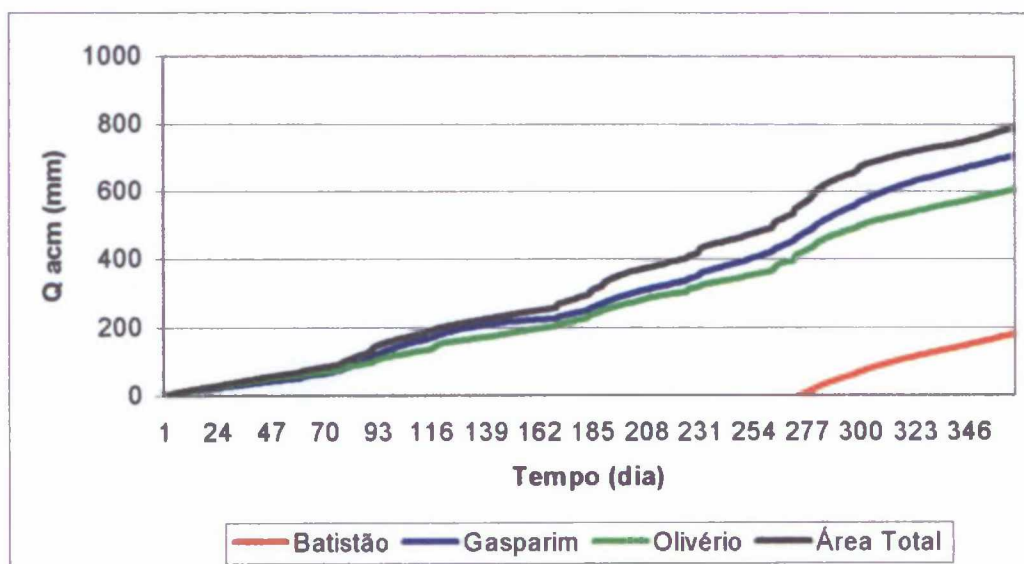
Figura 17 - Precipitação, Vazão Fluvial e Vazão dos Poços da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, em 2000.



As Figuras 18, 19 e 20 representam os dados de vazão fluvial diária acumulados das sub-bacias da bacia do rio Ribeirão da Onça, onde se percebe que a vazão fluvial apresenta variações, principalmente em 1999. Neste ano, constatou-se uma variação

maior nas tendências lineares das sub-bacias. Em 2000, a diferença entre a bacia do rio Ribeirão da Onça e as sub-bacias foram maiores.

Figura 18 - Dados Diários Acumulados da Vazão do Rio das Sub-bacias da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, em 1998.



NOTA: A Estação Batistão (código 81290200) entrou em atividade em 01/10/1998.

Figura 19 - Dados Diários Acumulados da Vazão do Rio das Sub-bacias da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, em 1999.

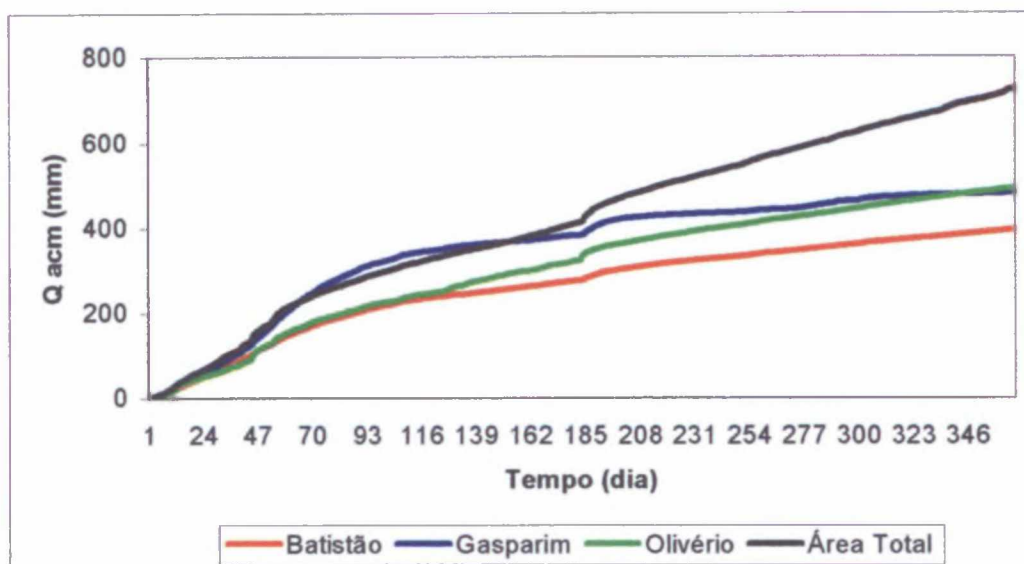
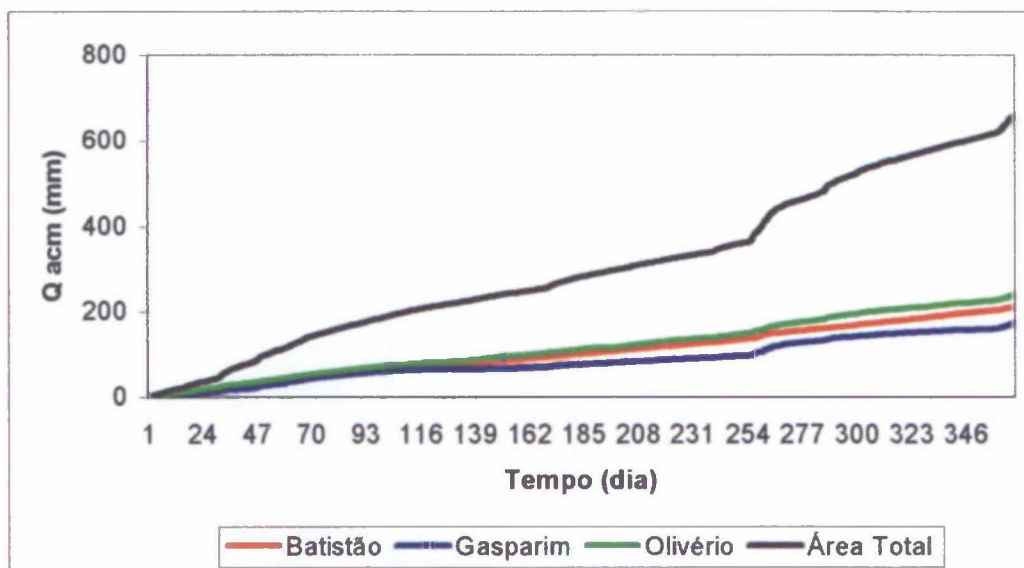


Figura 20 - Dados Diários Acumulados da Vazão do Rio das Sub-bacias da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, em 2000.

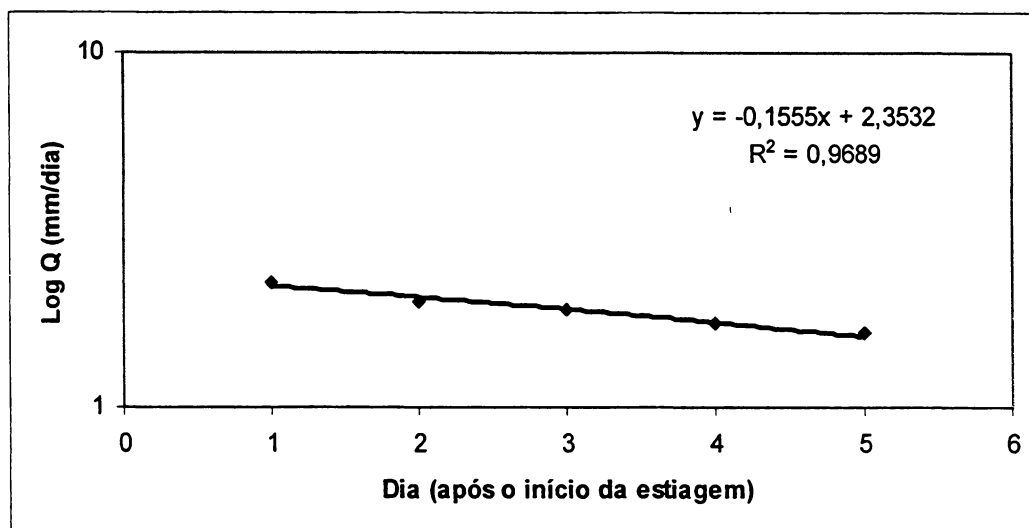


#### 4.3.1 Análise de Recessão do Escoamento de Base

Para os períodos com mais de quatro dias de estiagem, estabeleceu-se à curva de recessão do escoamento de base para os dados monitorados de julho de 1997 a dezembro de 2000 da bacia do rio Ribeirão da Onça. Os períodos com mais de quatro dias de estiagem foram adotados para obter segurança na análise da recessão. A Figura 21 mostra uma das curvas de recessão do escoamento de base.

A linha de regressão linear está expressa com a equação  $Y = -\alpha X + \beta$ . O valor de  $\alpha$  da equação é definido como o coeficiente de recessão, implicando na velocidade de redução da vazão na forma potencial.

Figura 21 - Curva de Recessão do Período entre 19/11/00 a 25/10/00.



As equações de regressão linear para os 37 períodos de estiagem estão tabuladas na Tabela 11. Nos períodos de estiagem de 17/11/98 a 21/11/98 e 06/12/00 a 13/12/00, a vazão no exutório da bacia do rio Ribeirão da Onça, manteve-se constante. Enquanto os períodos de 23/07/97 a 27/07/97, 30/07/97 a 03/08/97, 19/05/98 a 26/05/98, 19/05/99 a 23/05/99, 25/05/99 a 29/05/99, 03/09/99 a 07/09/99, 17/11/99 a 22/11/99, 25/11/99 a 03/12/99 e 15/12/99 a 20/12/99, o coeficiente de regressão mostrou-se positivo, denotando uma peculiaridade, visto que com o passar do tempo nas épocas de estiagem a vazão na foz da bacia do rio Ribeirão da Onça aumentou em vez de diminuir.

Os valores determinados de  $\alpha$  foram relacionados com os valores da vazão inicial ( $Q_1$ ) do período de estiagem (Figura 22) e também com a vazão média ( $Q_{\text{médio}}$ ) do período (Figura 23).

As Figuras 22 e 23 mostram que o valor de  $\alpha$  apresenta pequena correlação com os valores de  $Q_1$  e  $Q_{\text{médio}}$ . Os resultados mostram que a capacidade de recarga do curso superior da bacia do rio Ribeirão da Onça, não depende da quantidade de armazenamento de água na mesma.

Tabela 11 - Intervalos de Estiagem e Equações de Regressão da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, no Período de Julho de 1997 a Dezembro de 2000.

PERÍODO	EQUAÇÃO	R <sup>2</sup>
09/07/97 a 17/07/97	$Y = -0,0241x + 860,28$	0,6432
23/07/97 a 27/07/97	$Y = 0,0643x - 2291,1$	0,4932
30/07/97 a 03/08/97	$Y = 0,0107x - 381,19$	0,0357
13/08/97 a 20/08/97	$Y = -0,0096x + 342,2$	0,1232
28/08/97 a 04/09/97	$Y = -0,014x + 501,58$	0,2058
08/04/98 a 12/04/98	$Y = -0,0858x + 3080,4$	0,7273
05/05/98 a 12/05/98	$Y = -0,0689x + 2477,1$	0,6978
19/05/98 a 26/05/98	$Y = 0,0013x - 44,688$	0,004
04/11/98 a 09/11/98	$Y = -0,0398x + 1439,5$	0,6898
17/11/98 a 21/11/98	$Y = 1501$	1
19/05/99 a 23/05/99	$Y = 0,0054x - 193,39$	0,0313
25/05/99 a 29/05/99	$Y = 0,0161x - 582,78$	0,1324
17/07/99 a 22/07/99	$Y = -0,0536x + 1950,9$	0,7368
30/07/99 a 15/08/99	$Y = -0,018x + 656,33$	0,7915
21/08/99 a 30/08/99	$Y = -0,0016x + 60,458$	0,0019
03/09/99 a 07/09/99	$Y = 0,0536x - 1950,3$	0,7143
17/09/99 a 21/09/99	$Y = -0,0107x + 391,99$	0,5
17/11/99 a 22/11/99	$Y = 0,0077x - 278,12$	0,023
25/11/99 a 03/12/99	$Y = 0,1689x - 6160,4$	0,6889
15/12/99 a 20/12/99	$Y = 0,0827x - 3018,6$	0,7266
11/03/00 a 15/03/00	$Y = -0,0214x + 786,25$	0,5
05/04/00 a 17/04/00	$Y = -0,0077x + 281,8$	0,0382
21/04/00 a 03/05/00	$Y = -0,0174x + 637,75$	0,6124
21/05/00 a 25/05/00	$Y = -0,0268x + 983,8$	0,7812
31/05/00 a 09/06/00	$Y = -0,0068x + 251,15$	0,6364
11/06/00 a 17/06/00	$Y = -0,0057x + 211,6$	0,225
04/07/00 a 09/07/00	$Y = -0,0199x + 732,08$	0,6898
17/07/00 a 21/07/00	$Y = -0,0322x + 1182,2$	0,9
25/07/00 a 31/07/00	$Y = -0,0153x + 563,66$	0,6154
05/08/00 a 09/08/00	$Y = -0,0536x + 1970,8$	0,5
19/08/00 a 26/08/00	$Y = -0,0313x + 1150,3$	0,7995
04/09/00 a 10/09/00	$Y = -0,0325x + 1198$	0,8028
27/09/00 a 04/10/00	$Y = -0,0504x + 1856,8$	0,7925
20/10/00 a 24/10/00	$Y = -0,1555x + 5725,8$	0,9689
29/10/00 a 02/11/00	$Y = -0,193x + 7109,3$	0,9337
04/11/00 a 09/11/00	$Y = -0,072x + 2653,2$	0,8889
06/12/00 a 13/12/00	$Y = 1,4473$	1

NOTA: Y é a vazão em mm/dia na escala logarítmica; X é o intervalo diário de monitoramento; R<sup>2</sup> é o coeficiente de determinação.

Figura 22 - Análise de Regressão entre os Valores da Vazão Inicial ( $Q_I$ ) na Recessão e o Coeficiente da curva de Recessão ( $\alpha$ ).

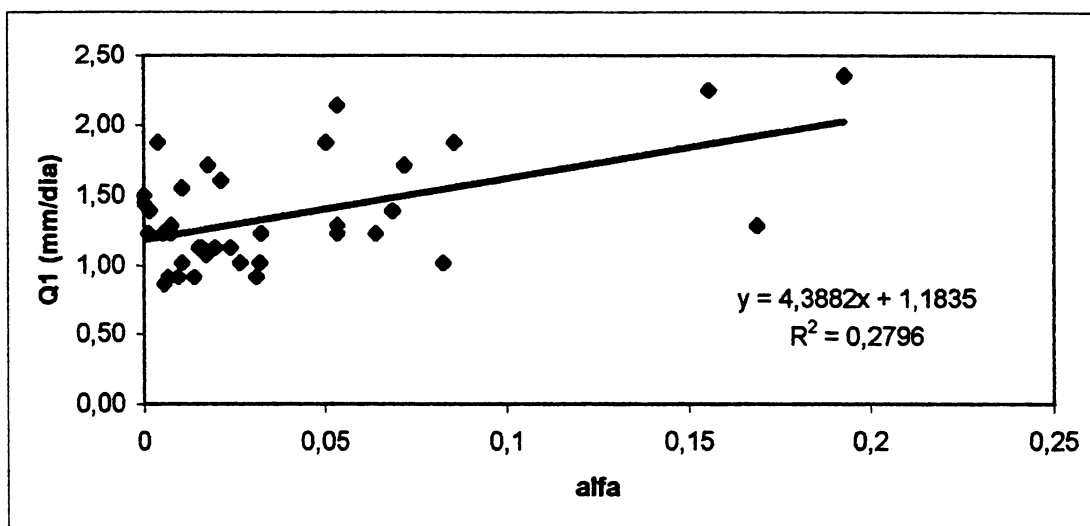
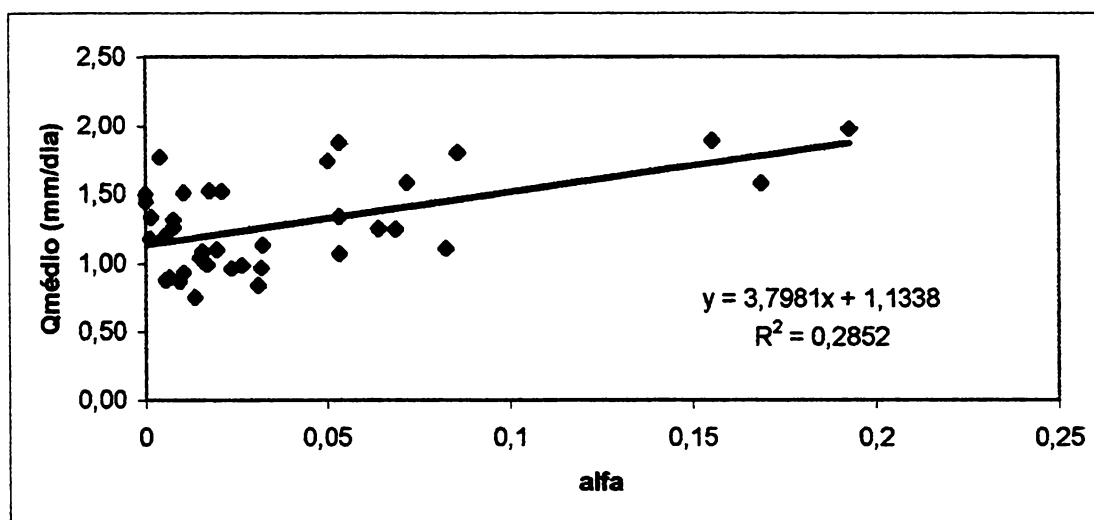


Figura 23 - Análise de Regressão entre os Valores da Vazão Média ( $Q_{média}$ ) na Recessão e o Coeficiente da curva de Recessão ( $\alpha$ ).



#### 4.3.2 Índice de Precipitação Antecedente ( $API$ )

O valor do  $API$  de cada evento quando correlacionado com o  $\alpha$ ,  $Q_I$  e  $Q_{média}$  (Figura 24, 25 e 26), mostra um grau de correlação extremamente baixo, tornando a

metodologia do API, proposta por MOSLEY (1979, p. 796), inválida para estimar a quantidade armazenada de água na bacia do rio Ribeirão da Onça.

Figura 24 - Análise de Regressão entre os Valores do Índice de Precipitação Antecedente (*API*) e o Coeficiente da curva de Recessão ( $\alpha$ )

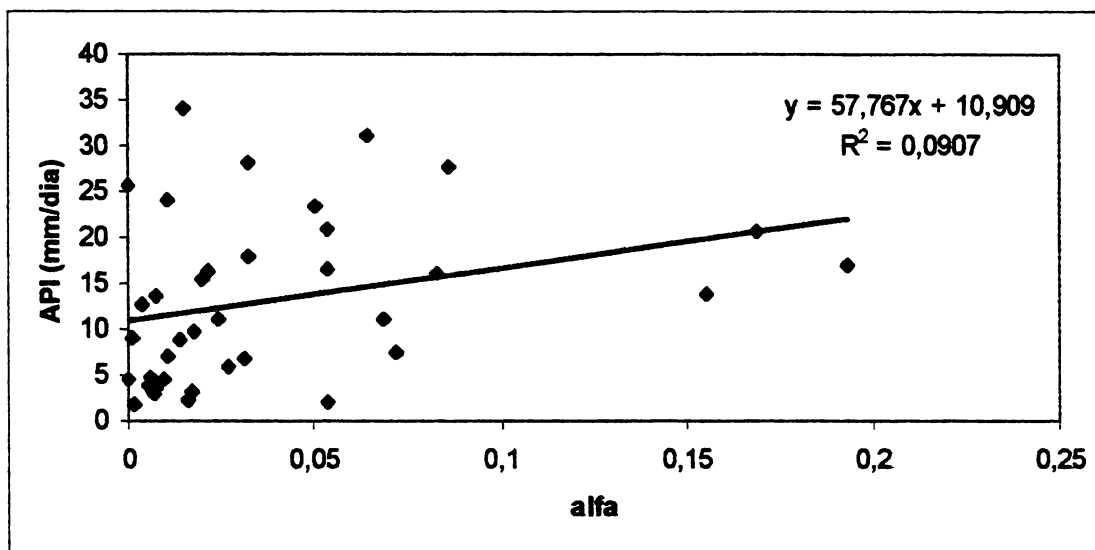


Figura 25 - Análise de Regressão entre os Valores do Índice de Precipitação Antecedente (*API*) e a Vazão Inicial (*Q1*).

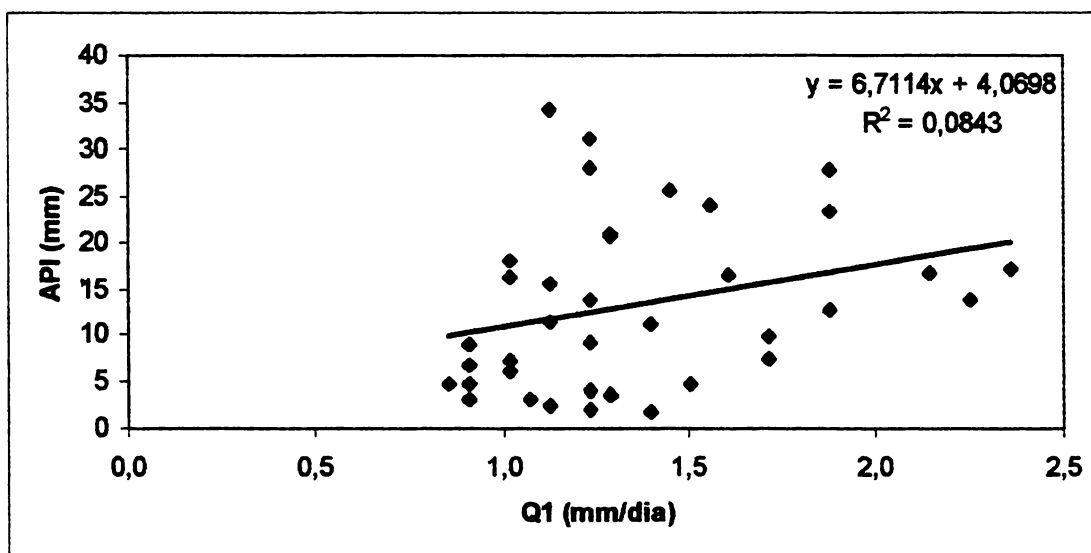
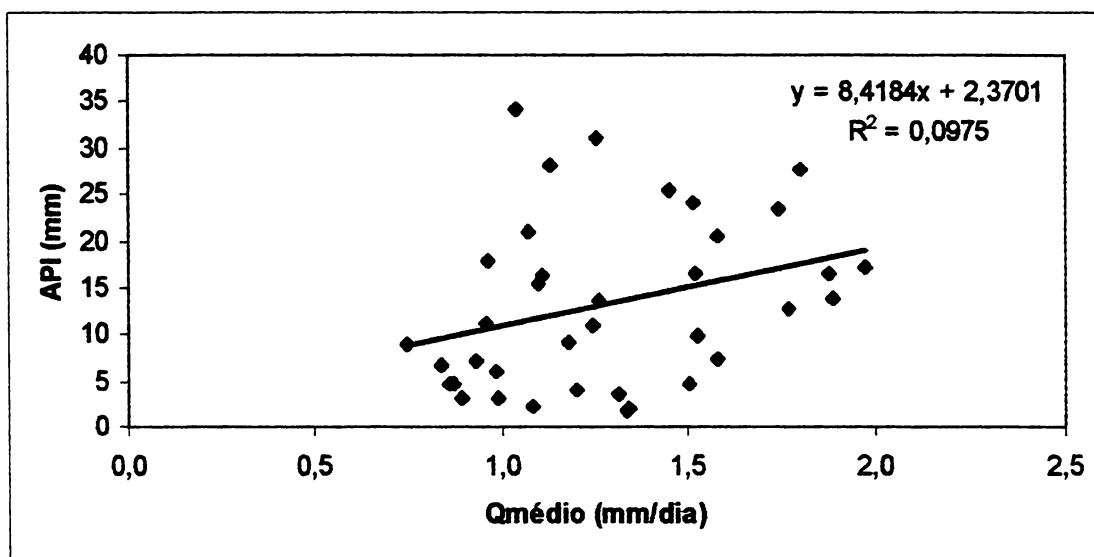




Figura 26 - Análise de Regressão entre os Valores do Índice de Precipitação Antecedente ( $API$ ) e da Vazão Média ( $Q_{média}$ ).



A análise de Recessão do Escoamento de Base, também foi realizada para cada sub-bacia do curso superior do rio Ribeirão da Onça, os resultados estão expressos na Tabela 12. Nesta observa-se que as correlações  $Q1 \times \alpha$  e  $Q_{média} \times \alpha$  das sub-bacias Gasparim e Olivério, apresentaram correlação extremamente baixa. O  $API$  em todas as sub-bacias mostrou-se inválido para estimar o armazenamento de água nestas.

No entanto, destaca-se que SAGARA (2001, p. 61), utilizando o  $API$  em uma bacia hidrográfica com substrato de basalto, no município de General Carneiro/PR, obteve resultados que justificam o emprego da mesma para estimar o armazenamento de água na bacia hidrográfica.

Tabela 12 - Dados da Análise de Recessão do Escoamento de Base, da Bacia e das Sub-bacias da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, no Período de 1998 a 2000.

	SUB-BACIA BATISTÃO		SUB-BACIA GASPARIM	
	Equação	R <sup>2</sup>	Equação	R <sup>2</sup>
Q1 x $\alpha$	y = 7,3288x + 0,5697	0,1362	y = 14,136x + 0,2228	0,3798
Q <sub>médio</sub> x $\alpha$	y = 3,6792x + 0,5697	0,0384	y = 11,908x + 0,2026	0,3287
API x $\alpha$	y = 226x + 10,516	0,1791	y = 32,025x + 11,848	0,0106
API x Q1	y = -0,4739x + 13,28	0,0003	y = 1,3021x + 11,921	0,0092
API x Q <sub>médio</sub>	y = -2,8182x + 14,69	0,0098	y = 1,5048x + 11,919	0,0101

	SUB-BACIA OLIVÉRIO		ÁREA TOTAL	
	Equação	R <sup>2</sup>	Equação	R <sup>2</sup>
Q1 x $\alpha$	Y = 4,7497x + 0,5995	0,3418	y=4,3882x+ 1,1835	0,2796
Q <sub>médio</sub> x $\alpha$	y = 3,2x + 0,6273	0,2422	y=3,7981x+ 1,1338	0,2852
API x $\alpha$	Y= -11,211x + 13,174	0,0035	y=57,767x+ 10,909	0,0907
API x Q1	Y = 0,6556x + 12,178	0,0008	y=6,7114x+ 4,0698	0,0843
API x Q <sub>médio</sub>	Y = -3,313x + 15,226	0,0128	y=8,4184x+ 2,3701	0,0975

NOTA: A equação é da recessão e o R<sup>2</sup> é o coeficiente de determinação da correlação.

#### 4.3.3 Evapotranspiração Real pelo Balanço Hídrico

O método do balanço hídrico diário e mensal realizado na bacia do rio Ribeirão da Onça, a partir da relação dos parâmetros precipitação (entrada) versus escoamento fluvial no exutório e a vazão captada nos poços da bacia (saída), mostrou-se inválido, como mostra as Figuras 27, 28 e 29, por apresentar a evapotranspiração real negativa, ou seja, os parâmetros utilizados mostraram-se insuficientes para se estimar pelo método do balanço hídrico a ETR.

Os meses de abril e novembro de 1998 e os meses de março, abril, maio e agosto de 1999, junto com o mês de maio de 2000, apresentaram ETR negativa, o que permite afirmar que o volume de água extraída da área da bacia, extrapolou os limites

da precipitação. Tal fato explicita uma influência externa a bacia, ou seja, áreas de recarga do aquífero obedecendo a divisores subsuperficiais.

A Figura 30 e a Tabela 13 mostram os dados da ETR, obtidos para cada sub-bacia da bacia do rio Ribeirão da Onça, pelo método do balanço hídrico. Nesta constata-se que em todas sub-bacias a ETR mantém-se praticamente igual.

Figura 27 - Balanço Hídrico Mensal da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, em 1998.

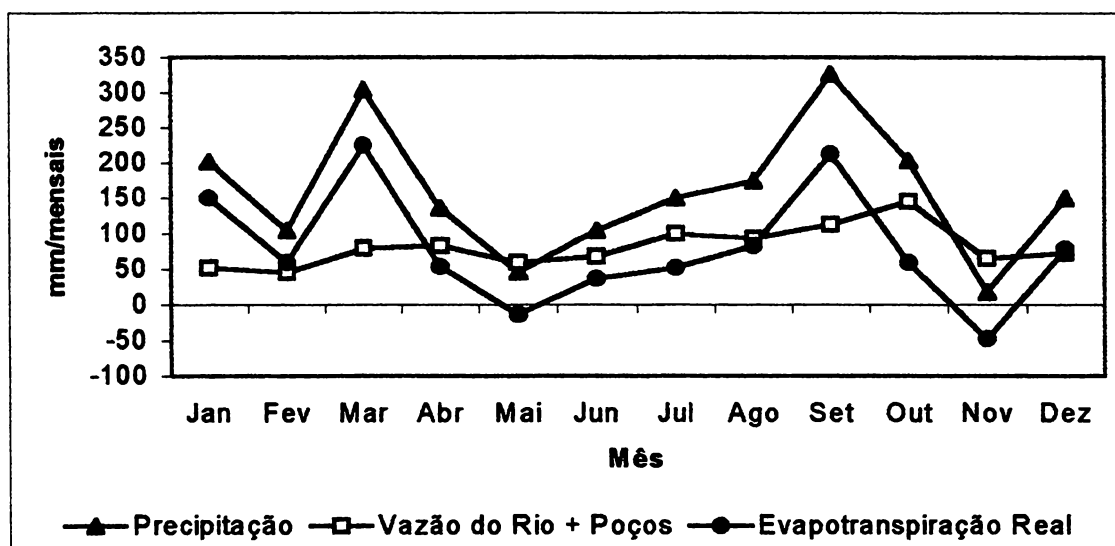


Figura 28 - Balanço Hídrico Mensal da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, em 1999.

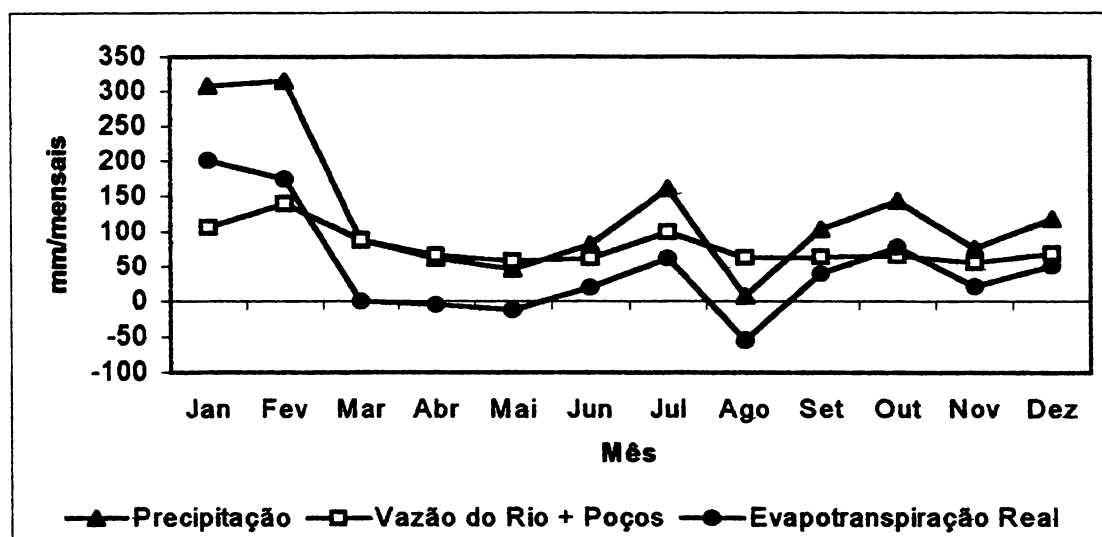


Figura 29 - Balanço Hídrico Mensal da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, em 2000.

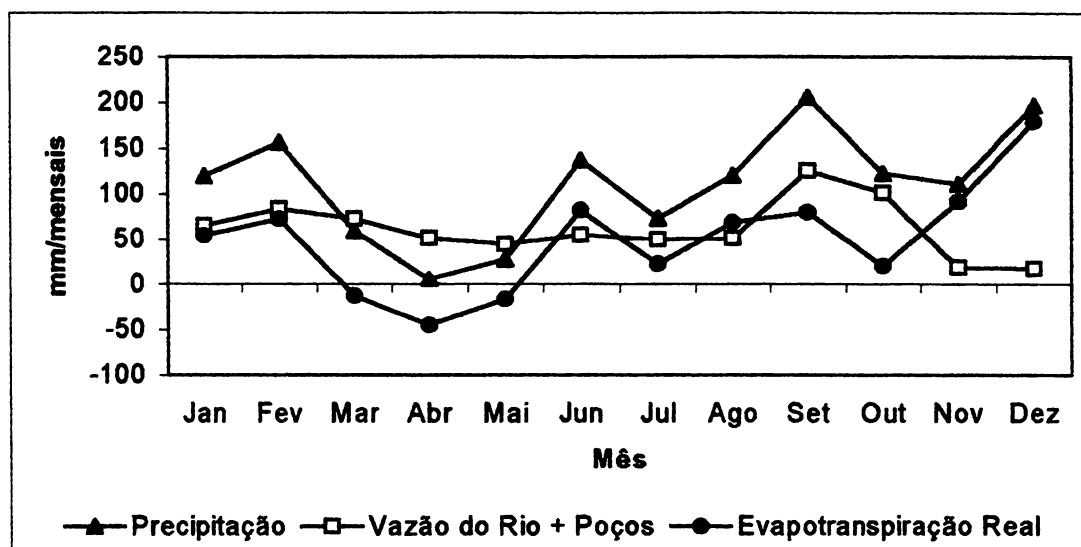


Figura 30 - ETR obtida pelo Método do Balanço Hídrico, para cada Sub-bacia da Bacia do Rio Ribeirão da Onça.

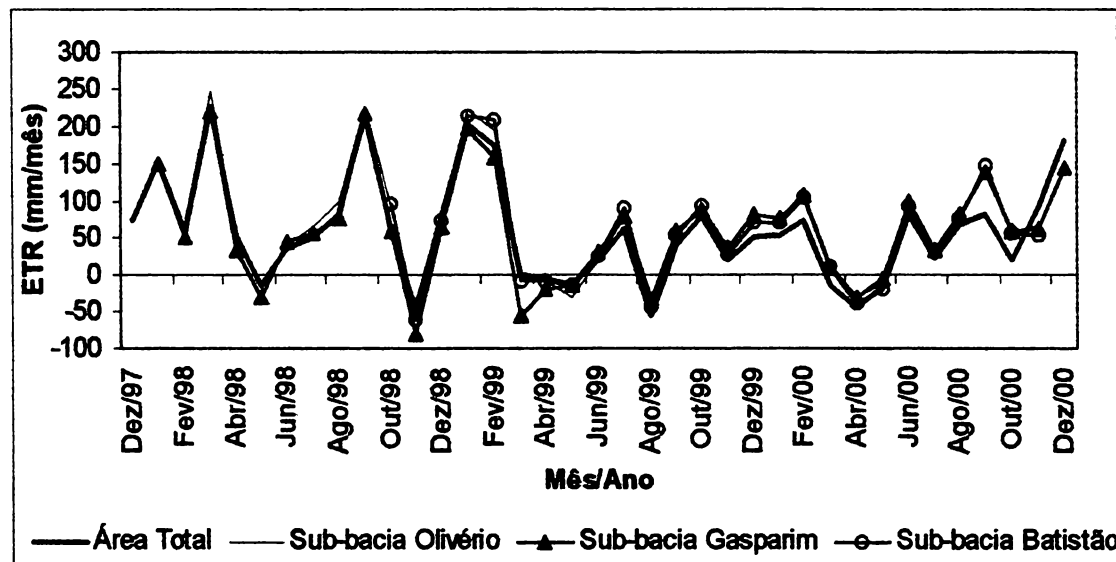


Tabela 13 - Dados da ETR (mm/dia) obtidos pelo Método do Balanço Hídrico, para as Sub-bacias da Bacia do Rio Ribeirão da Onça.

MÊS	P (Lâmina de Água)	SUB-BACIA BATISTÃO			SUB-BACIA GASPARIM			SUB-BACIA OLIVÉRIO		
		Q <sub>R</sub>	Q <sub>P</sub>	ETR	Q <sub>R</sub>	Q <sub>P</sub>	ETR	Q <sub>R</sub>	Q <sub>P</sub>	ETR
Jan/98	202,1	*	*	*	29,32	25,13	147,65	33,94	20,89	147,27
Fev/98	104,55	*	*	*	23,31	28,80	52,44	27,01	23,94	53,60
Mar/98	304,7	*	*	*	60,86	25,61	218,23	37,53	21,29	245,88
Abr/98	136,4	*	*	*	68,14	33,56	34,71	56,30	27,90	52,21
Mai/98	45,75	*	*	*	36,28	40,65	-31,18	30,43	33,79	-18,47
Jun/98	104	*	*	*	30,90	27,93	45,16	40,78	23,22	40,00
Jul/98	150,8	*	*	*	68,24	25,95	56,61	64,98	21,57	64,25
Ago/98	175,2	*	*	*	64,34	33,96	76,90	47,18	28,23	99,79
Set/98	326,1	*	*	*	84,17	25,90	216,03	79,01	21,53	225,56
Out/98	204,25	80,61	27,92	95,72	116,34	29,32	58,59	91,37	24,37	88,50
Nov/98	17,6	51,65	27,09	-61,14	67,82	30,65	-80,87	48,40	25,48	-56,29
Dez/98	150	47,95	28,00	74,05	54,64	30,32	65,05	46,30	25,20	78,50
Jan/99	307,35	67,58	27,85	211,92	80,69	30,81	195,85	61,38	25,61	220,35
Fev/99	314,85	78,52	27,59	208,74	123,30	33,69	157,86	92,60	28,01	194,24
Mar/99	88	56,64	39,01	-7,65	101,47	40,88	-54,35	55,77	33,99	-1,76
Abr/99	61,85	32,98	37,20	-8,34	41,45	39,18	-18,78	37,36	32,57	-8,08
Mai/99	45,7	19,95	37,77	-12,02	19,51	39,93	-13,74	42,62	33,19	-30,11
Jun/99	81,35	20,11	34,09	27,15	15,40	34,21	31,74	32,62	28,44	20,29
Jul/99	161,45	35,88	35,70	89,87	45,88	35,80	79,77	52,26	29,76	79,43
Ago/99	7,7	17,06	33,43	-42,78	7,70	33,50	-33,50	26,83	27,85	-46,99
Set/99	103,25	16,57	32,46	54,22	9,39	33,68	60,18	23,33	28,00	51,92
Out/99	143,95	18,83	32,68	92,45	23,63	32,42	87,91	24,64	26,95	92,36
Nov/99	75,85	14,48	31,79	29,57	7,91	29,84	38,10	22,54	24,81	28,51
Dez/99	118,55	15,61	32,71	70,23	6,01	31,89	80,65	20,52	26,51	71,52
Jan/00	119,6	16,89	32,32	70,39	13,08	31,28	75,24	24,55	26,00	69,04
Fev/00	156,6	21,56	30,98	104,06	21,62	28,92	106,06	21,57	24,04	110,98
Mar/00	59,5	15,93	31,73	11,84	19,62	31,93	7,95	19,47	26,54	13,49
Abr/00	6,35	14,48	29,59	-37,72	8,44	27,94	-30,03	13,68	23,23	-30,56
Mai/00	28,4	14,96	32,06	-18,62	2,43	30,05	-4,08	13,86	24,98	-10,44
Jun/00	137,45	14,48	29,94	93,03	8,75	29,73	98,96	15,74	24,72	96,99
Jul/00	73,7	15,45	27,92	30,34	8,97	29,59	35,14	16,13	24,60	32,96
Ago/00	120,4	14,96	28,51	76,92	8,97	29,96	81,48	16,40	24,90	79,10
Set/00	205,85	24,13	36,59	145,12	32,38	35,85	137,61	30,95	29,81	145,09
Out/00	122,3	17,70	47,77	56,83	18,25	45,17	58,88	25,08	37,55	59,67
Nov/00	110,6	17,38	39,67	53,56	10,02	37,50	63,08	15,70	31,17	63,73
Dez/00	197,2	20,60	39,27	137,34	18,56	35,12	143,52	24,55	29,19	143,45

NOTA: Os \* são dados não monitorados; P é a precipitação; Q<sub>R</sub> é a vazão no curso d'água; Q<sub>P</sub> é a vazão captada dos poços; e ETR é a evapotranspiração real calculada pelo método do Balanço Hídrico.

#### 4.3.4 Evapotranspiração Potencial

Os valores da ETP diária, no período de 1997 a 2000, obtidos pelo método PENMAN modificado são mostrados nas Figuras 31, 32, 33 e 34. A ETP média anual verificada para o mesmo período foi de 1141 mm/anuais, sendo ETP média diária de 3,12 mm/dia.

A ETP é mais alta no verão do que no inverno, e quando compara-se a ETP diária anual durante os anos de 1997, 1998, 1999 e 2000, constata-se que ela mostra-se praticamente semelhante, com pequenas variações.

Figura 31 - Evapotranspiração Potencial Diária, Segundo Dados da Estação Meteorológica de Piraquara, em 1997.

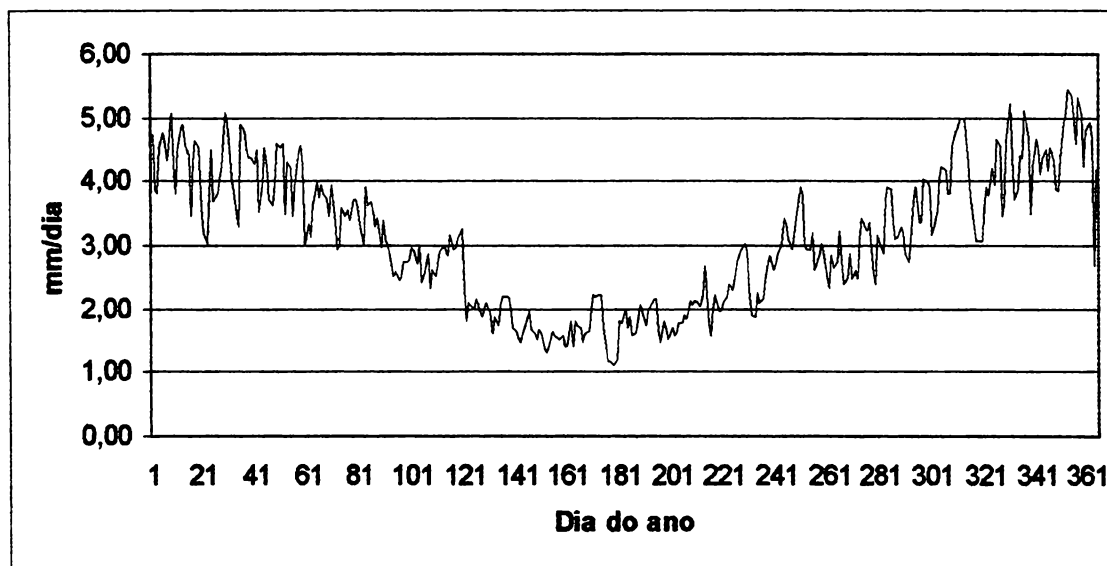


Figura 32 - Evapotranspiração Potencial Diária, Segundo Dados da Estação Meteorológica de Piraquara, em 1998.

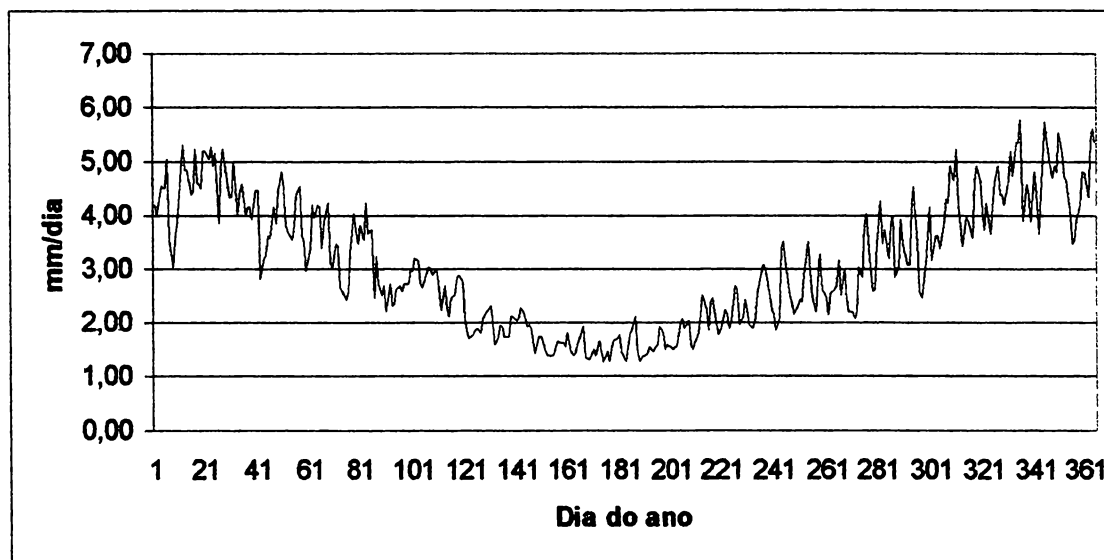


Figura 33 - Evapotranspiração Potencial Diária, Segundo Dados da Estação Meteorológica de Piraquara, em 1999.

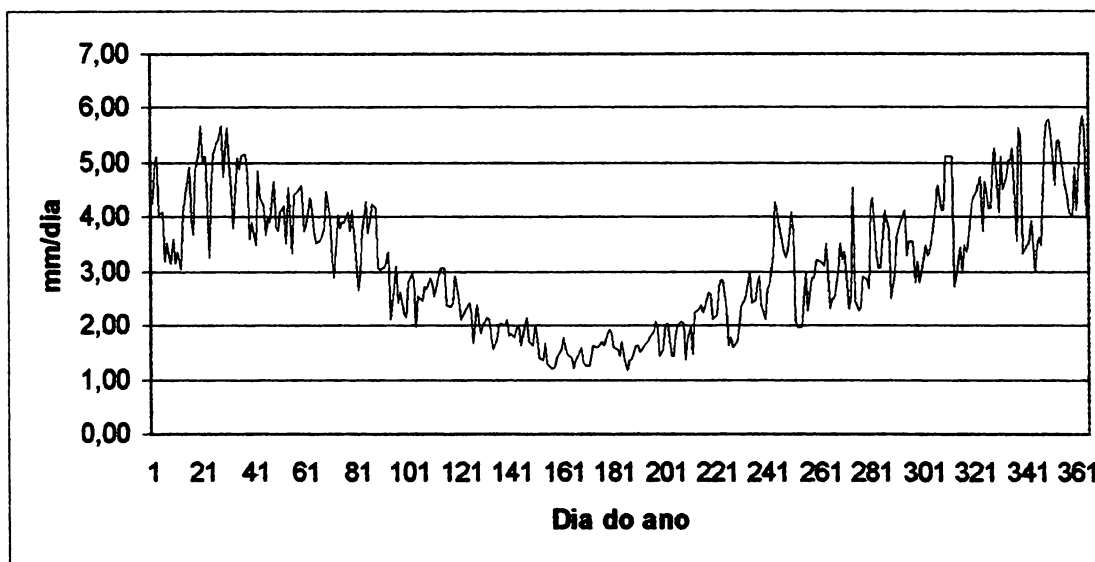
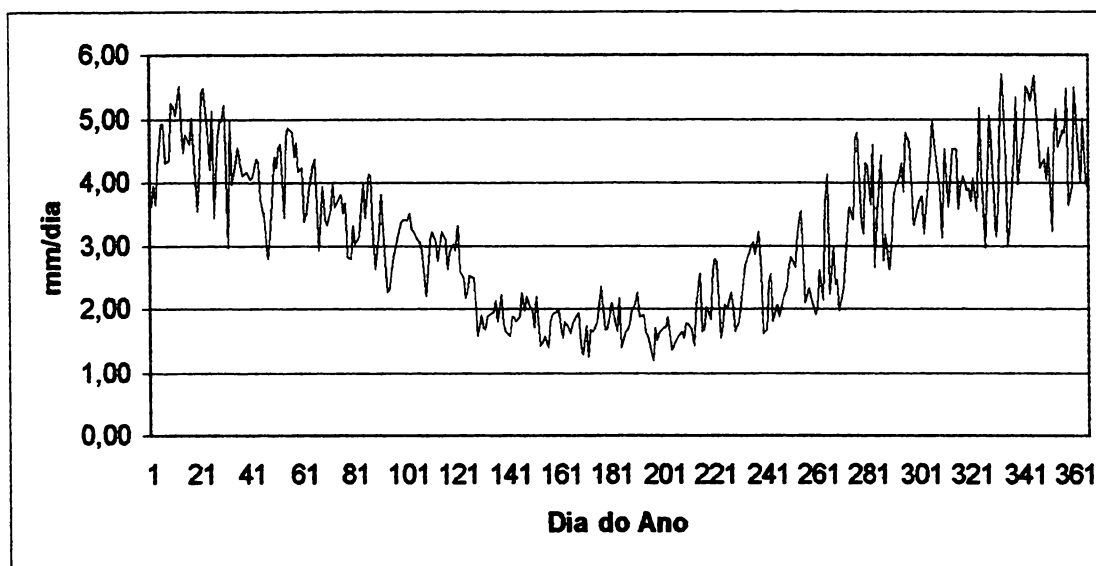


Figura 34 - Evapotranspiração Potencial Diária, Segundo Dados da Estação Meteorológica de Piraquara, em 2000.



A Tabela 14 mostra a ETP diária média, desvio padrão, o coeficiente de variação e a ETP anual. O desvio padrão foi maior no ano de 1999 e menor em 1997, enquanto o coeficiente de variação foi maior em 1998 e menor em 1997.

Tabela 14 - Evapotranspiração Potencial Anual, Média Mínima e Máxima Diária, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação Diário para o Período de 1997 a 2000.

	1997	1998	1999	2000
ETP Anual (mm)	1131,752	1124,338	1148,806	1159,389
ETP Diária Média (mm)	3,101	3,080	3,147	3,168
ETP Diária Mínima (mm)	1,107	1,268	1,181	1,183
ETP Diária Máxima (mm)	5,446	5,780	5,861	5,697
Desvio Padrão	1,071	1,183	1,202	1,173
Coeficiente de Variação (%)	34,527	38,403	38,189	37,019



#### 4.3.5 Evapotranspiração Real pela Constante de Correlação das Médias Históricas ETP Versus ETR

A ETR obtida pelo balanço hídrico, quando comparada com a ETP estimada pelo método de PENMAN (Figura 35), permite afirmar que a ETR calculada pelo balanço hídrico não é válida para representar realidade da área, pois como mostra a Figura 36, mostra que a ETP e a ETR não apresenta nenhum grau de correlação.

No entanto, estabelecendo a relação entre as médias mensais históricas calculadas por MÜLLER (1995, p. 150) da ETR (CRAE), com a ETP (PENMAN), obteve-se constantes mensais ( $k$ ) apresentadas na Tabela 15.

A Tabela 16, mostra os valores da ETP e da ETR Mensal, obtidos pelo método do balanço hídrico e por meio da constante de relação mensal ( $k$ ), demonstrado na Tabela 15.

Figura 35 - ETR pelo Balanço Hídrico e ETP Mensal da Bacia do Rio Ribeirão da Onça.

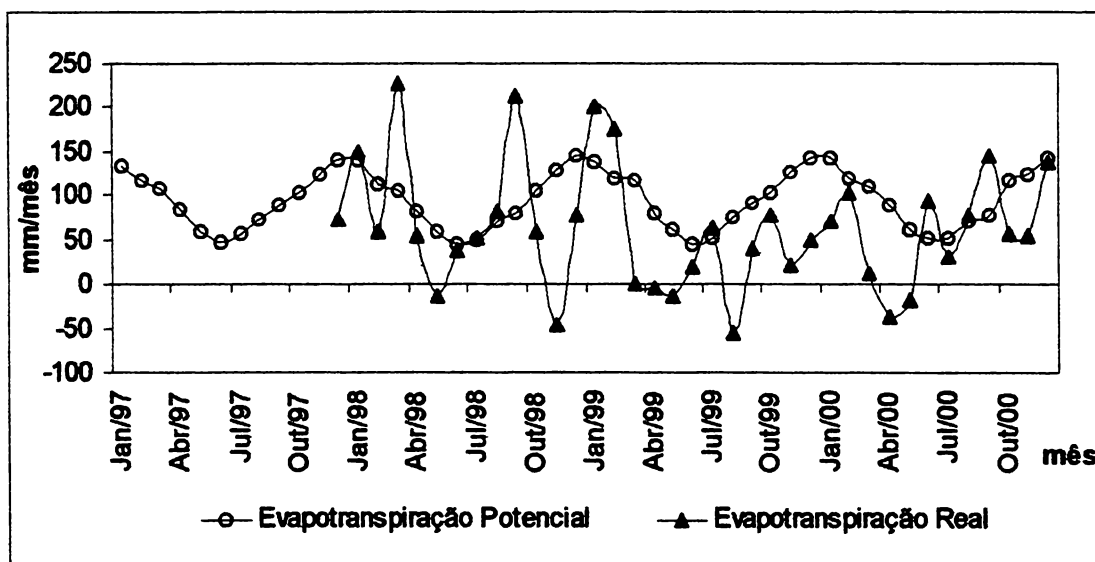


Figura 36 - Correlação entre ETR, pelo Balanço Hídrico e ETP Diária da Bacia do Rio Ribeirão da Onça.

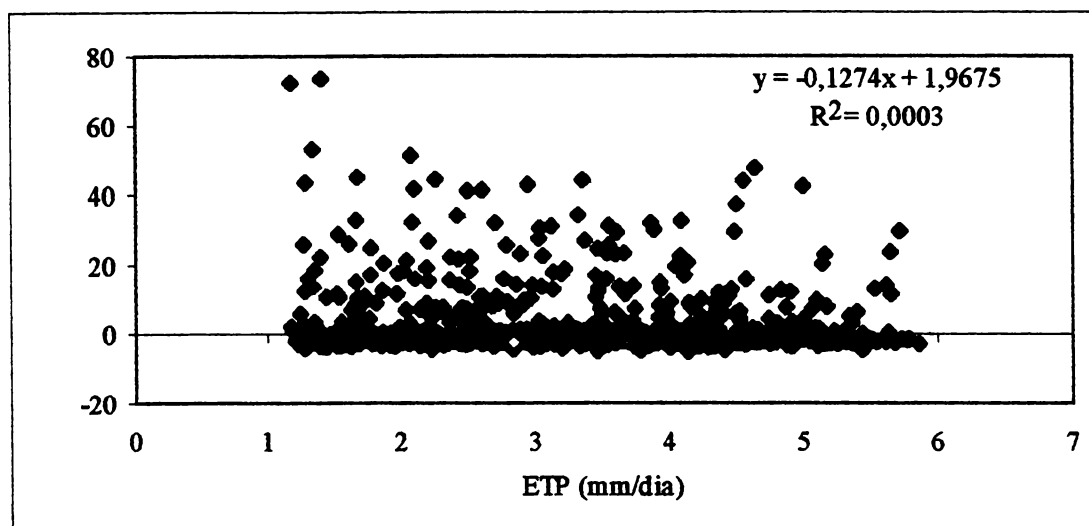


Tabela 15 - Constantes da Relação das ETR (CRAE) e a ETP (PENMAN) Mensais Históricas, da Estação Meteorológica de Piraquara (código: 2549041).

	ETP (PENMAN)*	ETR (CRAE)*	K
<b>Janeiro</b>	124	131	1,056
<b>Fevereiro</b>	97	112	1,155
<b>Março</b>	90	103	1,144
<b>Abril</b>	66	73	1,106
<b>Mai</b>	48	52	1,083
<b>Junho</b>	39	38	0,974
<b>Julho</b>	45	38	0,844
<b>Agosto</b>	58	54	0,931
<b>Setembro</b>	70	71	1,014
<b>Outubro</b>	94	101	1,074
<b>Novembro</b>	107	117	1,093
<b>Dezembro</b>	115	126	1,096
<b>Anual</b>	953	1016	1,066

FONTE: \* MÜLLER (1995, p. 150).

Tabela 16 - Valores Estimados para a ETP (PENMAN), ETR (Balanço Hídrico) e ETR (Constante de Relação), em mm/dia, para a Bacia do Rio Ribeirão da Onça.

continua

	ETP (PENMAN)	ETR (BALANÇO HÍDRICO)	ETR (K)
Jan/97	132,34	*	139,81
Fev/97	116,49	*	134,51
Mar/97	108,23	*	123,86
Abr/97	83,74	*	92,62
Mai/97	57,62	*	62,42
Jun/97	47,90	*	46,67
Jul/97	56,91	*	48,05
Ago/97	73,72	*	68,64
Set/97	88,16	*	89,42
Out/97	103,91	*	111,65
Nov/97	123,01	*	134,51
Dez/97	139,71	72,58	153,08
Jan/98	141,25	150,47	149,22
Fev/98	112,08	59,30	129,42
Mar/98	104,73	225,59	119,85
Abr/98	81,03	53,79	89,62
Mai/98	59,36	-13,34	64,30
Jun/98	45,57	36,57	44,40
Jul/98	50,46	51,26	42,61
Ago/98	70,07	82,63	65,24
Set/98	79,05	213,66	80,18
Out/98	105,66	58,88	113,53
Nov/98	129,78	-47,40	141,91
Dez/98	145,31	78,15	159,21
Jan/99	136,94	201,58	144,68
Fev/99	118,87	174,76	137,25
Mar/99	115,90	-0,32	132,64
Abr/99	80,56	-5,18	89,11
Mai/99	60,86	-12,60	65,94
Jun/99	44,88	19,53	43,73
Jul/99	51,57	62,26	43,55

Tabela 16 - Valores Estimados para a ETP (PENMAN), ETR (Balanço Hídrico) e ETR (Constante de Relação), em mm/dia, para a Bacia do Rio Ribeirão da Onça.

conclusão

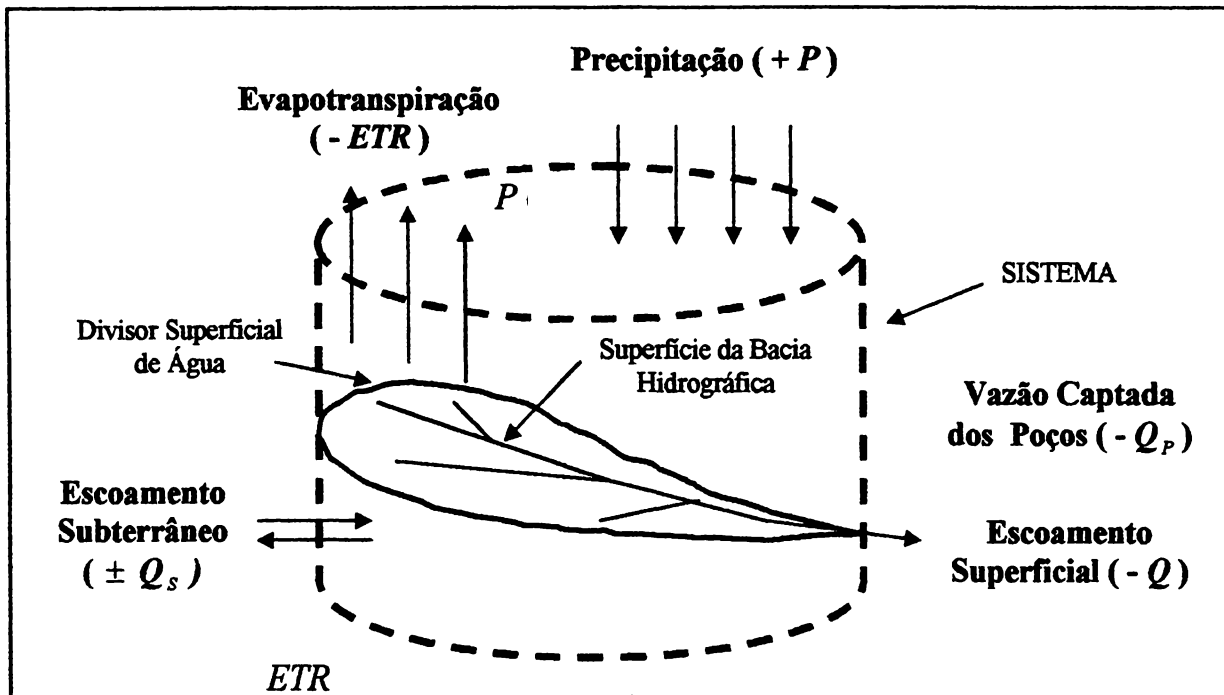
	ETP (PENMAN)	ETR (BALANÇO HÍDRICO)	ETR (K)
<b>Ago/99</b>	74,79	-54,89	69,63
<b>Set/99</b>	91,10	39,17	92,40
<b>Out/99</b>	103,23	78,16	110,92
<b>Nov/99</b>	127,46	20,48	139,37
<b>Dez/99</b>	142,64	50,35	156,28
<b>Jan/00</b>	141,90	54,39	149,91
<b>Fev/00</b>	120,35	72,59	138,96
<b>Mar/00</b>	109,57	-8,83	125,39
<b>Abr/00</b>	89,72	-44,89	99,24
<b>Mai/00</b>	62,03	-16,89	67,20
<b>Jun/00</b>	51,75	82,51	50,42
<b>Jul/00</b>	51,90	23,28	43,83
<b>Ago/00</b>	69,75	68,94	64,94
<b>Set/00</b>	78,05	80,47	79,17
<b>Out/00</b>	117,64	20,65	126,40
<b>Nov/00</b>	123,39	45,87	134,92
<b>Dez/00</b>	143,34	104,98	157,05

NOTA: \* Dados de vazão não monitorados.

#### 4.4 BALANÇO HÍDRICO

A bacia hidrográfica por ser um sistema físico aberto (Figura 37), permite a quantificação de um dos elementos que compõem o balanço hídrico, por meio da correlação entre os demais componentes.

Figuras 37 - Componentes do Balanço Hídrico na Bacia Hidrográfica.



O método do balanço hídrico quando estabelecido permite identificar o volume de água subsuperficial e subterrânea recebida ou perdida pela bacia do rio Ribeirão da Onça, por meio da equação:

$$Q_s = P - ETR - Q - Q_p \quad (21)$$

$Q_s$

$Q_s$  é a vazão subterrânea que entra (+) ou que sai (-) da bacia hidrográfica;

$ETR$  é a evapotranspiração real;

$P$  é a precipitação;

$Q_p$  é a vazão captada dos poços;

$Q$  é o escoamento superficial.

Neste caso, conforme Tabela 15, adotou-se a  $ETR(k)$  como real.

As Tabelas 17 e 18, mostram a dinâmica da influência do volume de água subterrânea mensal e anual pelas sub-bacias da bacia do rio Ribeirão da Onça. A dinâmica mensal de água subterrânea entre as sub-bacias apresenta-se semelhantes, constata-se também a entrada de água que extrapolam os divisores de água superficiais, provavelmente recorrentes da geologia da área, sendo a média 554 mm/ano a contribuição das águas subterrânea na quantidade anual, recebida entre os anos de 1998 a 2000.

Tabela 17 - Vazão Mensal da Água Subterrânea nas Sub-bacias da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, em mm.

continua

MÊS	BATISTÃO	GASPARIM	OLIVÉRIO	ÁREA TOTAL
Jan/98	*	1,57	1,95	-1,24
Fev/98	*	76,98	75,82	70,11
Mar/98	*	-98,38	-126,03	-105,74
Abr/98	*	54,92	37,42	35,83
Mai/98	*	95,48	82,77	77,64
Jun/98	*	-0,76	4,40	7,82
Jul/98	*	-14,00	-21,64	-8,65
Ago/98	*	-11,67	-34,56	-17,39
Set/98	*	-135,85	-145,38	-133,48
Out/98	17,81	54,94	25,02	54,65
Nov/98	203,06	222,78	198,20	189,31
Dez/98	85,16	94,17	80,72	81,06
Jan/99	-67,25	-51,18	-75,68	-56,91
Fev/99	-71,49	-20,61	-57,00	-37,52
Mar/99	140,29	186,99	134,40	132,96
Abr/99	97,44	107,89	97,18	94,29
Mai/99	77,96	79,68	96,05	78,53
Jun/99	16,58	11,99	23,44	24,21
Jul/99	-46,32	-36,22	-35,88	-18,71
Ago/99	112,42	103,14	116,62	124,53
Set/99	38,18	32,22	40,47	53,22

Tabela 17 - Vazão Mensal da Água Subterrânea nas Sub-bacias da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, em mm.

conclusão

MÊS	BATISTÃO	GASPARIM	OLIVÉRIO	ÁREA TOTAL
Out/99	18,47	23,01	18,56	32,76
Nov/99	109,80	101,27	110,86	118,89
Dez/99	86,05	75,64	84,76	105,94
Jan/00	79,52	74,67	80,87	95,52
Fev/00	34,90	32,91	27,98	66,37
Mar/00	113,55	117,44	111,90	138,34
Abr/00	136,96	129,27	129,80	144,13
Mai/00	85,82	71,28	77,64	84,10
Jun/00	-42,60	-48,54	-46,57	-32,09
Jul/00	13,49	8,69	10,87	20,55
Ago/00	-11,98	-16,54	-14,16	-4,00
Set/00	-65,96	-58,45	-65,92	-1,31
Out/00	69,57	67,52	66,73	105,75
Nov/00	81,36	71,84	71,19	89,05
Dez/00	19,71	13,53	13,60	52,07

NOTA: O \* representa a falta de dados monitorados para a realização da análise. Os dados positivos indicam o volume de água em mm/mês recebidos e os negativos perdidos pelas sub-bacias.

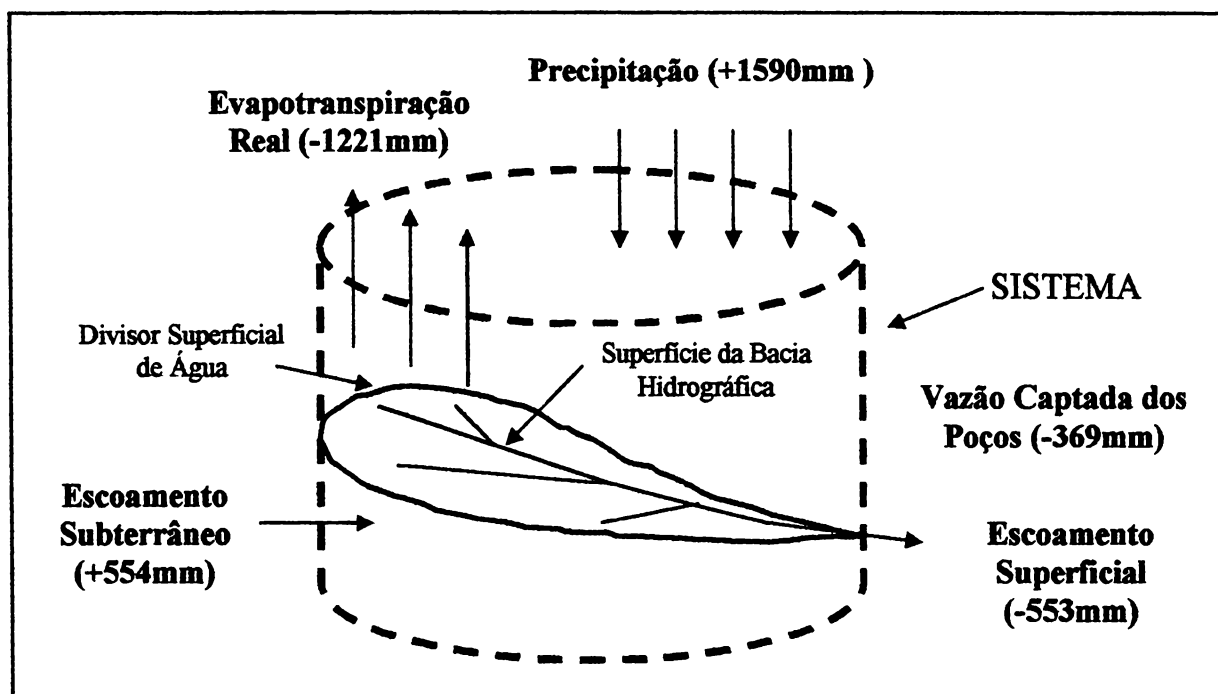
Tabela 18 - Dinâmica Anual da Vazão Subterrânea nas Sub-bacias da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, em mm.

ANO	BATISTÃO	GASPARIM	OLIVÉRIO	ÁREA TOTAL
1998	*	340,18	178,68	249,93
1999	512,12	613,81	553,80	652,18
2000	514,34	463,61	463,92	758,47
Média	513,23	472,53	398,80	553,52

NOTA: O \* representa a falta de dados monitorados para a realização da análise. Os dados positivos indicam o volume de água em mm/ano recebidos pelas sub-bacias.

A Figura 38 mostra as médias anuais obtidas dos componentes do balanço hídrico da bacia do rio Ribeirão da Onça, para o período de 1998 a 2000.

Figura 38 - Média Anual em mm do Balanço Hídrico da Bacia do Rio Ribeirão da Onça, para o Período de 1998 a 2000.



A Figura 39 representa a dinâmica temporal mensal da água subterrânea, nas sub-bacias da bacia do rio Ribeirão da Onça. Nesta percebe-se que a maior contribuição da água subterrânea recebida pela bacia do rio Ribeirão da Onça ocorre em dois períodos do ano, num primeiro nos meses de abril e maio e em um segundo nos meses de outubro, novembro e dezembro.

A vazão mensal nas sub-bacias da bacia do rio Ribeirão da Onça mostrada na Figura 40 apresenta variação anual, como também alteram-se de ano para ano. Pois, o período de maiores vazões das sub-bacias do rio Ribeirão da Onça no ano de 1998 foi setembro e outubro, meses com índices de precipitações menores inferior a média mensal anual, já em 1999, os meses que apresentaram maiores vazões foram janeiro, fevereiro e março, meses onde o índice de precipitação é superior a média mensal anual. No ano de 2000 as vazões mensais permaneceram-se praticamente constantes com pouca variação.



Figura 39 - Vazão Mensal da Água Subterrânea Recebida ou Perdida pelas Sub-bacias da Bacia do Rio Ribeirão da Onça (a) 1998, (b) 1999 e (c) 2000.

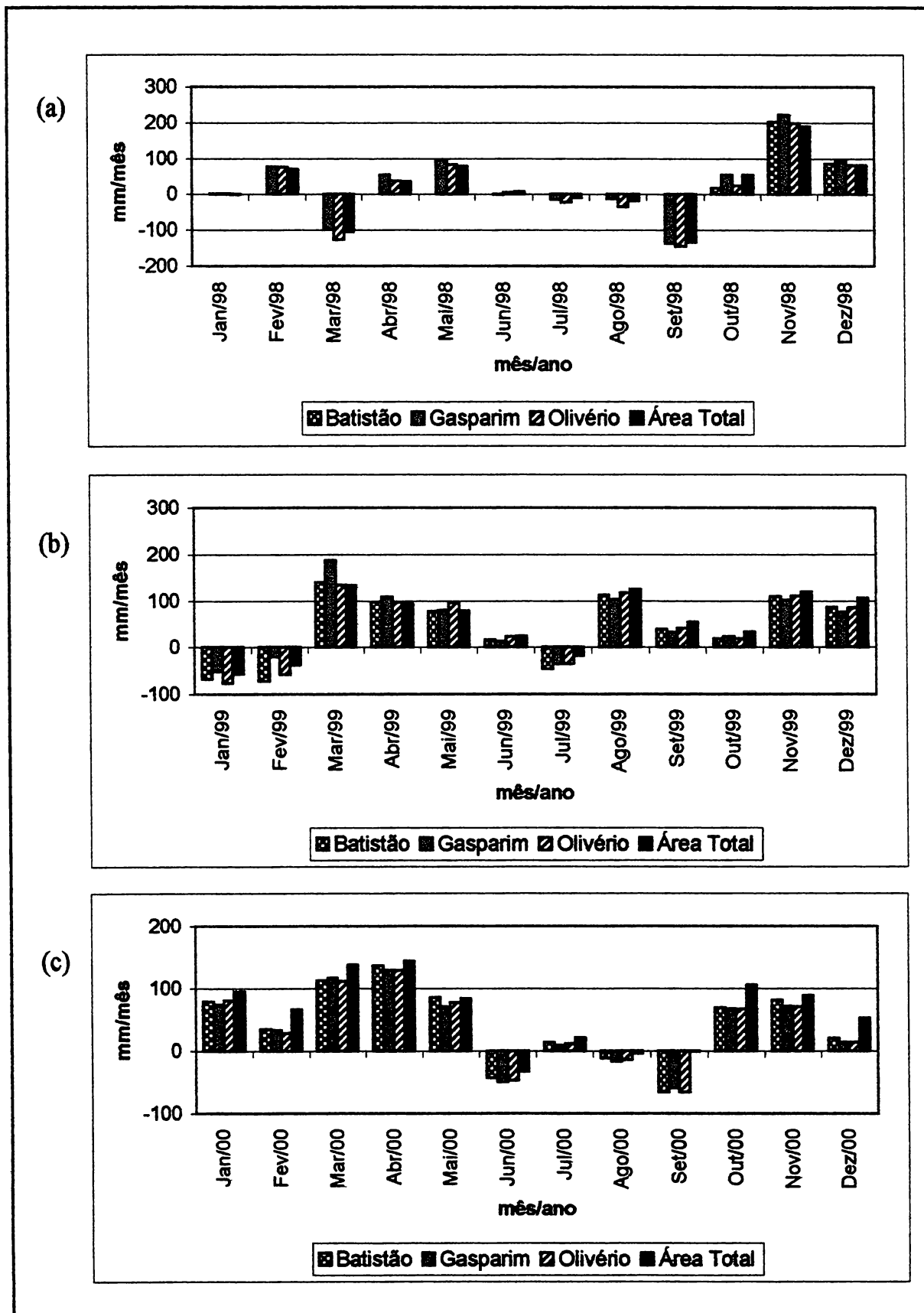
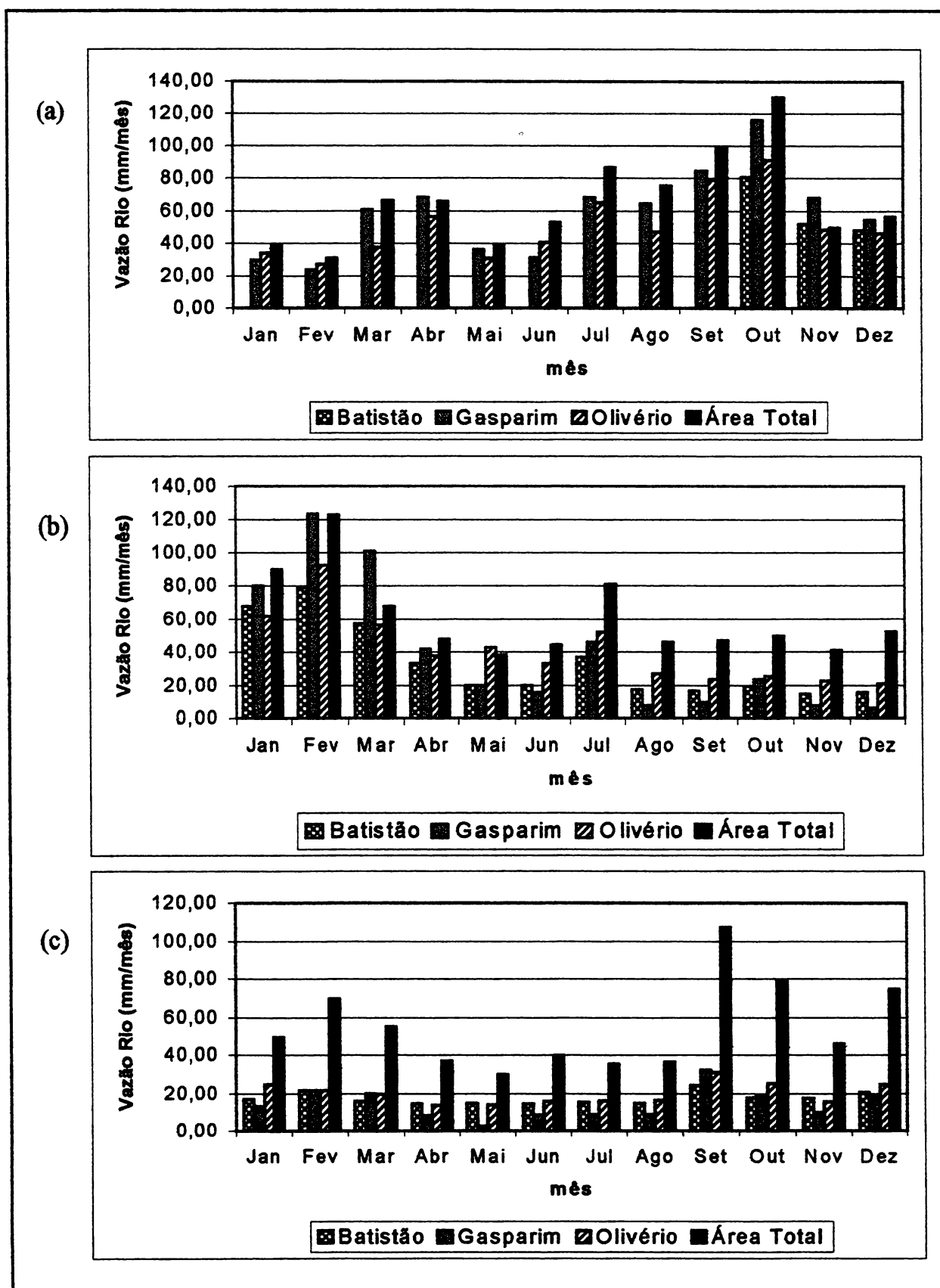


Figura 40 - Vazão Mensal do Rio nas Sub-bacias da Bacia do Rio Ribeirão da Onça (a) 1998, (b) 1999 e (c) 2000.



Comparando as Figuras 39 e 40, observa-se que os meses que apresentaram maiores vazões mensais, foram os meses, onde a vazão subterrânea foi negativa, ou seja, as sub-bacias perderam água subterrânea.

## 5 CONCLUSÕES

Com o objetivo de analisar os processos hidrológicos e o balanço hídrico da bacia do rio Ribeirão da Onça, Colombo/PR, no período de 1997 a 2000, as principais conclusões obtidas podem ser assim resumidas:

a) Os poços de captação de água da bacia do rio Ribeirão da Onça apresentam entradas de água em nível altimétrico superior ao do exutório da mesma (Figura 14), mostrando que os processos hidrológicos superficiais e subsuperficiais estão diretamente relacionados com os subterrâneos e vice-versa.

b) Os coeficientes de regressão das vazões nos períodos com mais de quatro dias de estiagem apresentam um grande número de valores positivos (Tabela 11), denotando uma peculiaridade, visto que a tendência natural da vazão fluvial é diminuir com o passar do tempo de estiagem. A hipótese provável que justifica este fato é a alteração antrópica, pois a SANEPAR joga água no rio para que mantenha uma vazão mínima necessária à irrigação.

c) O Índice de Precipitação Antecedente (*API*), proposto por MOSLEY (1979, p. 796), mostrou-se inválido para estimar a capacidade de água armazenada na área de estudo (Figuras 24, 25 e 26).

d) A capacidade de recarga de água da bacia do rio Ribeirão da Onça não depende exclusivamente da quantidade de água precipitada sobre a mesma (Tabela 12).

e) A evapotranspiração real estimada pelo método do balanço hídrico, demonstrou-se inválido diante dos parâmetros utilizados, por produzir valores negativos e superiores a evapotranspiração potencial quando comparadas (Tabela 13), permitindo inferir que em determinados períodos, o volume de recursos hídricos extraído é superior ao índice de precipitação, o que leva a deduzir que existem áreas de recarga do aquífero externos aos divisores superficiais da bacia.

f) O balanço hídrico da bacia do rio Ribeirão da Onça, permitiu identificar, a contribuição da água subterrânea, onde a média anual recebida pela bacia para o período de 1998 a 2000, foi de 554 mm/ano (Tabelas 17 e 18). Tal fato, é explicado

pela presença de divisores de água subsuperficiais e subterrâneos diferentes dos superficiais e que extrapolam os limites superficiais da bacia em estudo.

g) Os processos hidrológicos nas sub-bacias da bacia do rio Ribeirão da Onça, apresentaram comportamentos semelhantes.

h) As áreas de cobertura vegetal na bacia do rio Ribeirão da Onça (Figura 13 e Tabela 10) representam 52 % do uso da terra. No entanto, destaca-se que decorrente da fragmentação do uso do solo em pequenas lavouras para o cultivo da olericultura, dificultou a classificação do uso da terra, mesmo sendo supervisionada.

Contudo, também é importante destacar que a falta de monitoramento dos processos hidrológicos anteriores ao início da captação de água pela SANEPAR, e o pequeno período de monitoramento, impossibilitaram a realização de uma análise mais precisa dos processos hidrológicos.

Enfim, constata-se que é de extrema importância o monitoramento, pois a disponibilidade de dados e a possibilidade de obtê-los determinam a escolha dos métodos.

## 6 RECOMENDAÇÕES

O estudo da bacia do rio Ribeirão da Onça, se realizou a partir da dinâmica dos processos hidrológicos superficiais, buscando realizar uma primeira aproximação do balanço hídrico, contudo outros aspectos precisam ser analisados, como:

a) Avaliar os possíveis impactos ambientais, decorrentes da extração de água na bacia do rio Ribeirão da Onça. A Figura 41 mostra um colapso de solo, observado nas excursões a campo, este processo geotécnico é natural nas áreas cársticas, e pode ser acelerado pelo homem.

Figura 41- Colapso de Solo na Bacia do Rio Ribeirão da Onça.



FOTO: LEANDRO REDIN VESTENA

DATA: 22/Maio/2001.

NOTA: Colapso de solo a margem direita de um afluente do rio Ribeirão da Onça, localizado a  $25^{\circ}16'19''$  de latitude sul e  $49^{\circ}11'16''$  de longitude oeste, ocorrido em 21 de abril de 2001, próximo aos poços P15 e P7, sendo este último operado pela SANEPAR para suprir a demanda de água dos agricultores. A água era bombeada e jogada no curso d'água, para manter uma vazão mínima suficiente a realização da irrigação.

b) Realizar estudos que englobem os processos superficiais, subsuperficiais e subterrâneos de forma integrada, para que proporcione uma melhor compreensão da dinâmica apresentada pelos elementos dos processos hidrológicos, suas influências e seu grau de inter-relação.

c) Analisar os aspectos sociais, que influenciam direta e indiretamente nos recursos hídricos como a irrigação, a utilização de agrotóxicos e adubos e a forma de uso e manejo da terra.

Finalmente, destaca-se que trabalhos desta natureza são interessantes, pois fornecem subsídios a futuros estudos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, K. J. **Avaliação dos Problemas Geológico-Geotécnicos em Terrenos Cársticos - Base para o Mapeamento Geotécnico.** São Paulo, 1996. Dissertação de Pós-Graduação em Geologia - USP.

ANDREOLI, C. V. et al. Limites ao Desenvolvimento da Região Metropolitana de Curitiba, Impostos pela Escassez de Água. In: **SANARE Revista Técnica da Sanepar.** Curitiba, v.12, n.12, julho a dezembro 1999. p. 31-41.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos.** 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil S.A., 1991.

BERTONI, J. C. e TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação.** 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ABRH), 2000, p. 177-241.

BELTRAME et al. **Evapotranspiração potencial no Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas - UFRGS, 1993.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D. e PASSOS, E. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais.** Florianópolis: Editora da UFSC, 1994. v. 1.

BIGARELLA, J. J. e SALAMUNI, R. Estudos preliminares da Série Açungui. VIII - Formação Votuverava. In: **Bol. Inst. De História Natural. Geologia,** Curitiba, v. 2, 1958. p. 1-6.

BONACCI, O.. Karst Spring Hydrographs as Indicators of Karst Aquifers. In: **Journal des Sciences Hydrologiques.** v. 38, n. 1, 1993. p. 51-62.

BONACIM, E. A. **Dinâmica do sistema hidrogeológico cárstico na área de Tranqueira - Região Metropolitana de Curitiba.** Curitiba, 1996. Dissertação de Mestrado em Geologia.

CANALI, N. E. **Contribuição ao estudo da geomorfologia da área de Colombo - PR.** São Paulo, 1980. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências Humanas, USP.

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R. e MAYS, L. W. **Applied Hydrology.** New York: McGraw-Hill Book Company, 1988.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. p. 120-125.



COMEC - Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. **Relatório Ambiental: Região Metropolitana de Curitiba**. Curitiba: COMEC, 1997.

CRÓSTA A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 1993. p. 107- 131.

DALARMI, O. Utilização Futura dos Recursos Hídricos da Região metropolitana de Curitiba. In: **SANARE - Revista Técnica da Sanepar**. Curitiba: v. 4, n. 4, Abril, Maio e Junho 1995. p. 31- 43.

DIAS, N. L. e KAN, A. Evaporação e Evapotranspiração: I - Conceitos Fundamentais. In. **A Água em Revista: Revista Técnica e Informativa da CPRN**. Belo Horizonte, n. 11, nov. 1999. p. 37-48.

DOORENBOS, J e PRUIT, W. O. **Crop Water Requirement**. Rone: FAO, 1977. (Irrigation and Drainage, Paper 24)

FIORI, A. P. Evolução geológica da bacia do Açungui. In: **Boletim Paranaense de Geologia**, n. 42, 1994. p. 7-27.

FORD, D. e WILLIAMS, P. **Karst Geomorphology and Hydrology**. New York: Chapman e Hall, 1991.

FRAGA, C. G. Análise Introdutória à Hidrogeologia do "Karst" Paranaense. In: **VIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. Recife, 1994, p. 244-255.

FRAGA, C. G. e GUARDA, M. J. Projeto Karst Emergencial: Concepção e Diretrizes. In: **SANARE - Revista Técnica da Sanepar**. Curitiba: v. 6 n.º 6 Julho a Dezembro 1996, p. 27-43.

FRAGA, C. G. Características Hidrogeológica e Geoquímica do Sistema Aquífero "Karst" Paranaense na Região de Colombo-Fervida. In: **IX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. Salvador, 1996, p. 47- 50.

GAZETA DO POVO. **AQÜIFERO continua preocupando moradores de Colombo**. Curitiba, 22 fev. 1999.

HARUM et al. **Relatório de Acompanhamento Progressivo Projeto Karst**. Curitiba: Institut Joanneum Research - SUDERSA/SANEPAR/UFPR/COMEC, 1998.

IAPAR - Instituto Agrônômico do Paraná. **Cartas Climáticas do Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1994. p. 45.

IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro: 1999. v. 7.

**IBGE. Censo Demográfico 2000: Resultados Preliminares.** Rio de Janeiro, 2000.

**KAYANE, I. Hydrology.** Tokio: Taimeido, 1980, p. 272.

**KLEIN, R. Fitofisionomia e notas sobre a vegetação para acompanhar a planta fitogeográfica de parte dos municípios de Rio Branco do Sul, Almirante Tamandaré e Colombo (PR).** In: **Boletim UFPR. Instituto Geologia e Geografia Física**, n. 3, 1962, p. 93.

**KOHLER, H. C. Geomorfologia cárstica.** In: **GUERRA, Antônio T. e GUERRA, Antônio J. T. (Orgs) Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.

**LENCASTRE, A. e FRANCO, F. M. Lições de Hidrologia.** Lisboa: Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia, 1984.

**Lei Federal N.º 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos.**

**LILLESAND, T. M. e KIEFER, R. W. Remote Sensing and Image Interpretation.** New York: John Wiley & Sons, 1987. p. 669-679.

**LISBOA, Á. A. Proposta de Metodologia, para Avaliação Hidrogeológica do Aquífero Cárstico, Compartimento de S. Miguel.** Curitiba: Dissertação do Departamento de Geologia - UFPR, 1997.

**MARINI, O. J.; TREIN E. e FUCK R. A. O Grupo Açungui no Estado do Paraná.** In: **BIGARELLA, J, J.; SALAMUNI, R. e PINTO, U. M. Boletim Paranaense de Geociências (Geologia do Pré-Devoniano e Intrusivas Subsequentes da Porção Oriental do Estado do Paraná) Contribuição da Comissão da Carta Geológica do Paraná ao XXI Congresso Brasileiro de Geologia.** Curitiba: n. 23 à 25, 1967, p. 43-104.

**MARINI, O. J. e BIGARELLA, J. J. Rochas Calcárias do Grupo Açungui.** In: **BIGARELLA, J, J.; SALAMUNI, R. e PINTO, U. M. In: Boletim Paranaense de Geociências (Geologia do Pré-Devoniano e Intrusivas Subsequentes da Porção Oriental do Estado do Paraná) Contribuição da Comissão da Carta Geológica do Paraná ao XXI Congresso Brasileiro de Geologia.** Curitiba: n. 23 à 25, 1967, p. 105-181.

**MARQUES, G. F. Avaliação das disponibilidades hídricas superficiais e da aptidão agrícola do solo em estado natural como subsídio para gestão dos recursos hídricos na Bacia do rio Jumento - MG.** São Paulo: 1999. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil - USP.

MILANOVIC, P. T. **Karst Hydrogeology**. Trebinje: Water Resources Publications, 1979.

MILANOVIC, P. T. Influence of the Karst Spring Submergence on the Karst Aquifer Regime. In: **Journal of Hydrology**. Elsevier Science Publishers B. V. , Amsterdam, 84, 1986. p. 141-156.

MINEROPAR. **Guia de Preservação de Acidentes Geológicos Urbanos**. Curitiba, 1998.

MOREIRA, F. M.; ARAÚJO, L. M. N. de e BARROS, P. S. T. Análise de Consistência de dados Fluviométricos. In: **A água em Revista - Ano IV - n.º 7**, maio de 1996, p. 43 a 47.

MOSLEY, M. P. Streamflow Generation in a Forested Watershed, New Zealand. In: **Water Resources Research**. v. 15, n. 4, August 1979. p. 795-806.

MORTON, F. I. Climatological Estimates of Evapotranspiration. In: **Journal of the Hydraulics Division**. American Society of Civil Engineers, v.102, n. HY3, March 1976

MORTON, F. I. Estimating Evapotranspiration From Potencial Evaporation: Practicality of an Inconoclastic Approach. In: **Journal of Hydrology**. v. 38, 1978. p. 1-32.

MORTON, F. I. Operational Estimates of Areal Evapotranspiration and their Significance to the Science and Practice of Hydrology. In: **Journal of Hydrology**. v. 66, 1983. p. 1-76.

MULLER, I. I. **Métodos de Avaliação da Evaporação e Evapotranspiração - Análise Comparativa para o Estado do Paraná**. Dissertação do Departamento de Engenharia Hidráulica, CEHPAR - UFPR, 1995.

NADAL, C. A.; RATTON, E.; ROSA FILHO, E. F. et al. Monitoramento de subsidências do terreno devido a extração de aquíferos cárstico. In: **Encontro Nacional de Perfuradores de Poços**, 9, Curitiba. Anais... Curitiba: ABAS, 1995. p. 83-90.

NICOLATO, R. Sanepar é acusada de provocar falta d'água. In: **Gazeta do Povo**, Curitiba, 31 set. 1999a.

NICOLATO, R. Sanepar Paralisação no Karst pode causar falta d'água. In: **Gazeta do Povo**, Curitiba, 2 out. 1999b.

OLIVEIRA, L. M. **A Gestão de Riscos Geológicos Urbanos em Áreas de Carste.** Curitiba: 1997. Monografia de Especialista em Gestão Técnica do Meio Urbano (PUC-PR).

OLIVEIRA, S. M. de. **Análise do processo chuva-vazão de duas bacias hidrográficas na região litorânea do Estado do Paraná, através do Modelo de Tanque.** Curitiba: 1999. Dissertação de Pós-Graduação em Ciências do Solo.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia Vegetal.** São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981.

PEREIRA, A. R.; NOVA, N. A. V. e SEDIYANA, G. C. **Evapo(transpi)ração.** Piracicaba: FEALQ, 1997.

PILÓ, L. B. Geomorfologia cárstica. In: **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 1, n. 1, 2000. p. 88-102.

POSTEL, S. **Water: Rethinking Management in an Age of Worldwatch Paper 82.** Washington, DC: Worldwatch Institute, December, 1984. p. 12.

PRATES, C. e AMARAL, J. R. **Aspectos da problemática Referente a Captação da Água do Aquífero Karst em Colombo - PR.** Curitiba, 2000. Monografia de Especialização em Gerenciamento Ambiental na Indústria - UFPR (SENAC/CETSAM).

PRANDINI, F. L.; PONÇANO, W. L.; DANTAS, <sup>a</sup> M. et. al. **Cajamar - Carst e Urbanização: A Experiência Internacional.** In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 5, 1987, São Paulo: ABGE, 1987. Anais... v. 1, p. 431-441.

PROJETO GEOTECNIA-REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA. **Mapeamento Geológico - Geotécnico nas Folhas COMEC A100, A103 e A093 (parcial).** Curitiba: Minerais do Paraná S.A.-MINEROPAR. v. 1 e 2, 1997. Convênio 04/95 - COMEC/MINEROPAR 2º Termo de Ajuste.

RAMOS, F. **Hidrologia.** In: RAMOS, et al.. **Engenharia Hidrológica.** Rio de Janeiro: ABRH; Editora da UFRJ, 1989, p.1-16.

SAGARA, F. T. **Estudo Hidrológico de uma Pequena Bacia Hidrográfica Experimental no Município de General Carneiro-PR, através de Monitoramento e Modelagem.** Curitiba: 2001. Dissertação de Pós-Graduação em Ciências do Solo.

SILVA, R. da. e OKA-FIORI, Chisato. **Estudo Das Formas Cársticas Como Base Para O Gerenciamento do Uso Do Manancial Subterrâneo na Região de Almirante Tamandaré E Rio Branco do Sul - PR.** In. **Boletim Paranaense de Geociências.** Curitiba: Editora da UFPR, N.º 44, 1996, p. 59-66.

**SILVA, R. da. Identificação das Áreas de Recarga e Descarga do Aquífero Carste na Bacia do Ribeirão da Onça e sua Relação com o Manancial de Superfície, no Município de Colombo-Pr. Curitiba: 2001. Dissertação de Pós-Graduação em Ciências do Solo.**

SILVEIRA, A. L. L. da. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ABRH), 2000, p. 35-51.

SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Atlas de Recursos Hídricos do Estado do Paraná**. Curitiba: SUDERHSA, 1998, p. 7, 9, 11 e 14.

TUBELIS, A. e NASCIMENTO, F. J. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1992. p. 374.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ABRH), 2000.

TUCCI, C. E. M. e BELTRAME, L. F. S. Evaporação e Evapotranspiração. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ABRH), 2000. p. 253-287.

VILLELA, S. M. e MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, Ltda, 1975.

ZUQUETTE, L. V. e ALBRECHT, K. J. Carste: Terminologia, Feições e Formas de Relevo - Base para o Mapeamento Geotécnico. In: **Geociências**. São Paulo: Ed. UNESP- Universidade Estadual Paulista. v. 1. 15 - julho/dezembro, 1996. p. 339 -537.

ZUQUETTE, L. V. e ALBRECHT, K. J. **Avaliação dos Problemas Geológicos - Geotécnicos em Terrenos Cársticos - Base para o Mapeamento Geotécnico**. São Carlos: USP, 1996. Seminários Gerais.

## **ANEXOS**

ANEXO 1 - DADOS DE PRECIPITAÇÃO.....	91
ANEXO 2 - DADOS DE VAZÃO.....	96

## ANEXO 1 - DADOS DE PRECIPITAÇÃO

Tabela 19 - Dados de Precipitação (mm/dia) da Estação Colombo (Código: 02549090), em 1997.

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1	0,0	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0
2	2,0	2,7	0,7	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	30,0
3	9,2	3,5	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	15,3	0,0
4	1,6	7,3	16,3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,0	0,0	1,3	0,0
5	0,0	0,2	0,0	0,0	0,6	7,8	0,0	7,3	2,0	0,0	0,0	1,7
6	0,0	0,0	16,4	0,0	0,0	0,9	0,0	0,2	0,1	26,0	5,4	0,0
7	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	11,1	2,6	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,7	0,0	2,6	0,0	16,4
9	2,4	0,0	0,5	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0
10	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,3	0,0
11	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,7	0,1	7,3	3,0
12	0,0	19,3	0,3	0,0	0,0	3,3	0,0	0,1	0,0	0,0	6,9	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,2	4,8	0,0
14	7,8	0,2	0,0	0,0	0,0	20,7	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	0,0
15	1,0	3,6	16,7	0,0	2,9	5,4	0,0	0,0	35,9	0,0	0,0	14,4
16	0,0	17,9	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0
17	3,9	8,1	0,0	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	53,8	1,8
18	0,9	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	20,7	0,0	0,0	0,0	40,1	0,5
19	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	11,4	0,0
20	19,7	2,5	0,0	0,2	0,0	20,4	0,1	0,0	0,0	28,1	0,5	0,0
21	81,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,8	25,5	18,7	0,0	5,2	0,0	0,0
22	32,0	0,0	0,0	0,0	19,9	0,0	10,5	11,8	53,5	28,8	11,5	1,4
23	38,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,6	0,0	0,2	0,0	0,0
24	5,3	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	15,4	1,1
25	4,7	0,7	0,3	0,0	11,7	0,0	0,0	7,9	14,0	0,0	0,0	0,0
26	1,2	16,3	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,3	12,2	0,0	3,6	0,0
27	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	37,6	0,0	0,1	0,5	3,4	14,8	0,0
28	2,3	0,0	0,0	0,0	18,4	31,4	0,2	0,0	0,0	0,0	15,7	0,0
29	2,2		0,0	0,0	0,4	13,1	0,1	0,0	32,0	0,0	0,0	61,8
30	14,8		0,0	0,0	0,0	29,1	0,0	0,0	20,0	16,0	0,0	0,5
31	3,7		0,0		0,3		0,0	0,0		9,9		0,0

FONTE SUDERHSA (2000).

Tabela 20 - Dados de Precipitação (mm/dia) da Estação Colombo (Código: 02549090), em 1998.

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1	0,0	0,0	0,0	29,6	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	7,7	0,0	0,0
2	0,0	20,9	46,1	0,9	0,0	0,1	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,8	2,0	0,0	0,0	0,0	32,4	14,2	0,0	0,0	0,3	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,1	27,2	0,0	5,7	0,0	0,0	0,0
5	76,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,5	0,0	35,8	0,0	6,2
6	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0
7	7,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,5	0,0	8,4
8	28,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	52,7	31,6	0,0	0,0
9	4,2	0,3	21,9	0,0	0,0	0,1	65,0	0,0	6,0	7,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,0	0,9	0,0	0,1	13,2
11	0,0	11,8	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	34,4
12	2,0	19,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	10,9
13	0,0	0,6	2,3	2,1	0,0	0,0	0,5	24,1	0,0	4,7	0,0	0,0
14	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,3	17,8	0,0	0,0	0,0
15	7,7	0,0	0,0	0,0	20,9	2,9	0,2	0,0	25,8	0,0	0,0	10,0
16	15,0	9,2	15,4	12,4	0,0	0,0	0,1	0,0	2,9	0,0	0,4	4,8
17	0,4	1,5	1,4	12,4	0,0	0,0	0,0	2,6	0,0	13,1	0,0	17,3
18	0,0	0,1	28,5	0,3	0,5	0,0	0,0	23,1	5,3	0,0	0,0	0,4
19	0,0	0,0	38,7	0,0	0,0	77,4	0,0	33,7	8,0	6,0	0,0	0,0
20	0,0	3,0	12,6	0,2	0,0	0,0	11,7	0,1	0,0	0,6	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	83,8	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8
23	0,0	0,0	28,7	0,0	0,0	0,0	4,6	0,0	2,4	0,0	1,4	41,6
24	3,8	0,0	0,1	60,4	0,0	16,8	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	6,3
25	0,0	13,9	18,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	68,1	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	45,1	1,7	0,0
27	1,8	0,2	2,4	16,1	25,5	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	0,9	0,0
28	0,0	0,1	0,0	15,0	0,0	0,0	0,1	0,0	36,4	0,0	0,0	3,8
29	1,8	0,0	0,4	0,8	0,5	0,0	0,0	0,0	72,6	0,0	0,0	2,9
30	0,5	0,0	55,1	0,0	0,2	0,3	0,0	0,0	6,4	0,7	10,8	0,0
31	0,2	0,0	12,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	0,2	0,0	0,0

FONTE: SUDERHSA (2000)

Tabela 21 - Dados de Precipitação (mm/dia) da Estação Colombo (Código: 02549090), em 1999.

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1	0,0	36,1	4,2	0,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	8,6	0,2	0,0
3	0,0	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	23,6
5	35,6	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	121,1	0,0	0,0	0,0	21,6	0,0
6	1,0	0,0	0,0	0,0	16,2	0,0	0,8	0,0	0,2	0,2	6,2	0,0
7	1,3	0,0	0,0	1,0	14,1	0,5	30,1	0,0	0,0	0,2	0,0	15,6
8	6,4	36,2	1,3	0,7	0,0	0,0	2,7	0,0	9,8	8,2	0,0	1,2
9	20,6	29,8	0,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	30,5	5,4	0,0	4,2
10	0,0	20,6	3,1	0,0	2,6	20,4	0,0	0,0	8,8	0,2	2,4	0,0
11	66,1	0,2	4,9	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,4	0,4	1,0	4,2
12	1,2	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,7	0,0	7,0	0,0	8,4	0,0
13	12,2	0,0	0,0	6,8	0,1	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	10,8	0,4
14	0,3	0,0	0,0	0,2	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	5,8
15	0,0	0,0	3,9	9,8	0,0	6,1	0,1	0,0	33,9	0,0	1,2	0,0
16	3,9	0,0	0,0	17,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,4	3,8	2,4	0,0
17	0,4	94,5	0,3	11,3	0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	47,4	0,0	0,0
18	27,6	3,0	0,3	0,0	0,7	19,3	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
19	11,6	9,7	0,0	1,4	0,0	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	1,3	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
21	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	25,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2
22	25,2	11,2	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,2	0,0	0,0
23	0,0	56,8	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	1,0	0,2	16,4	0,0
24	0,0	0,0	11,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	8,6	0,0
25	25,5	6,8	0,0	0,0	0,0	7,1	0,0	0,0	0,2	0,4	0,0	0,0
26	0,3	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0
27	0,0	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	8,8
28	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	0,0	0,0	14,6	0,0	19,2
29	6,9	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	38,6	0,0	0,0
30	5,3	0,0	0,3	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	3,8	0,4	0,0	0,0
31	0,0	0,0	52,0	0,0	6,5	0,0	0,0	4,6	0,0	1,4	0,0	8,0

FONTE: SUDERHSA (2000)



Tabela 22 - Dados de Precipitação (mm/dia) da Estação Colombo (Código: 02549090), em 2000.

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1	2,4	49,2	3,8	0,0	0,0	0,0	0,2	4,4	0,8	0,0	0,0	28,6
2	4,6	1,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	8,8	0,0	0,0	0,0
3	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	7,2	10,6	0,0	1,4	0,0
4	0,6	5,8	0,0	0,8	2,0	0,0	0,0	8,8	0,0	0,0	0,0	10,6
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,8	0,0	15,4
6	0,0	0,0	13,4	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0
7	6,4	0,0	12,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	7,4	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	2,6	2,6	0,0	0,0	7,0	0,4	14,2	0,0	16,2	0,0	0,0
11	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	19,6	19,4	19,2	0,0
12	0,0	3,6	0,0	0,0	0,6	0,0	1,0	0,0	58,8	0,0	0,0	0,0
13	0,0	6,2	0,0	0,0	0,4	0,0	0,4	0,0	14,0	15,6	2,6	0,0
14	0,0	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,4	21,2	17,2	5,6
15	9,4	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	2,0	2,6	0,6	16,2
16	20,2	31,4	0,8	0,0	0,0	0,0	12,6	3,6	5,8	0,0	0,0	15,8
17	13,4	21,8	1,4	0,0	16,6	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	0,0	5,4
18	1,4	0,8	0,0	4,4	0,0	53,4	0,0	0,4	17,6	0,0	11,2	0,0
19	26,6	0,2	0,6	0,2	1,0	11,6	0,0	0,0	8,0	2,2	1,8	0,0
20	0,4	0,0	1,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	7,2
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	0,0	19,4	0,0
23	0,0	3,2	5,8	0,0	0,0	0,0	43,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4
25	0,2	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0	2,0	16,8	26,0
26	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,6	0,0	0,0	0,2	0,0	3,8	9,0
27	1,0	0,4	4,8	0,0	5,4	24,4	0,0	31,2	0,0	4,0	0,0	48,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,6	0,0	10,2	0,0	0,0
29	0,0	10,2	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,2
30	0,0		1,2	0,0	0,8	12,8	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	14,0
31	0,2		0,0		0,0		0,0	0,0		0,0		2,6

FONTE: SUDERHSA (2000)

Tabela 23 - Dados de Precipitação (mm/dia) da Estação Capivari (Código: 02549108), em 1997.

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1							0,0	0,0	0,0	1,9	4,9	2,7
2							0,0	0,0	0,0	0,7	1,5	13,8
3							0,0	0,0	0,0	0,0	13,9	0,0
4							0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0
5							0,0	14,1	1,8	0,0	0,0	1,2
6							0,0	0,4	0,0	20,3	4,7	0,0
7							0,0	0,4	0,0	11,4	1,8	10,8
8							0,0	0,6	0,0	0,1	0,6	7,8
9							0,0	0,2	0,0	37,4	0,0	0,0
10							0,0	0,6	0,0	3,8	1,2	0,0
11							0,0	0,0	1,9	11,5	1,5	12,5
12							0,0	0,0	0,0	15,9	4,5	0,0
13							0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0
14							0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	0,0
15							0,0	0,0	39,1	0,0	4,2	19,3
16							0,0	0,0	0,0	9,8	13,8	1,6
17							0,0	0,0	0,0	0,5	19,2	1,2
18							26,8	0,0	0,0	0,0	31,7	0,0
19							0,0	0,0	0,0	2,1	9,0	0,0
20							0,1	0,0	11,7	9,0	0,0	0,0
21							25,6	2,1	25,0	17,3	0,0	0,0
22							8,8	9,5	11,9	25,6	2,2	0,0
23							0,0	24,4	0,0	0,7	5,1	0,0
24							0,0	2,0	0,0	0,0	4,2	2,5
25							0,0	0,0	14,7	0,0	0,1	9,0
26							0,0	0,0	14,8	0,7	3,0	2,9
27							0,0	0,0	0,0	0,0	28,8	0,0
28							0,0	0,0	0,0	0,0	13,3	1,9
29							0,0	0,0	26,5	0,0	0,2	25,0
30							0,0	0,0	18,8	15,3	0,0	0,2
31							0,0	0,0		19,8		0,0

FONTE: SUDERHSA (2000)

Tabela 24 - Dados de Precipitação (mm/dia) da Estação Capivari (Código: 02549108), em 1998.

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1	4,1	9,9	28,3	23,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	0,0	0,0
2	6,2	0,7	12,0	3,2	0,0	0,0	4,2	13,4	0,0	0,0	0,0	0,0
3	1,5	1,9	3,5	0,0	0,0	0,0	40,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	20,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	32,6	0,0	7,3	12,9	0,0	0,0
5	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,6	11,2	27,7	0,0	11,0
6	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	28,3	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,9	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,3	8,1	0,0	1,6
8	31,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7	19,2	0,0	0,0
9	4,4	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	58,6	0,0	6,5	8,3	0,0	0,0
10	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,5	0,7	0,0	0,3	8,3
11	0,0	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	4,7	31,1
12	0,0	18,9	2,9	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	3,6
13	0,0	0,2	1,4	0,0	0,3	0,0	1,6	25,0	6,3	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,3	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	33,8	18,3	0,0	0,0	0,0
15	8,3	1,4	17,5	0,0	18,2	0,0	0,0	0,2	12,6	0,0	1,7	1,7
16	10,9	9,7	1,1	8,7	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	4,2
17	0,0	2,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	33,8	0,0	11,0	0,0	14,5
18	0,0	0,0	51,6	0,0	0,5	0,0	0,0	32,5	0,1	1,4	0,0	0,0
19	0,2	3,7	9,7	0,0	0,0	91,3	8,3	0,0	18,2	0,3	0,0	0,0
20	0,0	12,0	22,3	0,0	0,0	0,4	0,0	1,1	67,0	0,2	0,0	0,0
21	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	10,2	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	3,6	0,8
23	0,0	0,0	41,0	0,0	0,0	0,0	2,9	0,2	4,8	0,0	0,0	17,5
24	0,0	0,4	0,0	39,5	0,0	13,1	0,0	0,0	0,0	30,3	0,0	29,3
25	51,7	12,7	35,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,6
26	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,7	34,8	2,3	0,0
27	25,9	0,7	0,0	15,7	19,3	0,0	0,0	0,0	4,0	12,8	0,4	0,0
28	0,0	18,8	0,0	21,0	0,0	0,4	0,0	0,0	26,2	2,7	0,0	0,0
29	1,5		28,8	0,0	1,2	0,0	0,0	3,5	60,6	0,0	0,0	9,6
30	0,0		38,2	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	6,2	0,2	3,7	0,2
31	17,9		13,7		0,0		0,0	0,0		1,1		0,0

FONTE SUDERHSA (2000)

Tabela 25 - Dados de Precipitação (mm/dia) da Estação Capivari (Código: 02549108), em 1999.

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1	0,0	32,8	0,0	0,2	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
2	2,6	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0
3	0,0	10,2	0,0	0,3	0,0	0,0	15,8	0,0	0,0	11,5	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	1,2	79,5	0,0	0,0	0,4	0,0	11,2
5	36,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	37,1	0,0	0,0	0,0	16,5	0,0
6	0,8	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	1,2	1,3	0,3
7	0,7	0,0	0,3	0,0	34,7	0,0	17,9	0,0	0,0	0,0	0,0	14,9
8	4,0	30,9	0,2	0,3	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	11,8	0,0	0,2
9	33,4	44,6	4,9	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	39,6	0,0	0,0	9,0
10	33,4	14,5	33,4	1,0	3,8	18,2	0,0	0,0	19,7	0,0	3,6	0,4
11	31,6	3,6	0,0	0,4	0,0	0,0	1,3	0,0	1,6	1,1	0,0	0,5
12	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,5	0,0	24,0	3,0
13	43,4	0,0	0,0	9,4	0,0	2,2	0,0	0,0	0,5	0,0	4,4	4,6
14	1,2	51,7	2,2	0,6	0,0	2,8	0,0	0,0	5,7	0,0	0,0	10,3
15	0,0	11,9	0,0	31,3	0,5	5,0	0,0	0,0	18,9	0,0	4,4	0,0
16	29,9	7,5	0,0	16,0	0,9	0,0	0,0	1,3	0,0	16,7	1,5	0,0
17	14,2	10,3	0,0	11,9	0,3	0,3	0,0	6,5	0,0	44,6	0,0	0,0
18	4,7	0,4	0,2	0,0	0,0	17,0	0,0	2,4	0,0	1,0	0,0	0,0
19	11,3	2,9	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	16,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
22	0,0	4,6	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	11,8	49,0	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	4,9	0,2
24	3,1	9,1	9,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	10,7	0,0
25	21,4	14,5	3,0	0,0	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	1,3	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,6
28	19,6	1,6	2,3	0,7	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	27,8	0,0	36,4
29	25,1		1,9	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	16,2	0,0	0,0
30	1,9		0,0	0,0	8,2	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0
31	17,3		16,4		0,0		0,0	0,0		3,2		9,9

FONTE SUDERHSA (2000)

Tabela 26 - Dados de Precipitação (mm/dia) da Estação Capivari (Código: 02549108), em 2000.

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1	15,3	45,8	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	0,2	0,0	0,0	4,5
2	5,9	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	21,1	0,0	0,0	0,0
3	2,9	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	1,5	9,9	7,1	0,0	0,0	0,0
4	0,3	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,1	0,0	0,0	0,0	14,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8	0,0	0,0
6	0,0	1,3	21,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,6	0,0	0,0
7	0,0	0,0	14,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	15,9	0,0	3,1	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8	0,0	21,7	1,7	0,0
11	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	16,9	15,7	0,0	0,0
12	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	44,5	0,0	12,6	0,0
13	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,8	26,7	0,0	0,0
14	0,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,6	18,6	23,7	6,5
15	3,5	14,1	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	8,3	0,0	0,0	14,4
16	16,0	29,7	1,3	0,0	21,7	0,0	7,1	5,1	6,7	0,0	0,0	4,9
17	0,2	23,2	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,6	0,0	0,0	1,4
18	10,4	1,7	0,0	5,5	0,0	42,4	0,0	0,4	14,9	0,0	20,3	0,0
19	26,2	0,2	0,5	0,0	0,0	14,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
20	0,3	0,0	2,7	0,0	2,5	0,2	0,0	0,0	10,7	0,0	0,3	0,0
21	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	40,6	0,0	0,0	0,0	0,0	11,8	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,7	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
23	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,3	0,0	6,7	0,0	3,3	50,4
25	0,0	0,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	5,4	16,7	9,5
26	14,9	0,0	0,2	0,0	3,8	9,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,4
27	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	0,0	29,0	0,0	17,3	0,0	0,0
28	0,0	0,0	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	58,4	0,0	0,0	0,0	0,1
29	0,0	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	13,2
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,1	1,6
31	8,5		1,6		0,0		0,0	1,1		0,0		0,3

FONTE SUDERHSA (2000)

## ANEXO 2 - DADOS DE VAZÃO

Tabela 27 - Dados de Vazão (m<sup>3</sup>/s) da Estação Montante da Ponte (Código: 81290500), em 1997.

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1								0,17	0,13	0,32	0,27	0,24
2								0,17	0,13	0,28	0,24	0,42
3								0,19	0,14	0,26	0,29	0,27
4								0,19	0,14	0,27	0,26	0,22
5								0,21	0,16	0,26	0,23	0,24
6								0,19	0,15	0,44	0,26	0,21
7							0,20	0,19	0,17	0,31	0,24	0,23
8							0,19	0,19	0,16	0,28	0,23	0,23
9							0,21	0,18	0,15	0,35	0,20	0,22
10							0,19	0,17	0,13	0,28	0,21	0,32
11							0,18	0,18	0,15	0,49	0,21	0,28
12							0,17	0,17	0,15	0,49	0,22	0,24
13							0,19	0,17	0,14	0,32	0,24	0,21
14							0,17	0,17	0,13	0,30	0,26	0,23
15							0,17	0,14	0,30	0,29	0,3	0,22
16							0,16	0,17	0,19	0,30	0,28	0,20
17							0,17	0,17	0,17	0,28	0,67	0,21
18							0,29	0,17	0,15	0,28	1,02	0,21
19							0,21	0,15	0,15	0,27	0,60	0,19
20							0,30	0,15	0,21	0,46	0,42	0,19
21							0,33	0,23	0,19	0,58	0,35	0,17
22							0,26	0,20	0,23	0,54	0,32	0,16
23							0,23	0,23	0,20	0,32	0,32	0,15
24							0,21	0,19	0,21	0,29	0,35	0,18
25							0,22	0,17	0,40	0,26	0,30	0,20
26							0,23	0,18	0,32	0,28	0,30	0,19
27							0,28	0,16	0,30	0,26	0,51	0,17
28							0,17	0,17	0,30	0,24	0,4	0,18
29							0,19	0,13	0,63	0,26	0,29	0,26
30							0,19	0,15	0,44	0,30	0,26	0,19
31							0,15	0,13		0,30		0,18

FONTE: SUDERHSA (2000)

Tabela 28 - Dados de Vazão (m<sup>3</sup>/s) da Estação Montante da Ponte (Código: 81290500), em 1998.

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1	0,19	0,23	0,60	1,32	0,28	0,19	0,42	0,28	0,28	0,83	0,42	0,26
2	0,21	0,19	0,28	0,72	0,28	0,24	0,49	0,32	0,28	0,74	0,40	0,23
3	0,22	0,31	0,26	0,51	0,26	0,19	1,42	0,30	0,28	0,79	0,40	0,26
4	0,54	0,21	0,23	0,44	0,26	0,19	0,90	0,28	0,29	0,63	0,35	0,23
5	0,23	0,19	0,21	0,4	0,26	0,19	0,58	0,54	0,33	1,62	0,35	0,27
6	0,23	0,21	0,21	0,4	0,31	0,21	0,51	0,40	0,29	1,25	0,33	0,26
7	0,21	0,21	0,21	0,44	0,23	0,19	0,51	0,30	0,65	1,69	0,31	0,26
8	0,35	0,19	0,20	0,35	0,23	0,19	0,72	0,28	0,49	1,49	0,32	0,26
9	0,28	0,19	0,19	0,37	0,22	0,19	1,59	0,27	0,37	1,05	0,32	0,23
10	0,23	0,19	0,16	0,35	0,22	0,19	0,72	0,27	0,35	0,83	0,32	0,26
11	0,23	0,28	0,21	0,31	0,20	0,19	0,63	0,26	0,32	0,81	0,32	0,46
12	0,23	0,26	0,21	0,30	0,19	0,19	0,58	0,27	0,32	0,72	0,37	0,32
13	0,20	0,19	0,23	0,30	0,21	0,19	0,54	0,49	0,35	0,67	0,30	0,28
14	0,19	0,19	0,24	0,28	0,23	0,19	0,54	1,29	0,40	0,63	0,31	0,30
15	0,23	0,19	0,26	0,28	0,27	0,19	0,49	0,42	0,54	0,58	0,30	0,33
16	0,24	0,23	0,23	0,29	0,26	0,19	0,49	0,33	0,37	0,60	0,30	0,35
17	0,20	0,18	0,22	0,32	0,23	0,19	0,44	0,32	0,35	0,60	0,28	0,44
18	0,21	0,19	0,98	0,30	0,23	0,23	0,44	1,02	0,35	0,49	0,28	0,40
19	0,20	0,18	0,77	0,30	0,23	1,96	0,49	1,99	1,02	0,49	0,28	0,35
20	0,19	0,19	0,60	0,30	0,22	0,40	0,35	0,63	2,02	0,49	0,28	0,35
21	0,18	0,19	0,30	0,29	0,21	0,32	0,32	0,49	0,95	0,44	0,28	0,4
22	0,16	0,17	0,33	0,27	0,21	0,40	0,31	0,40	0,60	0,40	0,28	0,35
23	0,17	0,18	0,60	0,28	0,22	0,40	0,31	0,40	0,51	0,40	0,26	0,63
24	0,13	0,17	0,58	0,90	0,23	0,44	0,31	0,35	0,49	0,77	0,26	0,46
25	0,44	0,17	0,58	0,33	0,21	0,44	0,3	0,32	0,63	0,46	0,26	0,40
26	0,28	0,19	0,37	0,31	0,23	0,40	0,28	0,32	0,44	1,55	0,26	0,35
27	0,24	0,17	0,31	0,33	0,23	0,40	0,28	0,30	0,77	1,42	0,28	0,35
28	0,20	0,27	0,42	0,58	0,21	0,40	0,30	0,30	0,74	0,54	0,26	0,35
29	0,19		0,58	0,35	0,21	0,42	0,29	0,30	2,76	0,46	0,26	0,46
30	0,19		0,95	0,31	0,20	0,42	0,28	0,31	0,98	0,46	0,28	0,35
31	0,26		0,81		0,19		0,28	0,30		0,44		0,33

FONTE: SUDERHSA (2000)

Tabela 29 - Dados de Vazão (m<sup>3</sup>/s) da Estação Montante da Ponte (Código: 81290500), em 1999.

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1	0,33	0,81	0,54	0,37	0,23	0,23	0,26	0,30	0,26	0,26	0,28	0,30
2	0,32	0,67	0,49	0,32	0,23	0,26	0,28	0,30	0,24	0,35	0,27	0,44
3	0,30	0,60	0,46	0,30	0,23	0,23	0,30	0,30	0,23	0,33	0,26	0,49
4	0,28	0,49	0,44	0,30	0,23	0,26	2,49	0,30	0,23	0,32	0,24	0,54
5	0,54	0,49	0,44	0,30	0,23	0,26	1,15	0,28	0,26	0,31	0,30	0,33
6	0,32	0,42	0,44	0,29	0,31	0,26	0,58	0,28	0,27	0,26	0,27	0,30
7	0,30	0,40	0,44	0,30	0,29	0,26	0,93	0,28	0,26	0,26	0,24	0,32
8	0,44	0,69	0,40	0,28	0,23	0,26	0,63	0,28	0,26	0,29	0,23	0,27
9	0,63	1,22	0,44	0,28	0,23	0,26	0,56	0,28	0,44	0,28	0,23	0,23
10	0,63	0,86	0,86	0,28	0,24	0,32	0,51	0,28	0,40	0,23	0,23	0,21
11	0,77	0,60	0,49	0,28	0,24	0,28	0,49	0,27	0,30	0,24	0,23	0,21
12	0,79	0,54	0,44	0,28	0,24	0,27	0,44	0,27	0,42	0,24	0,30	0,26
13	0,86	0,46	0,44	0,28	0,22	0,27	0,42	0,24	0,31	0,23	0,28	0,23
14	0,58	2,56	0,40	0,35	0,20	0,28	0,40	0,27	0,31	0,24	0,28	0,22
15	0,58	1,22	0,40	0,30	0,21	0,27	0,40	0,27	0,49	0,23	0,26	0,19
16	0,63	0,81	0,35	0,37	0,21	0,26	0,40	0,28	0,30	0,46	0,26	0,18
17	0,63	0,77	0,35	0,40	0,21	0,26	0,35	0,28	0,29	0,49	0,23	0,17
18	0,56	0,63	0,33	0,30	0,22	0,32	0,35	0,28	0,28	0,32	0,23	0,21
19	0,58	0,58	0,32	0,29	0,23	0,30	0,35	0,28	0,28	0,29	0,22	0,23
20	0,46	0,51	0,32	0,27	0,21	0,32	0,35	0,27	0,28	0,30	0,27	0,26
21	0,40	0,49	0,33	0,27	0,23	0,33	0,33	0,26	0,28	0,28	0,23	0,28
22	0,44	1,29	0,32	0,28	0,22	0,29	0,32	0,26	0,24	0,28	0,23	0,33
23	0,40	1,55	0,35	0,26	0,23	0,28	0,32	0,26	0,28	0,26	0,23	0,31
24	0,67	1,35	0,44	0,26	0,22	0,28	0,32	0,26	0,26	0,26	0,28	0,30
25	0,49	0,98	0,31	0,26	0,21	0,28	0,30	0,23	0,26	0,26	0,24	0,33
26	0,40	0,72	0,30	0,26	0,19	0,28	0,32	0,21	0,28	0,26	0,24	0,32
27	0,74	0,65	0,28	0,28	0,19	0,28	0,30	0,22	0,26	0,35	0,17	0,46
28	0,49	0,58	0,30	0,26	0,20	0,28	0,32	0,26	0,24	0,35	0,23	0,63
29	0,81		0,32	0,26	0,22	0,28	0,31	0,26	0,26	0,40	0,28	0,40
30	0,49		0,30	0,26	0,28	0,28	0,32	0,27	0,29	0,29	0,26	0,31
31	0,95		0,56		0,26		0,31	0,42		0,28		0,44

FONTE: SUDERHSA (2000)

Tabela 30 - Dados de Vazão (m<sup>3</sup>/s) da Estação Montante da Ponte (Código: 81290500), em 2000.

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1	0,40	0,83	0,56	0,26	0,17	0,17	0,23	0,19	0,22	0,28	0,32	
2	0,30	0,58	0,49	0,26	0,17	0,17	0,23	0,19	0,40	0,29	0,31	
3	0,28	0,60	0,40	0,26	0,17	0,17	0,21	0,23	0,28	0,28	0,30	
4	0,28	0,54	0,37	0,26	0,17	0,17	0,21	0,23	0,23	0,28	0,32	
5	0,30	0,46	0,44	0,24	0,17	0,17	0,21	0,24	0,23	0,51	0,33	
6	0,24	0,40	0,56	0,23	0,17	0,17	0,21	0,19	0,21	0,30	0,30	
7	0,26	0,37	0,58	0,22	0,17	0,16	0,21	0,19	0,21	0,30	0,28	
8	0,35	0,40	0,40	0,28	0,17	0,16	0,20	0,19	0,20	0,29	0,28	
9	0,24	0,32	0,33	0,30	0,17	0,16	0,19	0,19	0,21	0,28	0,26	
10	0,26	0,30	0,32	0,26	0,17	0,16	0,21	0,19	0,19	0,69	0,24	
11	0,30	0,30	0,30	0,23	0,17	0,16	0,19	0,19	0,32	0,54	0,26	
12	0,22	0,31	0,28	0,24	0,16	0,17	0,28	0,17	1,75	0,37	0,28	
13	0,20	0,33	0,28	0,23	0,17	0,17	0,23	0,17	1,49	1,35	0,28	
14	0,19	0,35	0,28	0,26	0,17	0,16	0,17	0,18	1,29	1,05		
15	0,26	0,56	0,28	0,28	0,17	0,16	0,23	0,17	0,98	0,72		
16	0,35	0,81	0,27	0,21	0,28	0,16	0,19	0,19	1,29	0,6		
17	0,35	0,77	0,30	0,21	0,22	0,16	0,19	0,19	1,75	0,54		
18	0,27	0,58	0,32	0,23	0,19	0,72	0,19	0,19	1,42	0,49		
19	0,46	0,35	0,30	0,32	0,19	0,35	0,18	0,17	1,25	0,46		0,27
20	0,24	0,35	0,30	0,24	0,19	0,49	0,17	0,17	1,12	0,42		0,23
21	0,23	0,44	0,27	0,20	0,19	0,58	0,17	0,17	0,81	0,37		0,26
22	0,26	0,42	0,26	0,19	0,19	0,31	0,26	0,17	0,67	0,35		0,28
23	0,23	0,33	0,26	0,19	0,19	0,28	0,46	0,15	0,54	0,32		0,27
24	0,21	0,28	0,26	0,22	0,18	0,26	0,22	0,15	0,54	0,30		0,49
25	0,22	0,26	0,28	0,20	0,17	0,26	0,21	0,13	0,67	0,33		0,90
26	0,35	0,30	0,26	0,19	0,18	0,26	0,20	0,14	0,44	0,74		0,81
27	0,32	0,32	0,24	0,19	0,18	0,35	0,19	0,67	0,35	0,51		1,29
28	0,23	0,42	0,26	0,17	0,18	0,27	0,19	0,58	0,32	0,51		0,72
29	0,21	0,65	0,27	0,17	0,18	0,24	0,19	0,31	0,32	0,44		1,72
30	0,40		0,29	0,17	0,18	0,26	0,19	0,24	0,29	0,42		0,95
31	0,79		0,27		0,17		0,19	0,23		0,35		0,81

FONTE: SUDERHSA (2000).

Tabela 31 - Dados de Vazão (m<sup>3</sup>/s) da Estação Olivério (Código: 81290400), em 1997.

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1								0,13	0,11	0,17	0,14	0,13
2								0,12	0,12	0,15	0,14	0,24
3								0,09	0,13	0,14	0,14	0,14
4								0,10	0,11	0,13	0,14	0,13
5								0,12	0,11	0,13	0,13	0,16
6								0,13	0,11	0,13	0,14	0,14
7								0,11	0,13	0,14	0,13	0,16
8								0,13	0,13	0,14	0,11	0,14
9								0,09	0,13	0,14	0,14	0,10
10								0,08	0,08	0,05	0,11	0,13
11								0,09	0,09	0,11	0,11	0,15
12								0,08	0,08	0,24	0,11	0,10
13								0,09	0,12	0,18	0,13	0,06
14								0,08	0,08	0,16	0,13	0,12
15								0,12	0,13	0,16	0,17	0,12
16								0,11	0,11	0,16	0,18	0,09
17								0,13	0,11	0,16	0,28	0,10
18								0,12	0,13	0,15	0,45	0,10
19								0,12	0,13	0,15	0,27	0,11
20								0,09	0,14	0,24	0,18	0,14
21								0,14	0,11	0,23	0,18	0,09
22								0,13	0,11	0,18	0,18	0,11
23								0,13	0,13	0,16	0,18	0,09
24							0,13	0,11	0,10	0,16	0,18	0,10
25							0,14	0,11	0,15	0,15	0,17	0,11
26							0,08	0,13	0,13	0,15	0,16	0,08
27							0,11	0,08	0,12	0,14	0,24	0,13
28							0,13	0,07	0,13	0,14	0,18	0,11
29							0,11	0,09	0,33	0,14	0,14	0,13
30							0,11	0,04	0,23	0,14	0,14	0,08
31							0,11	0,11		0,16		0,07

FONTE: SUDERHSA (2000)

Tabela 32 - Dados de Vazão (m<sup>3</sup>/s) da Estação Olivério (Código: 81290400), em 1998.

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1	0,08	0,09	0,13	0,47	0,13	0,12	0,23	0,13	0,13	0,21	0,21	0,17
2	0,09	0,13	0,14	0,43	0,12	0,13	0,62	0,13	0,14	0,30	0,20	0,16
3	0,12	0,13	0,08	0,25	0,08	0,13	0,33	0,10	0,12	0,31	0,20	0,15
4	0,21	0,13	0,12	0,24	0,07	0,13	0,24	0,09	0,13	0,31	0,17	0,15
5	0,14	0,13	0,08	0,12	0,13	0,13	0,25	0,15	0,17	0,56	0,20	0,15
6	0,13	0,15	0,11	0,20	0,13	0,12	0,24	0,16	0,15	0,39	0,20	0,14
7	0,11	0,13	0,10	0,13	0,10	0,12	0,28	0,09	0,28	0,73	0,17	0,15
8	0,21	0,08	0,05	0,18	0,07	0,13	0,62	0,12	0,25	0,70	0,16	0,15
9	0,13	0,08	0,08	0,14	0,10	0,10	0,25	0,12	0,17	0,49	0,15	0,16
10	0,13	0,12	0,10	0,13	0,10	0,12	0,23	0,10	0,16	0,37	0,17	0,17
11	0,13	0,17	0,06	0,10	0,10	0,12	0,21	0,10	0,13	0,37	0,17	0,21
12	0,12	0,15	0,06	0,09	0,12	0,10	0,24	0,09	0,13	0,39	0,20	0,17
13	0,13	0,13	0,06	0,13	0,13	0,11	0,20	0,20	0,15	0,31	0,20	0,15
14	0,13	0,13	0,10	0,13	0,14	0,10	0,20	0,81	0,17	0,28	0,20	0,21
15	0,15	0,10	0,10	0,16	0,10	0,10	0,20	0,18	0,13	0,27	0,13	0,21
16	0,13	0,13	0,12	0,13	0,10	0,10	0,21	0,15	0,15	0,25	0,18	0,18
17	0,11	0,12	0,20	0,18	0,08	0,10	0,20	0,13	0,18	0,24	0,23	0,15
18	0,09	0,12	0,51	0,21	0,09	0,13	0,18	0,24	0,18	0,28	0,23	0,20
19	0,14	0,10	0,37	0,10	0,05	0,62	0,20	0,39	0,20	0,28	0,18	0,16
20	0,11	0,12	0,25	0,13	0,10	0,25	0,18	0,20	1,12	0,28	0,17	0,14
21	0,11	0,10	0,15	0,08	0,12	0,16	0,20	0,20	0,78	0,23	0,15	0,17
22	0,10	0,02	0,12	0,10	0,13	0,16	0,20	0,20	0,30	0,20	0,17	0,20
23	0,13	0,05	0,08	0,06	0,12	0,15	0,20	0,17	0,23	0,21	0,24	0,24
24	0,11	0,08	0,09	0,37	0,13	0,15	0,20	0,18	0,21	0,25	0,23	0,15
25	0,11	0,08	0,13	0,18	0,15	0,17	0,20	0,15	0,18	0,35	0,17	0,13
26	0,10	0,13	0,10	0,13	0,13	0,17	0,20	0,14	0,17	0,45	0,18	0,17
27	0,13	0,05	0,06	0,67	0,13	0,17	0,20	0,13	0,21	0,37	0,17	0,23
28	0,11	0,13	0,27	0,49	0,13	0,18	0,18	0,12	0,24	0,28	0,16	0,25
29	0,13		0,13	0,39	0,13	0,18	0,20	0,13	1,70	0,28	0,16	0,15
30	0,11		0,13	0,30	0,13	0,20	0,20	0,15	0,75	0,25	0,17	0,13
31	0,14		0,20		0,13		0,12	0,13		0,23		0,13

FONTE: SUDERHSA (2000)

Tabela 33 - Dados de Vazão (m<sup>3</sup>/s) da Estação Olivério (Código: 81290400), em 1999.

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1	0,13	0,30	0,25	0,35	0,10	0,13	0,11	0,12	0,07	0,07	0,09	0,08
2	0,15	0,23	0,25	0,25	0,07	0,13	0,13	0,12	0,07	0,08	0,08	0,06
3	0,13	0,18	0,23	0,16	0,07	0,12	1,34	0,12	0,08	0,09	0,09	0,09
4	0,15	0,25	0,25	0,15	0,12	0,11	0,45	0,11	0,07	0,08	0,08	0,08
5	0,20	0,17	0,17	0,13	0,15	0,13	0,39	0,11	0,07	0,08	0,11	0,09
6	0,15	0,20	0,20	0,13	0,23	0,11	0,20	0,10	0,08	0,08	0,10	0,08
7	0,13	0,30	0,30	0,13	0,35	0,08	0,33	0,11	0,07	0,08	0,09	0,08
8	0,16	0,25	0,25	0,13	0,28	0,07	0,20	0,09	0,07	0,12	0,08	0,08
9	0,23	0,31	0,31	0,12	0,16	0,07	0,18	0,09	0,13	0,08	0,08	0,07
10	0,21	0,28	0,35	0,13	0,13	0,10	0,15	0,09	0,12	0,08	0,09	0,07
11	0,43	0,28	0,28	0,08	0,17	0,12	0,14	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08
12	0,43	0,20	0,20	0,09	0,12	0,12	0,13	0,08	0,13	0,07	0,10	0,08
13	0,56	0,37	0,23	0,10	0,15	0,14	0,13	0,08	0,10	0,08	0,11	0,08
14	0,49	1,29	0,20	0,07	0,18	0,13	0,13	0,10	0,10	0,07	0,09	0,08
15	0,24	0,92	0,20	0,13	0,25	0,15	0,13	0,12	0,15	0,08	0,09	0,07
16	0,23	0,39	0,16	0,10	0,23	0,13	0,11	0,13	0,12	0,13	0,09	0,07
17	0,24	0,30	0,17	0,23	0,16	0,23	0,10	0,12	0,09	0,13	0,06	0,06
18	0,23	0,35	0,16	0,23	0,13	0,23	0,09	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07
19	0,25	0,45	0,13	0,23	0,10	0,15	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,06
20	0,20	0,28	0,15	0,13	0,12	0,13	0,13	0,09	0,09	0,09	0,08	0,06
21	0,13	0,25	0,18	0,13	0,10	0,12	0,13	0,09	0,08	0,08	0,08	0,09
22	0,15	0,39	0,16	0,15	0,11	0,08	0,10	0,09	0,08	0,09	0,08	0,08
23	0,23	0,73	0,17	0,18	0,15	0,08	0,13	0,13	0,08	0,09	0,08	0,06
24	0,25	0,65	0,17	0,14	0,17	0,07	0,13	0,09	0,08	0,08	0,09	0,07
25	0,16	0,27	0,25	0,13	0,17	0,12	0,10	0,08	0,08	0,08	0,09	0,07
26	0,15	0,25	0,23	0,12	0,17	0,12	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
27	0,20	0,23	0,16	0,07	0,15	0,15	0,12	0,08	0,08	0,12	0,08	0,08
28	0,23	0,49	0,17	0,07	0,13	0,17	0,13	0,09	0,07	0,13	0,08	0,08
29	0,20		0,13	0,10	0,15	0,13	0,12	0,08	0,08	0,13	0,08	0,08
30	0,16		0,13	0,10	0,15	0,10	0,13	0,09	0,08	0,09	0,08	0,08
31	0,20		0,17		0,14		0,11	0,09		0,09		0,08

FONTE SUDERHSA (2000)

Tabela 34 - Dados de Vazão (m<sup>3</sup>/s) da Estação Olivério (Código: 81290400), em 2000.

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1	0,08	0,16	0,10	0,07	0,05	0,04	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07	0,09
2	0,08	0,09	0,08	0,07	0,02	0,04	0,07	0,07	0,10	0,08	0,07	0,07
3	0,08	0,07	0,08	0,07	0,01	0,03	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
4	0,08	0,08	0,07	0,07	0,02	0,05	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08
5	0,10	0,07	0,07	0,07	0,03	0,07	0,07	0,07	0,07	0,09	0,07	0,09
6	0,10	0,06	0,10	0,07	0,02	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,07
7	0,09	0,07	0,10	0,07	0,01	0,03	0,07	0,07	0,07	0,08	0,07	0,06
8	0,09	0,06	0,09	0,07	0,03	0,07	0,06	0,07	0,07	0,08	0,07	0,05
9	0,08	0,06	0,08	0,07	0,06	0,05	0,01	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07
10	0,07	0,07	0,08	0,06	0,06	0,06	0,02	0,07	0,07	0,08	0,03	0,00
11	0,09	0,07	0,08	0,05	0,03	0,07	0,01	0,03	0,07	0,08	0,02	
12	0,07	0,08	0,07	0,03	0,02	0,07	0,00	0,03	0,30	0,09	0,03	0,00
13	0,06	0,07	0,07	0,03	0,02	0,06	0,00	0,02	0,20	0,18	0,07	0,07
14	0,07	0,08	0,07	0,06	0,05	0,07	0,00	0,03	0,15	0,17	0,07	0,07
15	0,08	0,07	0,07	0,06	0,07	0,06	0,02	0,03	0,09	0,13	0,06	0,07
16	0,08	0,13	0,07	0,00	0,05	0,02	0,07	0,08	0,11	0,13	0,07	0,07
17	0,08	0,18	0,07	0,02	0,08	0,02	0,07	0,08	0,33	0,09	0,07	0,06
18	0,10	0,06	0,08	0,02	0,07	0,16	0,07	0,08	0,24	0,09	0,07	0,03
19	0,09	0,06	0,07	0,06	0,07	0,07		0,04	0,18	0,09	0,06	0,01
20	0,09	0,08	0,07	0,05	0,07	0,09	0,07	0,07	0,16	0,09	0,03	0,05
21	0,08	0,08	0,07	0,01	0,07	0,09		0,03	0,11	0,08	0,02	0,08
22	0,11	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07		0,02	0,11	0,08	0,07	0,07
23	0,11	0,08	0,07	0,07	0,07	0,02	0,11	0,08	0,11	0,08	0,07	0,09
24	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,01	0,09	0,00	0,09	0,07	0,01	0,09
25	0,08	0,09	0,08	0,07	0,07	-	0,08	0,00	0,09	0,07	0,09	0,13
26	0,08	0,08	0,07	0,06	0,07	0,08	0,07	0,01	0,07	0,07	0,08	0,24
27	0,09	0,06	0,07	0,05	0,07	0,07	0,07	0,13	0,09	0,11	0,07	0,14
28	0,08	0,11	0,08	0,03	0,07	0,08	0,07	0,13	0,09	0,09	0,07	0,12
29	0,08	0,13	0,07	0,03	0,06	0,07	0,07	0,09	0,09	0,09	0,06	0,43
30	0,08		0,08	0,03	0,07	0,08	0,07	0,08	0,09	0,09	0,03	0,21
31	0,27		0,07		0,05		0,07	0,08		0,08		0,12

FONTE: SUDERHSA (2000)

Tabela 35 - Dados de Vazão (m<sup>3</sup>/s) da Estação Gasparim (Código: 81290300), em 1997.

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1								0,06	0,04	0,13	0,13	0,07
2								0,06	0,05	0,11	0,10	0,17
3								0,06	0,06	0,10	0,12	0,12
4								0,06	0,04	0,09	0,09	0,07
5								0,08	0,06	0,09	0,08	0,08
6								0,07	0,04	0,16	0,08	0,09
7								0,06	0,04	0,14	0,08	0,07
8								0,07	0,04	0,13	0,07	0,07
9								0,07	0,04	0,13	0,07	0,06
10								0,06	0,04	0,13	0,05	0,09
11								0,06	0,03	0,18	0,06	0,11
12								0,06	0,04	0,20	0,07	0,07
13								0,06	0,04	0,15	0,08	0,05
14								0,06	0,04	0,13	0,08	0,06
15								0,05	0,12	0,12	0,12	0,05
16								0,05	0,06	0,12	0,17	0,05
17								0,05	0,05	0,12	0,22	0,05
18								0,05	0,05	0,12	0,35	0,04
19								0,04	0,05	0,12	0,26	0,03
20								0,04	0,13	0,20	0,20	0,08
21								0,10	0,06	0,19	0,18	0,03
22								0,07	0,10	0,20	0,17	0,03
23								0,08	0,07	0,13	0,17	0,03
24							0,08	0,06	0,07	0,11	0,20	0,03
25							0,08	0,06	0,12	0,10	0,17	0,06
26							0,09	0,06	0,10	0,10	0,17	0,04
27							0,07	0,04	0,07	0,09	0,22	0,03
28							0,06	0,04	0,07	0,09	0,15	0,04
29							0,07	0,04	0,35	0,09	0,09	0,10
30							0,06	0,04	0,18	0,13	0,07	0,04
31							0,06	0,05		0,13		0,03

FONTE: SUDERHSA (2000).



Tabela 36 - Dados de Vazão (m<sup>3</sup>/s) da Estação Gasparim (Código: 81290300), em 1998.

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1	0,04	0,08	0,29	0,46	0,22	0,04	0,16	0,12	0,17	0,38	0,26	0,20
2	0,04	0,06	0,15	0,30	0,19	0,08	0,18	0,15	0,17	0,34	0,26	0,16
3	0,10	0,06	0,12	0,26	0,17	0,04	0,45	0,14	0,15	0,36	0,27	0,13
4	0,26	0,06	0,12	0,25	0,17	0,04	0,31	0,11	0,16	0,31	0,26	0,20
5	0,07	0,06	0,09	0,25	0,15	0,07	0,23	0,19	0,19	0,49	0,26	0,18
6	0,09	0,14	0,06	0,24	0,15	0,06	0,21	0,16	0,17	0,43	0,26	0,17
7	0,07	0,09	0,06	0,25	0,15	0,05	0,21	0,14	0,28	0,55	0,25	0,18
8	0,20	0,07	0,07	0,23	0,14	0,04	0,25	0,12	0,25	0,52	0,25	0,15
9	0,10	0,06	0,08	0,23	0,10	0,04	0,42	0,13	0,21	0,41	0,24	0,13
10	0,10	0,08	0,08	0,23	0,10	0,04	0,26	0,13	0,20	0,38	0,25	0,12
11	0,12	0,12	0,11	0,20	0,09	0,04	0,24	0,10	0,18	0,38	0,25	0,27
12	0,12	0,12	0,13	0,20	0,06	0,04	0,22	0,12	0,17	0,35	0,25	0,21
13	0,08	0,08	0,13	0,20	0,08	0,04	0,20	0,26	0,25	0,35	0,23	0,17
14	0,07	0,06	0,14	0,18	0,12	0,03	0,20	0,45	0,21	0,34	0,21	0,15
15	0,09	0,06	0,14	0,15	0,17	0,04	0,20	0,21	0,26	0,32	0,21	0,13
16	0,10	0,07	0,10	0,18	0,15	0,04	0,20	0,18	0,21	0,34	0,20	0,14
17	0,07	0,07	0,17	0,20	0,13	0,04	0,18	0,18	0,20	0,32	0,19	0,20
18	0,06	0,08	0,32	0,17	0,11	0,08	0,18	0,38	0,21	0,30	0,20	0,18
19	0,07	0,06	0,30	0,14	0,10	0,43	0,20	0,40	0,34	0,30	0,18	0,18
20	0,06	0,08	0,25	0,14	0,08	0,17	0,18	0,37	0,55	0,30	0,18	0,15
21	0,04	0,07	0,21	0,13	0,06	0,15	0,18	0,25	0,37	0,27	0,18	0,12
22	0,04	0,07	0,21	0,10	0,09	0,15	0,17	0,21	0,29	0,28	0,20	0,12
23	0,04	0,08	0,28	0,10	0,10	0,12	0,18	0,21	0,26	0,26	0,18	0,25
24	0,04	0,07	0,26	0,35	0,06	0,18	0,18	0,20	0,26	0,37	0,16	0,20
25	0,25	0,07	0,26	0,17	0,05	0,15	0,18	0,15	0,26	0,30	0,15	0,18
26	0,10	0,08	0,23	0,18	0,11	0,14	0,16	0,17	0,25	0,54	0,19	0,13
27	0,08	0,06	0,20	0,22	0,11	0,14	0,16	0,17	0,35	0,35	0,19	0,12
28	0,06	0,15	0,22	0,28	0,13	0,14	0,17	0,17	0,38	0,30	0,17	0,17
29	0,06		0,26	0,24	0,04	0,15	0,16	0,18	0,61	0,30	0,15	0,20
30	0,06		0,38	0,23	0,03	0,16	0,13	0,18	0,42	0,30	0,20	0,16
31	0,10		0,35		0,03		0,12	0,17		0,29		0,13

FONTE. SUDERHSA (2000)

Tabela 37 - Dados de Vazão (m<sup>3</sup>/s) da Estação Gasparim (Código: 81290300), em 1999.

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1	0,11	0,35	0,42	0,24	0,06	0,04	0,03	0,04	0,01	0,04	0,06	0,01
2	0,11	0,31	0,42	0,21	0,06	0,03	0,04	0,03	0,01	0,09	0,04	0,01
3	0,10	0,30	0,41	0,15	0,06	0,03	0,05	0,03	0,02	0,08	0,04	0,02
4	0,08	0,29	0,40	0,15	0,06	0,04	0,61	0,03	0,01	0,07	0,02	0,02
5	0,23	0,27	0,40	0,15	0,06	0,04	0,37	0,03	0,01	0,07	0,09	0,02
6	0,15	0,26	0,40	0,15	0,17	0,04	0,25	0,02	0,01	0,08	0,04	0,02
7	0,12	0,27	0,40	0,13	0,15	0,03	0,40	0,03	0,01	0,08	0,02	0,02
8	0,18	0,32	0,35	0,13	0,10	0,04	0,27	0,03	0,02	0,10	0,02	0,01
9	0,26	0,43	0,35	0,13	0,08	0,04	0,25	0,03	0,06	0,09	0,02	0,02
10	0,30	0,40	0,40	0,15	0,06	0,05	0,22	0,02	0,06	0,08	0,02	0,01
11	0,37	0,37	0,37	0,12	0,06	0,10	0,20	0,02	0,02	0,07	0,02	0,01
12	0,29	0,37	0,35	0,13	0,06	0,05	0,18	0,02	0,08	0,08	0,04	0,03
13	0,34	0,37	0,32	0,12	0,06	0,05	0,15	0,02	0,03	0,07	0,03	0,01
14	0,27	0,69	0,30	0,14	0,06	0,04	0,15	0,02	0,03	0,08	0,03	0,01
15	0,28	0,52	0,30	0,17	0,05	0,04	0,13	0,03	0,14	0,08	0,03	0,00
16	0,29	0,47	0,28	0,25	0,06	0,04	0,11	0,02	0,04	0,18	0,02	0,00
17	0,30	0,49	0,29	0,26	0,06	0,04	0,09	0,02	0,03	0,15	0,02	0,02
18	0,27	0,45	0,27	0,16	0,05	0,06	0,10	0,02	0,02	0,06	0,01	0,02
19	0,28	0,45	0,25	0,13	0,05	0,06	0,09	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01
20	0,26	0,45	0,24	0,09	0,04	0,09	0,07	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02
21	0,24	0,45	0,24	0,09	0,04	0,12	0,07	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
22	0,25	0,52	0,25	0,09	0,04	0,09	0,06	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
23	0,27	0,55	0,26	0,07	0,04	0,05	0,08	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
24	0,30	0,51	0,26	0,08	0,04	0,04	0,06	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01
25	0,27	0,50	0,23	0,09	0,04	0,04	0,05	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01
26	0,24	0,45	0,20	0,08	0,04	0,04	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03
27	0,27	0,45	0,23	0,08	0,04	0,04	0,04	0,02	0,02	0,10	0,01	0,10
28	0,26	0,43	0,23	0,06	0,03	0,03	0,05	0,03	0,02	0,13	0,01	0,03
29	0,31		0,21	0,06	0,04	0,03	0,05	0,02	0,03	0,17	0,00	0,01
30	0,30		0,24	0,07	0,04	0,03	0,04	0,02	0,05	0,06	0,01	0,02
31	0,35		0,35		0,05		0,05	0,02		0,04		0,02

FONTE. SUDERHSA (2000)

Tabela 38 - Dados de Vazão (m<sup>3</sup>/s) da Estação Gasparim (Código: 81290300), em 2000.

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1	0,01	0,21	0,11	0,03	0,00	0,00	0,03	0,03	0,02	0,05	0,05	0,04
2	0,01	0,06	0,07	0,05	0,00	0,00	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,03
3	0,01	0,03	0,06	0,04	0,00	0,01	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,02
4	0,04	0,06	0,06	0,04	0,00	0,02	0,03	0,03	0,03	0,06	0,05	0,04
5	0,07	0,02	0,04	0,04	0,00	0,02	0,03	0,02	0,03	0,07	0,04	0,05
6	0,02	0,02	0,15	0,04	0,00	0,01	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03
7	0,04	0,03	0,12	0,03	0,00	0,00	0,02	0,03	0,02	0,04	0,04	0,02
8	0,03	0,02	0,09	0,06	0,00	0,02	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03	0,01
9	0,01	0,02	0,07	0,05	0,00	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,01
10	0,04	0,02	0,07	0,03	0,00	0,03	0,03	0,03	0,02	0,10	0,03	0,02
11	0,08	0,02	0,06	0,03	0,00	0,02	0,03	0,03	0,03	0,08	0,03	0,01
12	0,02	0,07	0,06	0,03	0,00	0,02	0,03	0,03	0,25	0,05	0,03	0,01
13	0,01	0,04	0,06	0,06	0,00	0,03	0,03	0,03	0,26	0,16	0,03	0,01
14	0,02	0,06	0,04	0,03	0,00	0,03	0,03	0,03	0,18	0,15	0,05	0,01
15	0,02	0,06	0,06	0,03	0,01	0,02	0,03	0,02	0,10	0,09	0,03	0,03
16	0,04	0,16	0,05	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	0,17	0,07	0,03	0,02
17	0,02	0,24	0,09	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,31	0,06	0,03	0,02
18	0,02	0,07	0,08	0,01	0,02	0,11	0,02	0,02	0,23	0,05	0,03	0,02
19	0,05	0,04	0,05	0,02	0,01	0,04	0,02	0,02	0,20	0,04	0,03	0,02
20	0,03	0,04	0,04	0,02	0,02	0,09	0,02	0,02	0,18	0,04	0,02	0,02
21	0,04	0,11	0,04	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,13	0,03	0,02	0,02
22	0,10	0,08	0,04	0,01	0,02	0,03	0,04	0,01	0,12	0,03	0,02	0,02
23	0,08	0,07	0,04	0,02	0,01	0,02	0,06	0,01	0,10	0,03	0,02	0,02
24	0,02	0,04	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03	0,01	0,09	0,03	0,03	0,08
25	0,05	0,03	0,08	0,03	0,01	0,03	0,03	0,01	0,12	0,04	0,03	0,19
26	0,06	0,06	0,06	0,02	0,01	0,03	0,02	0,01	0,09	0,04	0,03	0,07
27	0,03	0,04	0,04	0,00	0,02	0,04	0,03	0,08	0,07	0,06	0,02	0,25
28	0,01	0,17	0,04		0,02	0,02	0,02	0,09	0,06	0,04	0,02	0,07
29	0,03	0,16	0,05		0,01	0,02	0,02	0,04	0,06	0,04	0,02	0,31
30	0,08		0,07	0,00	0,00	0,03	0,02	0,02	0,05	0,04	0,03	0,19
31	0,15		0,04		0,00		0,03	0,02		0,04		0,10

FONTE: SUDERHSA (2000)

Tabela 39 - Dados de Vazão (m<sup>3</sup>/s) da Estação Batistão (Código: 81290200), em 1998.

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1										0,17	0,12	0,10
2										0,16	0,13	0,09
3										0,15	0,12	0,08
4										0,15	0,12	0,08
5										0,19	0,12	0,10
6										0,21	0,12	0,10
7										0,24	0,12	0,08
8										0,22	0,12	0,08
9										0,19	0,11	0,08
10										0,18	0,11	0,11
11										0,17	0,12	0,13
12										0,16	0,12	0,11
13										0,16	0,11	0,09
14										0,15	0,11	0,09
15										0,15	0,11	0,08
16										0,15	0,11	0,09
17										0,15	0,10	0,12
18										0,15	0,11	0,11
19										0,14	0,09	0,08
20										0,14	0,10	0,08
21										0,13	0,10	0,08
22										0,13	0,10	0,09
23										0,13	0,10	0,13
24										0,14	0,09	0,12
25										0,15	0,09	0,11
26										0,23	0,09	0,09
27										0,16	0,10	0,08
28										0,15	0,09	0,10
29										0,14	0,08	0,11
30										0,14	0,10	0,10
31										0,13		0,09

FONTE: SUDERHSA (2000)

Tabela 40 - Dados de Vazão (m<sup>3</sup>/s) da Estação Batistão (Código: 81290200), em 1999.

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1	0,09	0,18	0,15	0,11		0,04	0,04	0,05	0,03	0,03		0,03
2	0,08	0,15	0,14	0,10		0,04	0,04	0,04		0,04		
3	0,08	0,15	0,14	0,10		0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		0,03
4	0,05	0,15	0,13	0,08		0,04	0,26	0,04	0,03	0,04		0,03
5	0,12	0,13	0,12	0,09		0,04	0,14	0,04	0,03	0,04		0,03
6	0,09	0,12	0,12	0,09		0,04	0,08	0,04		0,04		0,03
7	0,08	0,12	0,12	0,08		0,04	0,17	0,04	0,03	0,03		0,03
8	0,10	0,15	0,12	0,06		0,04	0,12	0,04	0,03	0,04		0,04
9	0,15	0,22	0,16	0,05		0,04	0,11	0,04	0,04	0,04		0,03
10	0,19	0,19	0,16	0,08		0,05	0,10	0,04	0,04	0,04		0,03
11	0,20	0,15	0,13	0,06		0,05	0,10	0,03	0,04	0,03		0,03
12	0,16	0,14	0,12	0,05		0,04	0,08	0,03	0,04	0,03		0,03
13	0,18	0,13	0,12	0,06		0,04	0,05	0,03	0,04	0,03		0,04
14	0,14	0,32	0,11	0,08		0,04	0,05	0,03	0,04	0,03		0,04
15	0,14	0,22	0,11	0,08		0,04	0,05	0,03	0,06	0,03		0,03
16	0,16	0,19	0,10	0,12		0,04	0,05	0,04	0,05	0,05		0,03
17	0,15	0,19	0,10	0,11		0,04	0,05	0,04	0,04	0,05		0,03
18	0,15	0,17	0,10	0,08		0,05	0,05	0,03	0,04	0,04		0,03
19	0,14	0,16	0,10	0,05		0,04	0,05	0,03	0,03	0,03		0,03
20	0,13	0,15	0,09	0,05		0,05	0,05	0,03	0,03	0,03		0,03
21	0,12	0,15	0,09	0,05		0,05	0,05	0,03	0,03	0,03		0,04
22	0,13	0,23	0,09	0,05		0,04	0,05	0,03	0,03	0,03		0,03
23	0,14	0,22	0,10	0,05		0,04	0,05	0,03	0,03	0,03		0,03
24	0,16	0,21	0,09	0,05		0,04	0,05	0,03	0,03	0,03		0,03
25	0,14	0,19	0,09	0,05		0,04	0,05	0,03	0,03	0,03		0,03
26	0,14	0,17	0,08	0,05		0,04	0,05	0,03	0,03	0,03		0,03
27	0,15	0,17	0,10	0,05		0,04	0,05	0,03	0,03	0,05		0,03
28	0,14	0,16	0,10	0,04		0,04	0,05	0,03	0,03	0,09		0,03
29	0,16		0,09	0,04		0,04	0,05	0,03	0,03	0,05		0,03
30	0,15		0,10	0,04		0,04	0,05		0,03	0,04		0,03
31	0,19		0,15				0,05			0,03		0,03

FONTE: SUDERHSA (2000)

Tabela 41 - Dados de Vazão (m<sup>3</sup>/s) da Estação Batistão (Código: 81290200), em 2000.

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1	0,03	0,10	0,04	0,03		0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05
2	0,03	0,05	0,04	0,03		0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
3	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,03	0,04	0,04
4	0,03	0,04	0,03	0,03		0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04
5	0,03	0,04	0,03	0,03		0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05
6		0,03	0,04	0,03	0,03	0,03		0,03	0,04	0,05	0,03	0,05
7	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04
8	0,03	0,03	0,04		0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
9	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
10		0,03	0,03		0,03	0,03		0,03	0,03	0,03	0,04	
11		0,03	0,03	0,03	0,03	0,03		0,03	0,04	0,03	0,04	0,03
12	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,03	0,04	0,03
13	0,03	0,03	0,03		0,03	0,03	0,03	0,03	0,08	0,04	0,04	0,03
14	0,03	0,04	0,03		0,03	-	0,03	0,03	0,08	0,03	0,03	0,03
15	0,04	0,06	0,03		0,03	0,03	0,04	0,03	0,11	0,03	0,03	0,04
16	0,04	0,12	0,03	0,03		0,03	0,04	0,03	0,12	0,03	0,03	0,04
17	0,04	0,12				0,03	0,03		0,12	0,03	0,04	0,04
18	0,05	0,10	0,03		0,03	0,03	0,03		0,09		0,04	0,04
19	0,03	0,05			0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03
20	0,03	0,03	0,03		0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03
21	0,03	0,03	0,03			0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03
22	0,03	0,03	0,03			0,03	0,04		0,04	0,04	0,04	0,03
23	0,03	0,03	0,04			0,03	0,03		0,03	0,03	0,03	
24	0,03	0,03	0,04			0,03	0,03		0,03	0,03	0,03	0,03
25	0,03	0,03	0,04		0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
26	0,04	0,03	0,03		0,03	-	0,03	0,03	0,03	0,08	0,05	0,08
27	0,04	0,03	0,03		0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05	0,04	0,10
28	0,03	0,04	0,04		0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,04	0,04	0,05
29	0,03	0,05	0,04			0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05
30	0,03		0,04			0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05
31	0,08		0,03				0,03	0,03		0,03		0,05

FONTE: SUDERHSA (2000).