

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E  
RECURSOS NATURAIS**

**ANÁLISE FLUVIOLÓGICA E AMBIENTAL DA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAÚ - SP**

**JOZRAEL HENRIQUES REZENDE**

**SÃO CARLOS - SP**

**2009**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E  
RECURSOS NATURAIS**

**ANÁLISE FLUVIOLÓGICA E AMBIENTAL DA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAÚ - SP**

**JOZRAEL HENRIQUES REZENDE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências, área de concentração em Ecologia e Recursos Naturais

**SÃO CARLOS - SP**

**2009**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

R467af

Rezende, Jozrael Henriques.

Análise fluviológica e ambiental da bacia hidrográfica do rio Jaú - SP / Jozrael Henriques Rezende. -- São Carlos : UFSCar, 2009.

152 f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2009.

1. Análise e planejamento ambiental. 2. Hidrologia. 3. Recursos hídricos. 4. Bacias hidrográficas. 5. Recursos naturais - conservação. I. Título.

CDD: 574.5 (20<sup>a</sup>)

**Jozrael Henriques Rezende**

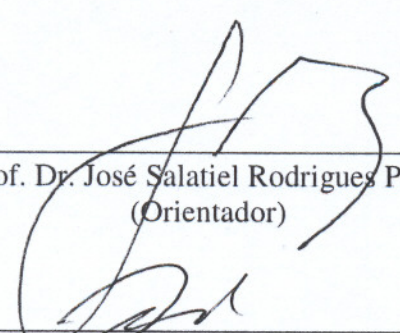
**ANÁLISE FLUVIOLÓGICA E AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO  
RIO JAÚ-SP**

Tese apresentada à Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências.

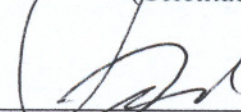
**Aprovada** em 27 de maio de 2009

**BANCA EXAMINADORA**

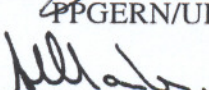
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Salatiel Rodrigues Pires  
(Orientador)

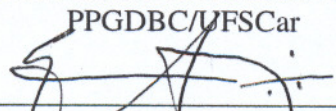
1º Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Eduardo dos Santos  
PPGERN/UFSCar

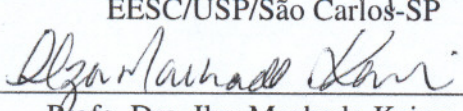
2º Examinador

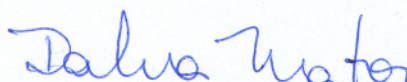
  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. André Cordeiro Alves de Souza  
PPGDBC/UFSCar

3º Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Eduardo Mario Menciondo  
EESC/USP/São Carlos-SP

4º Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Ilza Machado Kaiser  
FATEC-JAHU/Jaú-SP



Profa. Dra. Dalva Maria da Silva Matos  
Coordenadora  
PPGERN/UFSCar

*“Take me to the river, drop me in the water...” (Talking Heads)*

Aos meus filhos, Júlia e Miguel, à minha esposa Djaine e aos meus pais Seixas e Maria, parceiros dos melhores momentos de minha existência e inspiradores de minhas idéias e ideais.

## **AGRADECIMENTOS**

A minha esposa Djaine Damiani Rezende pela cumplicidade na arte de lutar por valores, crenças e sonhos;

Aos meus filhos por existirem e aos meus pais pelo apoio desde antes dos primeiros passos;

Ao meu Orientador Prof. Dr. José Salatiel Rodrigues Pires pela liberdade, confiança e segurança na condução desta empreitada;

Ao Prof. Dr. José Eduardo dos Santos pela sabedoria e pelos conselhos fundamentais para o êxito deste trabalho;

Ao Geógrafo MSc. José Carlos de Toledo Veniziani pela paciência, dedicação e colaboração nas aulas do SIG Idrisi Andes e na elaboração dos mapas finais;

Aos Engenheiros Braz Aureliano Passalacqua e Heitor Pelaes do DAEE de Araraquara pela amizade e pela parceria de uma década nas ações de combate aos processos de degradação dos rios da UGRHI Tietê - Jacaré;

Ao Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê - Jacaré e a todos os seus representantes pela oportunidade de praticar a gestão participativa das águas;

Ao Prof. Dr. Eduardo Mário Mendiondo pelos ensinamentos que contribuíram para definir os objetivos desta pesquisa;

A Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup> MSc Ana Lúcia Carneiro Costa pelas preciosas informações sobre a Bacia do Jacaré-Pepira;

Ao Prof. Dr. Antônio Eduardo Assis Amorim e a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Ilza Machado Kaiser pelos atos que possibilitaram a conclusão deste trabalho;

Ao meu amigo Prof. MSc Carlos Alberto Pavanelli pela capacidade de ouvir e de difundir bom humor e alegria;



Ao Prof. MSc. Osvaldo Contador Jr. pela amizade, prontidão e disposição em ajudar sempre que solicitado;

Aos Professores Aramis Marengo Coutinho de Mendonça, Célio Favoni, Dalva Maria de Castro Vitti, Luiz Alberto Sorani, Manuel de Jesus Lucas, Paulo Henrique Buscariollo, Rosa Maria Padroni, Suzana de Almeida Prado Pohl Sanzovo e Vladimir Cancian Jr pelo inestimável companheirismo em todos estes anos de FATEC JAHU;

Ao Eng<sup>o</sup> Florestal MSc Amilcar Marcel de Souza (Cecéu) e a Bióloga MSc Marina Carboni por partilharem o sonho e a iniciativa de transformar o entusiasmo da ecologia em atitudes sócio-ambientais sustentáveis;

Ao Biólogo Elísio Eduardo Henriques Abussamra (Duda) por propiciar o início desta jornada;

Ao Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Ricardo Lopes Kaulich (Cardomeu) pelos mais de vinte e cinco anos de amizade e aventuras e pela competência em fazer da restauração florestal uma atividade empresarial respeitando os compromissos sócio-ambientais;

A Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup> Maria Aparecida Arruda de Toledo Murgel pelo carinho e pela habilidade de transformar jardins e áreas verdes em paisagens quase naturais;

Ao empresário Luiz Carlos Campos Prado, septuagenário, por continuar plantando mudas de árvores com entusiasmo e disposição juvenis;

Aos alunos, funcionários e professores da FATEC JAHU. Os alunos pela força e instigação, os funcionários pela atenção e apoio e os professores pela honra da convivência;

Ao pessoal da Secretaria do PPG-ERN pela cortesia e competência no trato pessoal, nas informações prestadas e nos trâmites regimentais.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>10</b>
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>11</b>
3.1.1 Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê - Jacaré .....	11
3.1.2 Bacia Hidrográfica do Rio Jaú.....	14
<b>3.2 METODOLOGIA.....</b>	<b>22</b>
3.2.1 Avaliação fluviológica .....	22
3.2.1.1 Análise do comportamento fluviológico dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança a partir das séries diárias de vazão .....	26
3.2.1.2 Análise do comportamento fluviológico dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança em relação às vazões previstas pela Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo.....	28
3.2.1.3 Análise da precipitação nas Bacias Hidrográficas do Médio Jaú, Alto Jacaré-Pepira e Médio Jacaré-Guaçu .....	33
3.2.1.4 Análise do coeficiente de escoamento das Bacias Hidrográficas do Médio Jaú e Alto Jacaré-Pepira.....	34
3.2.1.5 Análise de tendências das vazões mensais dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu.....	35
3.2.1.6 Análise do comportamento fluviológico dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu a partir das séries de vazão mínimas, médias e máximas mensais .....	35
3.2.1.7 Análise do hidroperíodo (pulso) dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança.....	35
3.2.2 Análise ambiental .....	38
3.2.2.1 Avaliação comparativa e qualitativa das relações causais entre componentes ambientais e aspectos ambientais das bacias com o pulso dos rios .....	38
3.2.2.2 Caracterização ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú e suas Sub-bacias.....	39
3.2.2.3 Determinação das áreas prioritárias para Reserva Legal na Bacia Hidrográfica do Rio Jaú .....	45
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>47</b>
<b>4.1 AVALIAÇÃO FLUVIOLÓGICA .....</b>	<b>47</b>
4.1.1 Comportamento fluviológico dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança a partir das séries diárias de vazão .....	51

4.1.2 Comportamento fluviológico dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança a partir das séries diárias de vazão e sua relação com as vazões previstas pela Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo	54
4.1.3 Precipitação nas Bacias Hidrográficas do Médio Jaú, Alto Jacaré-Pepira e Médio Jacaré-Guaçu	56
4.1.4 Coeficiente de escoamento das Bacias Hidrográficas dos Rios Jaú e Jacaré-Pepira	58
4.1.5 Análise de tendências das vazões mensais dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu	63
4.1.6 Comportamento fluviológico dos rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu a partir das séries de vazão mínimas, médias e máximas mensais	68
4.1.7 Hidroperíodo dos Rios Jaú; Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu	71
<b>4.2 ANÁLISE AMBIENTAL</b>	<b>85</b>
4.2.1 Avaliação comparativa e qualitativa das relações causais entre componentes ambientais e aspectos ambientais das Bacias com o pulso dos Rios	85
4.2.1.1 Componentes ambientais	85
4.2.1.2 Aspectos ambientais	91
4.2.2 Componentes ambientais e aspectos ambientais das Bacias dos Rios Jaú e Jacaré-Pepira e suas relações causais com os pulsos dos rios	93
4.2.3 Caracterização ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú e suas Sub-bacias	98
4.2.3.1 Hidrografia	98
4.2.3.2 Municípios	100
4.2.3.3 Declividade e Hipsometria	101
4.2.3.4 Sub-bacias	103
4.2.3.5 Usos da terra e vegetação remanescente	112
<b>4.3 ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RESERVA LEGAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAÚ</b>	<b>119</b>
4.3.1 Gerenciamento de Bacias Hidrográficas	119
4.3.2 Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal	124
4.3.3 Classificação de áreas prioritárias na Bacia Hidrográfica do Rio Jaú para Reserva Legal	128
<b>5. CONCLUSÕES</b>	<b>134</b>
<b>6. REFERÊNCIAS</b>	<b>139</b>
<b>ANEXO I</b>	<b>I</b>
<b>ANEXO II</b>	<b>II</b>
<b>ANEXO III</b>	<b>III</b>
<b>ANEXO IV</b>	<b>IV</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Localização da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê - Jacaré (UGRHI TJ) e das bacias hidrográficas dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu.....	12
<b>Figura 2:</b> Mapa Geomorfológico simplificado da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú .	17
<b>Figura 3:</b> Mapa Geológico simplificado da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú .....	18
<b>Figura 4:</b> Mapa Pedológico simplificado da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú.....	20
<b>Figura 5:</b> Classes de suscetibilidade à erosão identificadas na Bacia Hidrográfica do Rio Jaú. ....	21
<b>Figura 6:</b> Localização dos postos fluviométricos nos Rios Jaú, Jacaré-Pepira; Jacaré-Guaçu e Boa Esperança. ....	23
<b>Figura 7:</b> Localização dos postos pluviométricos nas Bacias Hidrográficas dos Rios, Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança .....	25
<b>Figura 8:</b> Regiões Hidrológicas semelhantes do Estado de São Paulo e regiões semelhantes quanto as médias mínimas de 7 dias consecutivos (Parâmetro C).	29
<b>Figura 9:</b> Vazão média plurianual: Retas de Regressão .....	30
<b>Figura 10:</b> Seção de rios com indicação dos leitos.....	36
<b>Figura 11:</b> Curvas de Permanência dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança ( $l. s^{-1}. km^{-2}$ de bacia) .....	52
<b>Figura 12:</b> Pluviograma médio mensal de 1984 a 1998 nas bacias do Médio Jaú, Alto Jacaré-Pepira e Médio Jacaré-Guaçu.....	57
<b>Figura 13:</b> Coeficiente de escoamento (Q/P) e precipitação anual nas Bacias do Médio Jaú e Alto Jacaré-Pepira .....	60
<b>Figura 14 :</b> Relação da vazão específica média anual ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ ) e precipitação anual nas Bacias do Médio Jaú e Alto Jacaré-Pepira .....	62
<b>Figura 15:</b> Coeficiente de escoamento em função da precipitação anual nas Bacias do Médio Jaú e Alto Jacaré-Pepira.....	62
<b>Figura 16:</b> Fluviogramas das vazões mínimas mensais específicas de 1984 a 1998 dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu.....	65
<b>Figura 17:</b> Fluviogramas das vazões máximas mensais específicas de 1984 a 1998 dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu.....	66
<b>Figura 18:</b> Fluviogramas das vazões médias mensais específicas de 1984 a 1998 dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu .....	67
<b>Figura 19:</b> Histogramas das vazões específicas mínimas, médias e máximas mensais de 1984 a 1998 dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu.....	70
<b>Figura 20:</b> Comportamento das variáveis hidrológicas, limnológicas e ecológicas de um rio da cabeceira à foz .....	72

<b>Figura 21:</b> Pulso hidrológico (hidroperíodo) e sua relação com os principais processos ecológicos de um rio. ....	76
<b>Figura 22:</b> Fluviogramas e gráficos de dispersão das vazões específicas diárias de 1984 a 1998 dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira Jacaré-Guaçu a partir do Software Pulso. ....	79
<b>Figura 23:</b> Histogramas de freqüências das vazões específicas diárias, de 1984 a 1998, dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira Jacaré-Guaçu a partir do Software Pulso. ....	80
<b>Figura 24:</b> Vazões específicas ( $l. s^{-1}. km^{-2}$ de bacia) Rios Jaú e Jacaré-Pepira de 1984 a 1998. ....	81
<b>Figura 25:</b> Hidroperíodo médio de 1984 a 1998 dos Rios Jaú e Jacaré-Pepira. .	83
<b>Figura 26:</b> Hidroperíodos de 01/10/1984 a 30/09/1985; de 01/10/1992 a 30/09/1993 e de 01/10/1997 a 30/09/1998 dos Rios Jaú e Jacaré-Pepira. ....	83
<b>Figura 27:</b> Hidroperíodo médio do Rio Jaú (1984 a 1998) e do Rio Boa Esperança (1983-1988; 1993-1998 e 2003-2008).....	84
<b>Figura 28:</b> Perfil longitudinal, planta e seção transversal de um rio da cabeceira a foz .....	86
<b>Figura 29:</b> Hidrografia, divisor de águas e áreas urbanas da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú .....	98
<b>Figura 30:</b> Encontro do Ribeirão do Bugio, à esquerda com o Ribeirão do Peixe, à direita .....	99
<b>Figura 31:</b> Encontro das águas do Rio Jaú, à esquerda e do Rio Tietê, à direita .....	100
<b>Figura 32:</b> Localização dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú .....	101
<b>Figura 33:</b> Classes de declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú .....	102
<b>Figura 34:</b> Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Jaú .....	102
<b>Figura 35:</b> Sub-bacias do Rio Jaú .....	104
<b>Figura 36:</b> Córrego João da Velha – captação de água, 22/10/2002 .....	107
<b>Figura 37:</b> Córrego Santo Antônio – captação de água, 22/10/2002.....	108
<b>Figura 38:</b> Rede de drenagem da sub-bacia do Ribeirão Pouso Alegre - 1980 e 2008 .....	110
<b>Figura 39:</b> Córrego São Joaquim – captação de água, 22/10/2002 .....	112
<b>Figura 40:</b> Uso da terra 1986 - Bacia Hidrográfica do Rio Jaú .....	113
<b>Figura 41:</b> Uso da terra 2008 - Bacia Hidrográfica do Rio Jaú .....	114
<b>Figura 42:</b> RPPN “Reserva Ecológica Amadeu Botelho” - Jaú - SP .....	116
<b>Figura 43:</b> Combinação de mapas de restrições e critérios para a classificação do grau de prioridade quanto a implementação de áreas de Reserva Legal .....	131
<b>Figura 44:</b> Classificação de áreas da Bacia do Jaú quanto prioridade para a implantação de Reserva Legal .....	133

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Características das Classes de suscetibilidade à erosão identificadas na Bacia Hidrográfica do Rio Jaú. ....	21
<b>Tabela 2:</b> Código, coordenadas e área de drenagem dos postos fluviométricos nos Rios Jaú, Jacaré-Pepira; Jacaré-Guaçu e Boa Esperança.....	23
<b>Tabela 3:</b> Postos pluviométricos nas bacias hidrográficas do Jaú, Jacaré-Pepira; Jacaré-Guaçu e Boa Esperança. ....	24
<b>Tabela 4:</b> Regiões Hidrológicas do Estado de São Paulo: Parâmetros a e b (vazão média), Valores A e B, $X_{10}$ e Parâmetro C (vazão mínima) .....	30
<b>Tabela 5:</b> Vazões específicas médias, de permanência, mínimas e máximas dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança. ....	51
<b>Tabela 6:</b> Amplitude da variação entre as vazões específicas máximas e mínimas dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança.....	51
<b>Tabela 7:</b> Relação entre a vazão de 95% de permanência e vazão média dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança. ....	53
<b>Tabela 8:</b> Estatísticas descritivas das vazões específicas diárias dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança. ....	54
<b>Tabela 9:</b> Vazões específicas (estimadas e medidas) médias, de permanência, mínimas e máximas dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança. ....	54
<b>Tabela 10:</b> Porcentagem de dias com vazão medida ( $Q_F$ ) menor que a vazão média ( $Q_{RH}$ média) prevista pelo Método de Regionalização Hidrológica. ....	55
<b>Tabela 11:</b> Relação entre as vazões mínimas, médias, máximas e de permanência medidas e previstas para os Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança.....	56
<b>Tabela 12:</b> Precipitação anual de 1984 a 1998 dos postos pluviométricos nas Bacias do Médio Jaú, Alto Jacaré-Pepira e Médio Jacaré-Guaçu.....	57
<b>Tabela 13:</b> Precipitação anual média nas Bacias do Médio Jaú, Alto Jacaré-Pepira e Médio Jacaré-Guaçu calculada pelo método do Interpolador do quadrado da distância do SIG Idrisi Andes. ....	58
<b>Tabela 14:</b> Vazões anuais, precipitações anuais e Coeficiente de escoamento nas Bacias do Médio Jaú e Alto Jacaré-Pepira.....	59
<b>Tabela 15:</b> Atributos da função FITRAS .....	74
<b>Tabela 16:</b> Processos ecológicos controlados pelo pulso dos rios com planície de inundação.....	75
<b>Tabela 17:</b> Atributos do hidroperíodo dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira Jacaré-Guaçu de 1984 a 1998. ....	80
<b>Tabela 18:</b> Atributos do hidroperíodo do Boa Esperança de 1983 a 1988, 1993 a 1998 e 2003 a 2008. ....	82

<b>Tabela 19:</b> Postos fluviométricos: Área de drenagem, distância e desnível da nascente e declividade média do rio no trecho .....	87
<b>Tabela 20:</b> Bacias do Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança: área, perímetro, coeficiente de compacidade (Kc) e índice de circularidade (Ic) .....	87
<b>Tabela 21:</b> Bacias do Médio Jaú, Alto Jacaré-Pepira, Médio Jacaré-Guaçu e Médio Boa Esperança: área, perímetro, coeficiente de compacidade (Kc) e índice de circularidade (Ic).....	88
<b>Tabela 22:</b> Relações causais entre precipitação e usos da terra com as vazões máximas, médias e mínimas.....	93
<b>Tabela 23:</b> Distribuição das classes de declividade das Bacias do Jaú e Alto Jacaré-Pepira.....	94
<b>Tabela 24:</b> Distribuição dos principais tipos de solos nas Bacias do Jaú e do Jacaré-Pepira.....	94
<b>Tabela 25:</b> Análise qualitativa comparada das relações causais entre os componentes ambientais e os aspectos ambientais com as diferenças dos pulsos dos Rios Jaú e Jacaré-Pepira .....	97
<b>Tabela 26:</b> Área dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú .....	101
<b>Tabela 27:</b> Características da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú e de suas sub-bacias .....	105
<b>Tabela 28:</b> Classes de uso da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú - 1986 e 2008 .....	114
<b>Tabela 29:</b> Área de Vegetação Natural em sub-bacias do Rio Jaú no ano de 2008 .....	115
<b>Tabela 30:</b> Tipos vegetacionais remanescentes da Sub-bacia do Alto Ribeirão São João, distribuição e nível de degradação dos fragmentos .....	118
<b>Tabela 31:</b> Critérios e ponderações utilizados para a classificação das áreas da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú quanto a priorização para a averbação e implementação da Reserva Legal visando a prestação de serviços ecossistêmicos essenciais.....	130
<b>Tabela 32:</b> Áreas da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú quanto ao grau de prioridade para implementação de Reserva Legal e áreas de restrição. ....	132

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>ANA</b>	Agência Nacional de Águas
<b>APA</b>	Área de Proteção Ambiental
<b>APP</b>	Áreas de Preservação Permanente
<b>CBH - TJ</b>	Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê - Jacaré
<b>CETESB</b>	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional de Meio Ambiente
<b>CPTI</b>	Cooperativa de Serviços, Pesquisas Tecnológicas e Industriais do IPT
<b>CRH</b>	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
<b>DAEE</b>	Departamento de Água e Energia Elétrica de São Paulo
<b>DEPRN</b>	Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais
<b>ESALQ/USP</b>	Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo
<b>FCTH/USP</b>	Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica da Universidade de São Paulo
<b>FEHIDRO</b>	Fundo Estadual de Recursos Hídricos
<b>IBAMA</b>	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>IF</b>	Instituto Florestal
<b>INPE</b>	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
<b>IPT</b>	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
<b>IUCN</b>	União Internacional para Conservação da Natureza e dos Rec.Naturais
<b>MMA</b>	Ministério do Meio Ambiente
<b>PNMA</b>	Política Nacional de Meio Ambiente
<b>PNRH</b>	Política Nacional de Recursos Hídricos
<b>Q</b>	Vazão
<b>Q<sub>7,10</sub></b>	Vazão mínima de 7 dias com probabilidade de ocorrência de 10 anos
<b>Q<sub>95%</sub></b>	Vazão garantida em 95% do tempo observado
<b>SAEMJA</b>	Serviço Autônomo de Água e Esgoto do Município de Jaú
<b>SAF</b>	Sistemas Agroflorestais
<b>SIG</b>	Sistema de Informações Geográficas
<b>SMA</b>	Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo
<b>UGRHI</b>	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
<b>UGRHI - TJ</b>	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê- Jacaré



## RESUMO

A análise fluviológica é uma ferramenta importante para o planejamento e o gerenciamento de bacias hidrográficas, pois permite, através da caracterização do regime de vazões e do pulso de um curso d'água, indicar seu estado hidrológico, contribuindo desta forma para nortear o manejo dos recursos naturais visando a prestação dos serviços ecossistêmicos. Utilizando-se de dados secundários, de conhecimentos básicos de hidrologia estatística e de ferramentas computacionais, este estudo avaliou e comparou as principais variáveis de vazão e o pulso de rios localizados na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê - Jacaré. Os indicadores utilizados mostraram, apesar das condições climáticas semelhantes nas bacias, a maior instabilidade do pulso do Rio Jaú quando comparado aos Rios Jacaré-Pepira; Jacaré-Guaçu e Boa Esperança. O Rio Jaú apresentou as menores vazões mínimas específicas, as maiores vazões máximas específicas e as menores vazões específicas de permanência; sendo o único rio a atingir, no período analisado, a vazão crítica de estiagem estimada pelo Método de Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo. Além disso, o fluviograma do Rio Jaú foi o mais instável e o menos previsível, apresentando o maior número de pulsos, a maior tensão máxima e a menor amplitude média. A análise ambiental indicou que a maior instabilidade do pulso do Rio Jaú está diretamente relacionada ao baixo índice de cobertura vegetal natural e ao elevado grau de comprometimento dos usos consuntivos da água em relação a disponibilidade. Diante deste quadro, foi apresentada uma proposta de priorização de áreas para Reserva Legal no âmbito da bacia hidrográfica através do método da análise de múltiplos critérios com o auxílio de um Sistema de Informações Geográficas.

### **Palavras-chave:**

Rio, Vazão, Pulso, Bacia Hidrográfica, Reserva Legal.

## ABSTRACT

The fluviological analysis is an important tool for planning and managing watersheds once that, by means of the characterization of discharges regime and the pulse of a water course, it helps to indicate their hydrological state and the contributes to handle the natural resources with focus on ecosystemic services. Using secondary data and knowledge of statistics hydrology, as well computational tools, this study assessed and compared the main discharge variables and the pulse of the rivers situated in the Tietê - Jacaré Water Resources Management Unit. In spite of similar climatic conditions of the basins, the indicators have shown that there is grayer instability of the pulse of River Jaú when compared to the Rivers Jacaré-Pepira; Jacaré-Guaçu and Boa Esperança. The River Jaú has presented the lowest specific minimum discharges and the greatest specific maximum discharges as well as the lowest specific permanence discharges. Also it was the only river to reach, during the study period, the critical drought weather discharge estimates by the Hydrological Regionalization Method for São Paulo State. Furthermore, the fluvial diagram of the River Jaú was most instable and the least predictable, showing a greater number of pulses, the greatest maximum tension and the lowest average amplitude. The environmental analysis has indicated that greater instability of the pulse of the River Jaú is directly related to the poor index of natural vegetal cover and to the high level of risk of the consumption uses of its water. Therefore, based on the method of analysis of multiple criteria with the aid of a Geographic Information System, the present study suggests a proposal of prioritization of areas for Legal Forest within the watershed.

### **Key-words:**

River, Discharge, Pulse, Watershed, Legal Forest.

## 1. INTRODUÇÃO

Uma bacia hidrográfica ou fluvial é o conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes. Seu contorno é limitado pelas partes mais altas do relevo, chamadas de divisores de água. As águas das chuvas ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para a formação de nascentes e do lençol freático. Em condições naturais as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos de maior declividade. À medida que as águas destes riachos descem, juntam-se com as águas de outros riachos. Estes pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios cada vez maiores até desembocar nos oceanos (BARRELA et al, 2001).

É desejável que a quantidade de água produzida pelas nascentes e escoada pelos rios tenha distribuição adequada no tempo, ou seja, a variação da vazão deve situar-se dentro de determinados limites ao longo do ano. A bacia não deve funcionar, como um recipiente impermeável, escoando em curto espaço de tempo toda a água recebida durante uma precipitação pluvial. Ao contrário, ela deve absorver grande parte dessa água através do solo, armazená-la em seu lençol subterrâneo e cedê-la, aos poucos, aos cursos d'água através das nascentes (CALHEIROS, 2004).

Os rios são sistemas lineares que escoam a água que precipita sobre as massas continentais e segue para os oceanos superficialmente. Estes sistemas são abertos e participam de praticamente todos os processos ecológicos que ocorrem nas bacias hidrográficas.

A dinâmica destes processos ocorre ao longo das dimensões longitudinal (cabeceiras/foz), lateral (calha do rio/margens/planície aluvial) vertical (superfície/fundo) e temporal anual (enchente/cheia/vazante/estiagem) e intra-anual (anos secos/anos normais/anos chuvosos). Além disso, eventos naturais ou antrópicos modificam as condições dos ambientes aquáticos e ribeirinhos

afetando conseqüentemente os seres vivos que habitam estas áreas (WELLCOME, 1985; WARD, STENFORD, 1989 apud BARRELA et al 2001).

A ação do homem tem provocado uma série de perturbações na estrutura e no funcionamento destes ecossistemas. Historicamente o manejo das bacias hidrográficas e dos rios nunca utilizou como estratégia a conservação dos recursos naturais renováveis e a sustentabilidade ambiental. A idéia de recursos naturais abundantes e inesgotáveis levou a exploração sem restrição do ambiente (União Internacional para Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais - IUCN, 1984).

No Estado de São Paulo, por exemplo, o desmatamento em quase todas as regiões do interior iniciada na segunda metade do século XIX e intensificada no século passado alterou significativamente a paisagem com a substituição da maior parte das áreas de florestas e de cerrado por áreas agrícolas, de pastagens e urbanas, inclusive nas zonas ripárias. Esta intensificação do uso da terra somada ao aumento da demanda de água pelo desenvolvimento econômico e pelo crescimento da população, além de comprometer os ecossistemas aquáticos e os ecótonos nas interfaces destes sistemas, foi fator determinante por uma situação próxima da escassez de água em muitas regiões do estado.

Segundo a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo - SMA (2007), a cobertura vegetal remanescente atual é de 34,6 mil km<sup>2</sup>, ou seja, 13,9% da área do estado. Esta área é menor do que a ocupada pela cultura da cana-de-açúcar no estado na safra 2007-2008, que foi de 42,5 mil km<sup>2</sup> (INPE, 2008). Isto representa 25% da área ocupada por atividades agropecuárias em São Paulo que era, no ano de 2006, de aproximadamente 170 mil km<sup>2</sup>, praticamente 70% da área total do estado (IBGE, 2008).

Este índice de vegetação remanescente é apenas um pouco maior que a quantidade estimada das áreas definidas como Áreas de Preservação Permanente - APP pela legislação florestal, que segundo Gonçalves et al (2009) representa 10% do território paulista. Importante salientar que a vegetação natural

no estado está concentrada principalmente na Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape e na Serra do Mar, que somam um terço da área de vegetação natural remanescente. No interior existem municípios cujo índice de vegetação nativa é menor que 2%. Jaú (1,5% de vegetação remanescente), Itapuí (0,2%); Igaraçu do Tietê (0,2%) e Macatuba (1,3%), municípios localizados na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê - Jacaré (UGRHI – TJ ou UGRHI nº. 13) são exemplos de municípios com índices inaceitáveis de vegetação florestal no estado (SMA, 2007).

Além disso, dos 220 mil km<sup>2</sup> da área total das propriedades rurais em São Paulo, apenas 7 mil km<sup>2</sup> eram considerados como Reserva Legal. Isto quer dizer que faltam aproximadamente 37 mil km<sup>2</sup> para o estado cumprir os 20% da Reserva Legal em cada propriedade exigidos por lei. Esta situação, considerando ainda os 15 mil km<sup>2</sup> de áreas ripárias degradadas existentes no estado (SMA, 2007), demonstra a importância de estudos e pesquisas que contribuam para a elaboração de estratégias com o objetivo de restaurar a vegetação e garantir a prestação dos serviços ecossistêmicos<sup>1</sup>.

O processo de degradação em uma bacia hidrográfica é facilmente identificável pela diminuição da profundidade dos rios, pelo aumento da eutrofização e pela alteração do deflúvio superficial, com enchentes mais freqüentes nos períodos de chuva e redução drástica da vazão de base nas estiagens. Além disso, ocorrem mudanças microclimáticas tais como modificações na qualidade do ar, em função da redução da fotossíntese e do aumento da erosão eólica e poluição hídrica, em função da substituição da floresta por ocupação com atividades agropecuárias, urbanas e industriais (BRAGA, 1999; LINO e DIAS, 2003).

---

<sup>1</sup> SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS: são aqueles providos pelos sistemas naturais, dos quais o ser humano se apropria (paisagem, solos), se beneficia (regulação climática, purificação do ar) ou consome (água, madeira, alimento). Serviços ambientais compreendem toda ação antrópica que gera algum efeito nos recursos naturais, com o objetivo de garantir ou melhorar a oferta de um ou mais serviços gerados por um ecossistema. Pagar pelo uso da água é pagar por um serviço ecossistêmico. Pagar por serviços ambientais significa uma transação contratual entre comprador ou consumidor de serviço ecossistêmico e um vendedor ou produtor de um serviço ambiental (TOLEDO, 2005).

A redução e a conseqüente fragmentação de áreas naturais em uma bacia hidrográfica estão intensamente associadas à quantidade e a qualidade da água. A vegetação ciliar, entre outras funções, por exemplo, funciona como uma faixa de proteção natural dos corpos d'água. Sua ausência acarreta no aumento do escoamento superficial, trazendo como conseqüências o incremento da erosão e o aporte de material particulado nos rios e córregos, provocando o assoreamento e alterando os padrões de vazão e de volume dos mesmos. Este processo provoca ainda a deterioração dos habitats aquáticos, além de comprometer a qualidade e aumentar os custos de tratamento e distribuição da água (CANTER, apud MARCOMIN, 2002).

Em fronteiras agrícolas antigas predominam paisagens intensamente fragmentadas, fruto do processo de uso desordenado da terra, caracterizado por níveis de desmatamento superiores a 90%. Trata-se de um fenômeno global, que ocorre tanto regiões temperadas como o sul da Austrália e o meio-oeste norte americano como em regiões tropicais como a Mata Atlântica Brasileira e regiões da Índia (VIANA, 1995; BIERREGARD e LAURANCE, 1997 apud VIANA e MENDES, 1999).

Este fenômeno traz grandes implicações sobre a sustentabilidade do desenvolvimento, especialmente no que diz respeito a conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos, pois paisagens com baixa integridade ecológica perdem a capacidade de realizar plenamente os processos ecológicos básicos e por isso são especialmente problemáticas do ponto de vista conservacionista (PIRES et al, 2000).

Quanto maior a intensidade da substituição da paisagem natural maior a alteração de vários componentes do ciclo hidrológico. A remoção da vegetação arbórea nativa influencia as taxas de infiltração e evapotranspiração, alterando assim a umidade natural do solo. A substituição da vegetação arbórea nativa por plantas agrícolas herbáceas ou espécies de pastagem contribui para a redução significativa da evapotranspiração e para o aumento do escoamento superficial,

das temperaturas e da incidência de ventos sobre o solo. (SAUNDERS et al., 1991).

A abordagem ambiental como perspectiva da sustentabilidade da saúde dos ecossistemas e da economia, definindo estratégias de proteção e recuperação dos sistemas responsáveis pela manutenção dos serviços ecológicos é fundamental para incorporar os ecossistemas e os recursos humanos no processo de planejamento e gerenciamento do desenvolvimento.

O desenvolvimento ecologicamente sustentável, afinal, somente será viável com a garantia da integridade ecológica dos ecossistemas e uma das dificuldades para essa meta é a inexistência de abordagens metodológicas que contribuam para a tomada de decisões em relação às estratégias políticas e de gestão mais adequadas para manter a capacidade dos recursos naturais prestarem os serviços ecossistêmicos (PIRES, SANTOS e PIREZ, 2003).

A conservação do solo e da água por meio do manejo adequado da terra e a necessidade da utilização das bacias hidrográficas como unidades para o planejamento e o controle do uso da terra, para a consecução do desenvolvimento sustentável de forma integrada com a conservação dos ecossistemas naturais e dos recursos hídricos, são recomendados desde a década de 80 (IUCN, 1984).

Este planejamento precisa satisfazer às diversas diretrizes de desenvolvimento nos ambientes urbanos e rurais, sem comprometer a níveis insustentáveis, as funções dos ecossistemas naturais. O manejo de bacias hidrográficas, portanto, deve contemplar a preservação e melhoria da água nos aspectos qualitativos e quantitativos, através de seus principais interferentes, solo e vegetação, em uma unidade geomorfológica da paisagem como forma mais adequada de manipulação sistêmica dos recursos de uma região (CALHEIROS, 2004).

A utilização da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento ambiental não é recente. Estudos hidrológicos e limnológicos utilizam a bacia hidrográfica para as análises qualitativa e quantitativa do recurso água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes há várias décadas. As ligações entre as características físicas e de drenagem de uma bacia, a vazão e as características da água do corpo hídrico, tem levado vários autores a utilizarem o conceito de bacia hidrográfica como análogo ao de ecossistema, como unidade de estudo ou de gerenciamento ambiental (PIRES, SANTOS e DEL PRETTE, 2002).

Entende-se por ecossistema qualquer unidade da paisagem que contenha um conjunto estrutural e funcional onde ocorra uma complexa e dinâmica interação entre comunidades de plantas, de animais (inclusive o homem) e de microorganismos com a água, os solos, o ar, o clima, o relevo, enfim, com o ambiente, de forma a possibilitar o fluxo de energia e a ciclagem de materiais entre os componentes bióticos e abióticos (ODUM, 1988).

Pires, Santos e Del Prette (2002) salientam, porém, a importância da compreensão plena do conceito de ecossistema e dos processos ecológicos para a análise e o gerenciamento ambiental, pois apesar das reconhecidas vantagens do uso da bacia hidrográfica como unidade de análise e gerenciamento da paisagem, muitas vezes esta unidade não é apropriada para estudos da dinâmica trófica ou para análises sócio-econômicas, que devem considerar a paisagem regional, visto que inúmeras bases de dados extrapolam os limites da bacia. Existem, portanto, uma série de relações externas à bacia que devem ser computadas na análise, sem que isso implique em contradição com o recorte adotado para a gestão.

Uma bacia hidrográfica é um sistema aberto, complexo e organizado, composto por uma grande quantidade de componentes interativos, capazes de intercambiar informações com seu entorno e capazes ainda de adaptar sua estrutura interna como consequência destas interações (CHRISTOFOLETTI, 2002). Como um sistema geomorfológico, a bacia hidrográfica recebe energia



através de agentes climáticos e perde através do deflúvio, podendo ser descrita em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão e desta forma, uma bacia mesmo quando não perturbada por ações antrópicas, encontra-se em equilíbrio dinâmico (LIMA, 1989).

Segundo Souza e Fernandes (2006) cada bacia hidrográfica se interliga com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia. Portanto, os termos bacia e sub-bacias hidrográficas são relativos. Em resumo, os conceitos de bacia e sub-bacias se relacionam a ordens hierárquicas dentro de uma determinada malha hídrica. A subdivisão de uma bacia hidrográfica de maior ordem em seus componentes (sub-bacias) facilita a identificação de focos de degradação de recursos naturais, da natureza dos processos de degradação ambiental e do grau de comprometimento da produção sustentada existente.

Uma floresta tende a interceptar mais água que as terras cultivadas ou as pastagens, portanto o desmatamento normalmente exerce considerável efeito nos pulsos de um rio. A retirada da cobertura arbórea provoca o aumento do escoamento superficial e o aumento do fluxo direto da água para os rios. Bacias de drenagem com lavoura reagem prontamente à precipitação pluviométrica e produzem um fluxo fluvial muito maior que bacias ocupadas por floresta natural. Estas por sua vez, processam de modo muito diferente a mesma entrada de água, pois a descarga do rio aumenta lentamente, após o aguaceiro, atingindo seu fluxo máximo em nível inferior (LIMA, ZAKIA, 2004).

Os efeitos hidrológicos dos desmatamentos nas bacias hidrográficas, portanto, podem ser observados através da alteração do pulso natural ou hidroperíodo característico de um curso d'água. Durante o período de chuvas a menor interceptação da precipitação pluviométrica decorrente da redução da cobertura vegetal acarreta no maior escoamento superficial das águas, aumentando o fluxo fluvial. Este aumento de vazão durante o período de cheias diminui o armazenamento sub-superficial e subterrâneo da água na bacia levando desta forma à diminuição das vazões mínimas durante o período de estiagem.

Leopold et al., 1964; Gregory, Walling, 1973 apud Lima e Zakia, 2004 concluíram que qualquer modificação no recebimento ou na liberação de energia, ou uma modificação na forma do sistema, de origem antrópica ou natural, acarretará mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modificação e restaurar o estado de equilíbrio dinâmico. O regime de flutuação de fatores ambientais no tempo é reconhecido como um dos principais fatores do ambiente (ODUM, 1988).

No caso de ecossistemas aquáticos, o regime de flutuações das vazões e, conseqüentemente, das cotas de inundação, representa a principal função de força do sistema regulando a heterogeneidade temporal e espacial da paisagem do rio (NEIFF, 1996; CRUZ et al. 1998). A vazão necessária para preservar as condições do pulso hidrológico, do transporte de sedimentos e nutrientes e dos processos do ciclo de vida das espécies silvestres da fauna e da flora, chamada de vazão ecológica, deve garantir a taxa de perturbações necessárias à renovação e ao funcionamento dos ecossistemas associados ao curso de água, mantendo suas funções ecológicas nos seus leitos maiores e menores (CRUZ, 2005).

Pode-se afirmar, por exemplo, que a perda gradativa de resiliência dos ecossistemas ripários das bacias é um dos fatores principais do comprometimento dos recursos hídricos (LIMA, 2005). Os sistemas aquáticos naturais e artificiais funcionam, principalmente, impulsionados por flutuações de curta ou longa duração, naturais ou induzidas pelo homem, definidas como pulsos. O conhecimento da magnitude e freqüência desses pulsos permite determinar o hidroperíodo característico de um rio e é fundamental para o prognóstico das conseqüências das atividades antrópicas (TUNDISI, TUNDISI e ROCHA, 1999).

As flutuações dos fatores ambientais caracterizadas por amplitude, freqüência e previsibilidade, podem afetar ou impedir o padrão de adaptação das espécies. Junk e Wantzen (2004) acreditam que pulsos previsíveis favorecem a adaptação dos organismos. A quantidade e a qualidade da água e o regime de vazão de um curso d'água podem ser profundamente modificadas pelo uso e

ocupação do solo na bacia hidrográfica. Quando estas áreas perdem as características naturais, elas se tornam mais vulneráveis a perturbações, que de outra forma seriam normalmente absorvidas.

Neste contexto, estudar o nível de qualidade ambiental em bacias hidrográficas, como a do Rio Jaú, através da análise fluviológica, caracterizando suas vazões e seu pulso e relacionando os resultados com os valores encontrados em outros rios da UGRHI - TJ e com as vazões previstas pela metodologia da Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo (Liazi et al, 1988), pode contribuir para o estabelecimento de indicadores de sustentabilidade ambiental, auxiliando nos processos de tomada de decisão quanto a priorização de investimentos na restauração de áreas degradadas.

A análise ambiental de paisagens intensamente fragmentadas e com índices críticos de cobertura vegetal remanescente é fundamental, não apenas para a elaboração de propostas para recuperação da capacidade de prestar os serviços ecossistêmicos de uma bacia hidrográfica, mas também para prevenir a ocupação desordenada e a fragmentação de outras paisagens.

## 2. OBJETIVOS

### **Objetivos Gerais:**

- ☐ Avaliar a Bacia Hidrográfica do Rio Jaú através da análise fluviológica, caracterizando suas vazões e seu pulso e relacionando os resultados com os valores encontrados em outros rios da UGRHI - TJ e com as vazões previstas pela metodologia da Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo;
- ☐ Determinar áreas prioritárias na bacia para restauração florestal além das áreas de preservação permanente;
- ☐ Apresentar uma proposta de zoneamento ambiental para a determinação de áreas para implementação da reserva legal.

### **Objetivos específicos:**

- ☐ Analisar e comparar as características da vazão e do pulso do Rio Jaú - SP, com as características da vazão e do pulso de outros rios da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê - Jacaré (UGRHI – TJ);
- ☐ Correlacionar os valores das variáveis de vazão medidos nos Rios Jaú, Jacaré-Pepira; Jacaré-Guaçu e Boa Esperança com os valores das variáveis de vazão previstos pela metodologia da Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo (Liazi et al, 1988);
- ☐ Discutir a utilização da avaliação fluviológica como um indicador da degradação ambiental na bacia hidrográfica;
- ☐ Analisar os índices do uso da terra e da vegetação natural, florestal e de cerrado, nas Bacias Hidrográficas do Jaú e do Jacaré-Pepira, relacionando-os com os pulsos dos respectivos rios;
- ☐ Determinar áreas prioritárias para a implementação da Reserva Legal na Bacia Hidrográfica do Jaú, considerando, além do aumento da cobertura florestal, a produção de água, o equilíbrio do pulso dos rios e dos ecossistemas aquáticos, a formação de contínuos de vegetação e de corredores de biodiversidade viáveis e de baixa vulnerabilidade ecológica e a legislação pertinente.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 ÁREA DE ESTUDO**

A área de estudo abrangeu a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê - Jacaré (UGRHI - TJ), onde estão localizados os Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança, utilizados na análise fluviológica comparativa e, especificamente, a Bacia Hidrográfica do Rio Jaú.

##### **3.1.1 Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê - Jacaré**

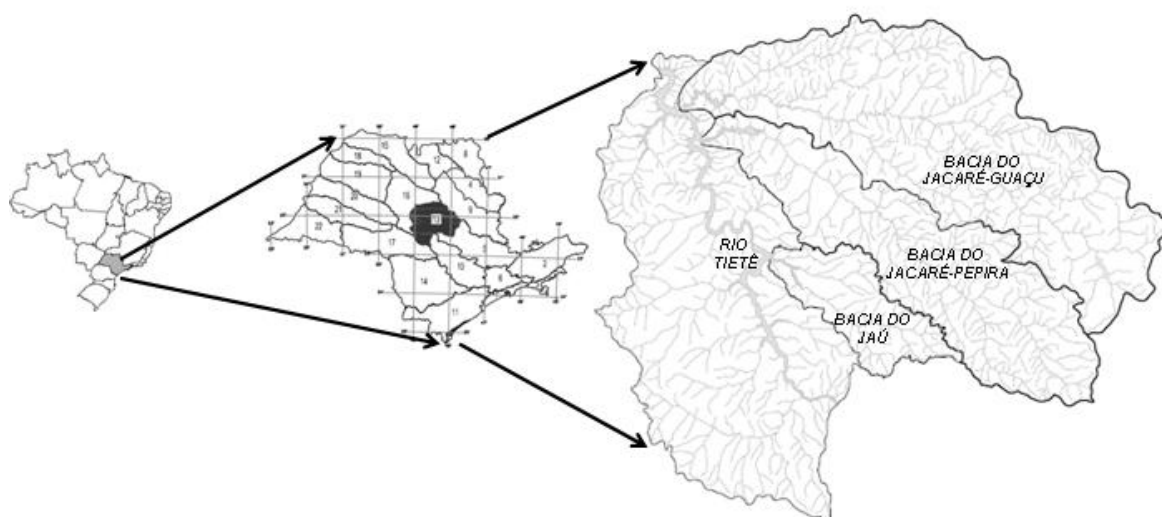
As Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI), criadas pela Lei Estadual nº. 9.034 de 1994, estabeleceram a base territorial para o sistema de gerenciamento dos recursos hídricos, dividindo o território do estado de São Paulo em 22 sub-bacias hidrográficas. A UGRHI - TJ é a de nº 13 e possui área total de 11.784,6 km<sup>2</sup> (IPT, 2000).

Ela é formada pelas Bacias dos Rios Jacaré-Guaçu, Jacaré-Pepira e Jaú na margem direita e na margem esquerda pelas Bacias dos Rios Claro, Bauru e Lençóis e por bacias de pequenos ribeirões e córregos e porções de áreas que drenam para o Rio Tietê, no trecho situado a jusante da Usina Hidrelétrica de Barra Bonita e a montante da Usina Hidrelétrica de Ibatinga. Ela engloba, portanto, os reservatórios de Bariri e Ibatinga e suas respectivas áreas de drenagem. A Figura 1 mostra a localização da UGRHI - TJ e das Bacias dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu.

A população total dos 34 municípios da sub-bacia hidrográfica do Tietê - Jacaré era de aproximadamente 1.430.000 habitantes em 2007. As principais zonas urbanas localizadas na UGRHI - TJ são: Bauru (348.000 habitantes), São Carlos (213.000 habitantes), Araraquara (196.000 habitantes) e Jaú (125.500 habitantes). São Carlos e Araraquara estão localizadas na Bacia do Jacaré-Guaçu, respectivamente no curso superior e curso médio do Rio Jacaré-Guaçu e a cidade de Jaú está localizada no curso médio do Rio Jaú. Até 2019 a UGRHI-TJ

terá uma população total de 1.656.177, 3,63% do total projetado para todo o Estado de São Paulo no mesmo período. Bauru, São Carlos e Araraquara serão, respectivamente, os municípios mais populosos, em termos totais. Esses 3 municípios responderão juntos por 53,4% da população da Bacia em 2019 (CPTI, 2008a).

**Figura 1:** Localização da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê - Jacaré (UGRHI TJ) e das bacias hidrográficas dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu (Adaptado de IPT, 2000)



Os usos da terra são caracterizados por atividades agropecuárias. Na zona rural predominam extensas culturas de cana-de-açúcar, laranja, pastagens e áreas de reflorestamento com *Eucaliptus sp* e *Pinnus sp*. Na sub-bacia restam 11,31% de áreas de vegetação nativa remanescente, entre as diversas fisionomias de cerrados, floresta estacional decidual e semidecidual e florestas ripárias ao longo dos cursos dos tributários (TUNDISI et al, 2008).

A UGRHI - TJ apresenta atividades econômicas diversificadas, com destaque para o agronegócio sucro-alcooleiro e citrícola. A atividade sucro-alcooleira é formada pela produção do açúcar e do álcool, utilizando a mesma matéria-prima, cana-de-açúcar, mas abastecendo mercados diferentes: bem final de consumo ou insumo para a indústria de alimentos e insumo para a indústria química ou combustível para motores de automóveis. O complexo sucroalcooleiro estende-se por quase toda a área desta UGRHI (CPTI, 2008a).

O cultivo de citrus, notadamente laranja, concentra-se nas imediações de São Carlos e Araraquara, sendo que este último município destaca-se também no processamento das frutas cítricas. Além disso, existem outros setores de destaque na UGRHI - TJ, tais como: bebidas e papel, nos municípios de Agudos, Araraquara e Bauru; calçados, em Jaú; tecidos e metal mecânica, em São Carlos; bordados, em Ibitinga; equipamentos de proteção individual, em Bocaina; turismo, em Barra Bonita, com o aproveitamento da represa e da eclusa de Barra Bonita e turismo de aventura em Brotas, com o aproveitamento da paisagem e das características naturais do Rio Jacaré-Pepira.

A UGRHI - TJ apresenta uma infra-estrutura de transporte privilegiada. Integram essa rede a Hidrovia Tietê-Paraná, as rodovias Marechal Rondon e Washington Luiz, além de uma malha ferroviária eletrificada e em funcionamento. Várias outras rodovias cortam a área da UGRHI, interligando os seus municípios. O município de Pederneiras é o que mais tem se beneficiado da proximidade com a Hidrovia Tietê-Paraná, graças à construção do terminal intermodal e do distrito industrial. Além disso, a região é cortada, também, pelo gasoduto Bolívia-Brasil (IPT, 2000).

O cultivo de café e a expansão da ferrovia para escoamento da produção cafeeira foram os responsáveis pela formação de vários municípios pelo interior do Estado de São Paulo. Na UGRHI - TJ, o processo de ocupação foi mais intenso entre 1870, que corresponde ao início da atividade cafeeira, e 1929, início da crise do café. Se por um lado a cultura do café trouxe desenvolvimento à região, por outro, com a ocupação ocorrendo sem planejamento, levou a degradação do solo com desenvolvimento de processos erosivos que, como consequência, gerou impactos negativos aos recursos hídricos.

Comparando-se a produção de café, o crescimento populacional e a porcentagem de cobertura vegetal existente no Estado, nota-se que a expansão da cultura de café no território paulista, gerou um nível de crescimento populacional mais elevado, evidenciando uma forte influência das atividades

econômicas na distribuição da população, e na intensificação da derrubada da cobertura vegetal (CPTI, 2008a).

A ampliação da rede ferroviária possibilitou que alguns municípios da UGRHI se tornassem centros regionais, sobretudo aqueles localizados nos grandes entroncamentos ferroviários, consolidando as atividades de comércio e de serviços. Na Bacia destacam-se os municípios de Araraquara, Jaú, Bauru e São Carlos (IPT, 2000).

Outro fator que possibilitou que a região se inserisse no processo de interiorização do desenvolvimento foram as rodovias, entre elas a Anhangüera, Washington Luiz, Castelo Branco e a Marechal Rondon, instaladas a partir de 1959. Ressalta-se, também, o papel desempenhado pelos rios no processo de ocupação e desenvolvimento do Estado e da UGRHI – TJ. Eles serviram como via de penetração no território paulista e até mesmo para escoamento do café. Ultimamente, com a Hidrovia Tietê-Paraná, eles compõem uma importante matriz de transporte do estado transportando milho, soja, farelo, cana-de-açúcar, madeira, material de construção, fertilizante e calcário, numa extensão de mais de 1000 km (SMA, 1999).

### **3.1.2 Bacia Hidrográfica do Rio Jaú**

A Bacia Hidrográfica do Rio Jaú apresenta aproximadamente 420 m de amplitude altimétrica, com altitude máxima de 861 m nas proximidades das suas cabeceiras na Serra do Tabuleiro, no município de Torrinha e 440 m em sua foz no Rio Tietê na divisa dos municípios de Jaú, Itapuí e Bariri. Seu território abrange parte dos municípios de Bariri, Bocaina, Dois Córregos, Itapuí, Jaú, Mineiros do Tietê e Torrinha, em uma área de 752,25 km<sup>2</sup> entre os paralelos 22°09' e 22°28' S e os meridianos 48°13' e 48°42' W.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2008, os 3 municípios com sedes localizadas na Bacia Hidrográfica do Jaú tinham, em 2007, população total de aproximadamente 162.000 habitantes (Jaú 125.500



habitantes, Dois Córregos 24.500 habitantes e Mineiros do Tietê 12.000 habitantes). O distrito de Potunduva, o bairro rural de Vila Ribeiro e alguns bairros da região sudoeste de Jaú, que somam aproximadamente 10 % da população do município, estão localizados fora da Bacia do Jaú.

O clima da bacia do Rio Jaú é do tipo “Cwa”, na classificação Köeppen, definido como mesotérmico ou tropical de altitude, com verão úmido e inverno seco, com temperatura média do mês mais quente superior a 22° C. A precipitação anual em anos normais varia de 1400 a 1500 mm. O período chuvoso ocorre de outubro a março, sendo o trimestre mais chuvoso de dezembro a fevereiro. O período seco vai de abril a setembro, com o trimestre mais seco entre junho e agosto (SOUZA e CREMONESI, 2004).

As temperaturas médias anuais variam de 21 a 23 °C; as médias máximas em janeiro situam-se entre 29 a 32 °C; e a média das mínimas em julho de 11 a 13 °C. A insolação média anual é de 2.670 horas, ou seja 60% do período de claridade apresenta-se ensolarado e a umidade relativa do ar é alta, em média 70%. Os ventos predominantes são os alíseos do anticlone semi-fixo do Atlântico Sul com direção SE (PALANCA e KOFFLER, 1996).

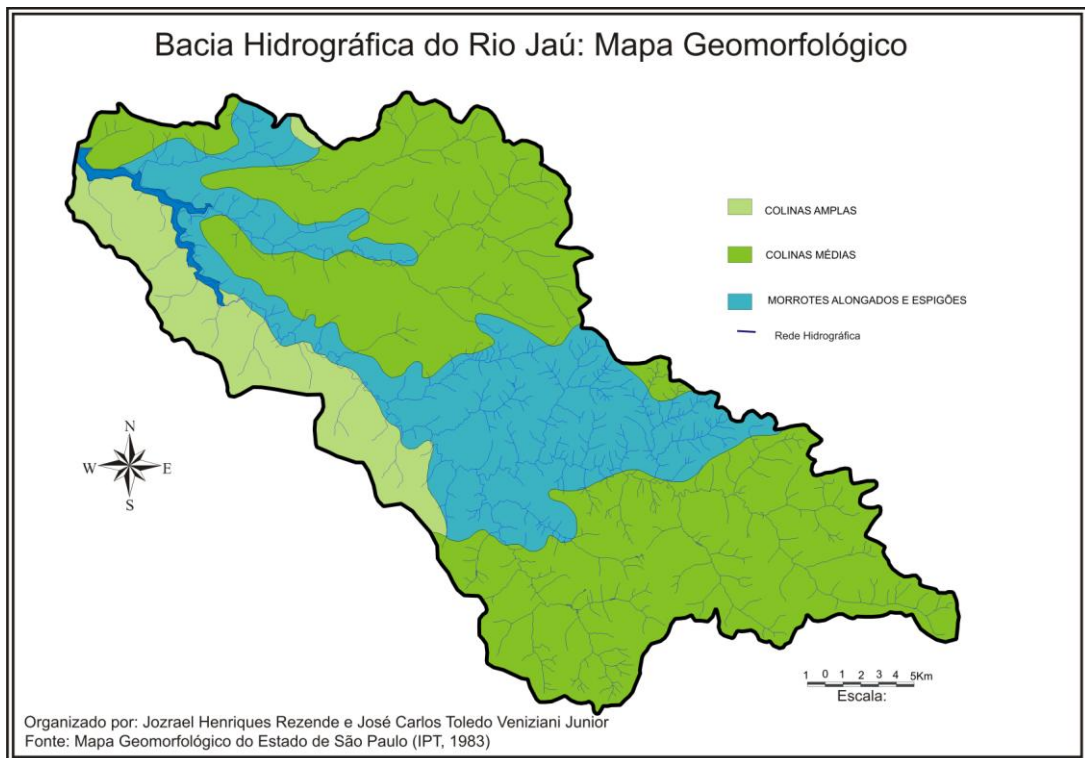
A Bacia Hidrográfica do Rio Jaú está inserida na província geomorfológica denominada Cuestas Basálticas (PONÇANO et al, 1981), que são formas de relevo tabulares, onde escarpas íngremes limitam um topo plano, formado por terras de maiores altitudes, que se contrapõem a terras mais baixas e de vertentes suaves. Predominam na bacia, quanto ao relevo, os sistemas de “Colinas Médias” e o de “Morrotes Alongados e Espigões” (IPT, 2000).

As Colinas Médias correspondem aos sedimentos das formações Pirambóia e Itaqueri. Suas características principais são os interflúvios com áreas de 1 a 4 km<sup>2</sup>, topos aplainados, vertentes com perfis convexos a retilíneos. Estas áreas possuem normalmente rede de drenagem de baixa a média densidade, com padrão sub-retangular, vales abertos a fechados, planícies aluviais interiores restritas, com presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes e está

presente nas áreas de cabeceiras da Bacia, nos municípios de Dois Córregos e Mineiros do Tietê e também na porção centro-leste e norte da bacia. Os Morrotes Alongados e Espigões ocorrem principalmente na margem direita do rio Jaú, abrangendo, entre outras sub-bacias, os principais mananciais de abastecimento do município de Jaú (Sub-bacias dos Córregos Santo Antônio e João da Velha e do Ribeirão Pouso Alegre). Esta forma do relevo é notada principalmente onde os basaltos se acham mais entalhados (PALANCA e KOFFLER, 1996).

Ab'Saber (1971) apud Palanca e Koffler (1996) salienta que os férteis chapadões de Jaú constituem uma área de rebaixamento do relevo geral dos altiplanos arenítico-basálticos vinculados ao relevo de cuevas da Serra de São Pedro, localizados a poucas dezenas de quilômetros a leste de Jaú. Enquanto as altitudes do reverso imediato das escarpas estruturais daquela serra estão a 900-1000 m, nos arredores do aglomerado urbano de Jaú, os suaves interflúvios, predominantemente constituídos por basaltos decompostos, estão a 500 - 550 m de altitude.

Normalmente, predominam interflúvios sem orientação preferencial, topos angulosos a achatados e vertentes ravinadas com perfis retilíneos. Rede de drenagem de média a alta densidade, com padrão dendrítico e vales fechados. Outros relevos como as Mesas Basálticas, ocorrem onde o basalto está mais entalhado. As mesas basálticas são representadas por morros testemunhas isolados, topos aplainados a arredondados, vertentes com perfis retilíneos, muitas vezes com trechos escarpados e exposições de rocha. Rede de Drenagem de média e baixa densidade, com padrão pinulado a subparalelo e vales fechados (PALANCA e KOFFLER, 1996). A Figura 2 mostra a geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú.



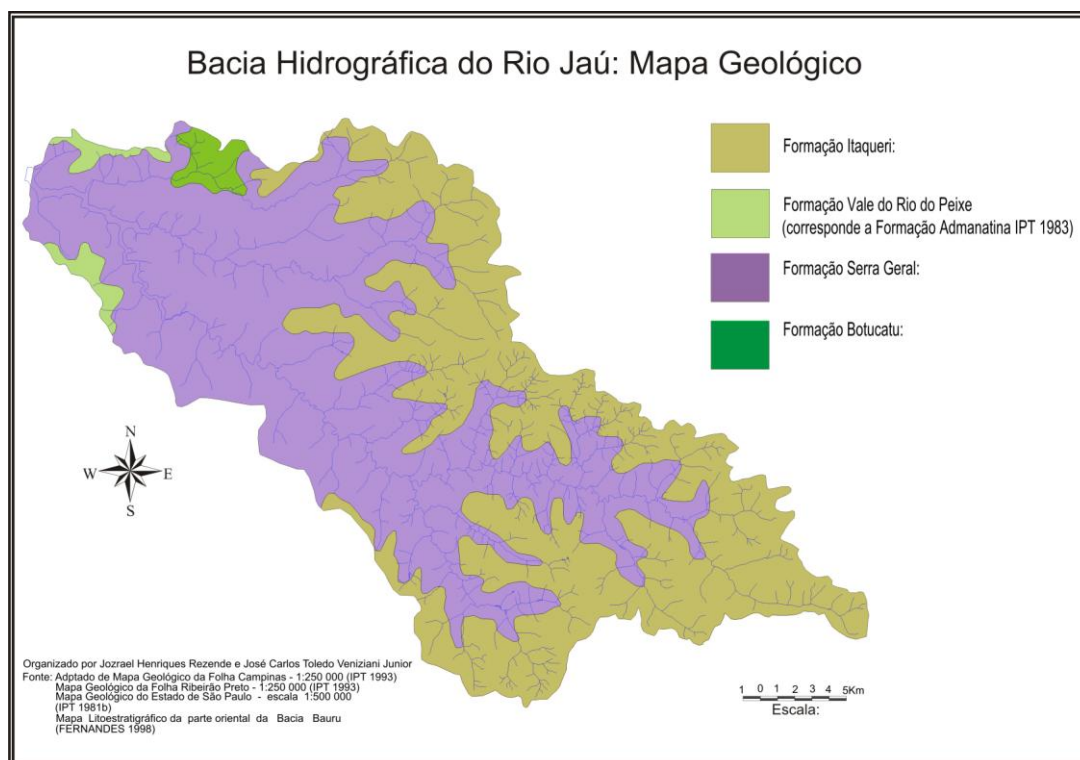
**Figura 2:** Mapa Geomorfológico simplificado da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú (Fonte: IPT, 1983)

Segundo IPT (2000) do ponto de vista geológico a Bacia do Rio Jaú está inserida na borda nordeste da Bacia do Rio Paraná, unidade geotectônica estabelecida por subsidência sobre a Plataforma Sul-Americana a partir do Siluriano/Devoniano Inferior que atingiu sua máxima expansão entre o Carbonífero Superior e o final do Permiano. Ocorrem na área da bacia apenas as unidades pertencentes ao Grupo São Bento e as rochas sedimentares que ocorrem como cobertura das lavas basálticas.

Em relação ao Grupo São Bento, a formação geológica que ocorre na bacia é a Serra Geral, caracterizada pelos derrames de lavas eruptivas superpostas que abrangem grandes áreas com camadas espessas. É datada da idade triássico-cretáceo (de 245 a 66,4 milhões de anos atrás). Apresenta rochas vulcânicas toleíticas (dispostas em derrames basálticos), com coloração cinza a negra, textura afanítica (minerais não visíveis a olho nu), com intercalações de arenitos intertrapeanos (eólicos) finos a médios, apresentando estratificação cruzada tangencial. Ocorrem esparsos níveis vitrofíricos não individualizados. As

áreas de basalto, que deram origem as chamadas “terras roxas”, foram descobertas do capeamento sedimentar nas bordas das principais percées epigênicas, determinando importantes zonas de culturas de café em São Paulo, como na região de Jaú - Pederneiras - São Manuel.

As rochas sedimentares são representadas pela Formação Itaqueri do Grupo Bauru, que se caracteriza pelo predomínio de arenito de textura fina passando por siltitos até arenitos mais grosseiros. Estas coberturas areníticas pós-basálticas afloram geralmente nos interflúvios. O Grupo Bauru acumulou-se no Cretáceo Superior, recobrimdo as lavas basálticas, nas áreas deprimidas da porção norte da Bacia do Paraná, que se comportou como área negativa relativa aos soerguimentos marginais e à zona central da bacia, gerando embaciamentos localizados. A Formação Itaqueri ocorre irregularmente no reverso da cuesta nas Serras de Itaqueri e São Pedro, com predomínio de arenitos. Essas coberturas pós-basálticas afloram geralmente nos interflúvios. A Figura 3 mostra a geologia da Bacia do Rio Jaú.



**Figura 3:** Mapa Geológico simplificado da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú (Fontes: IPT 1993 1981 e Fernandes 1998)

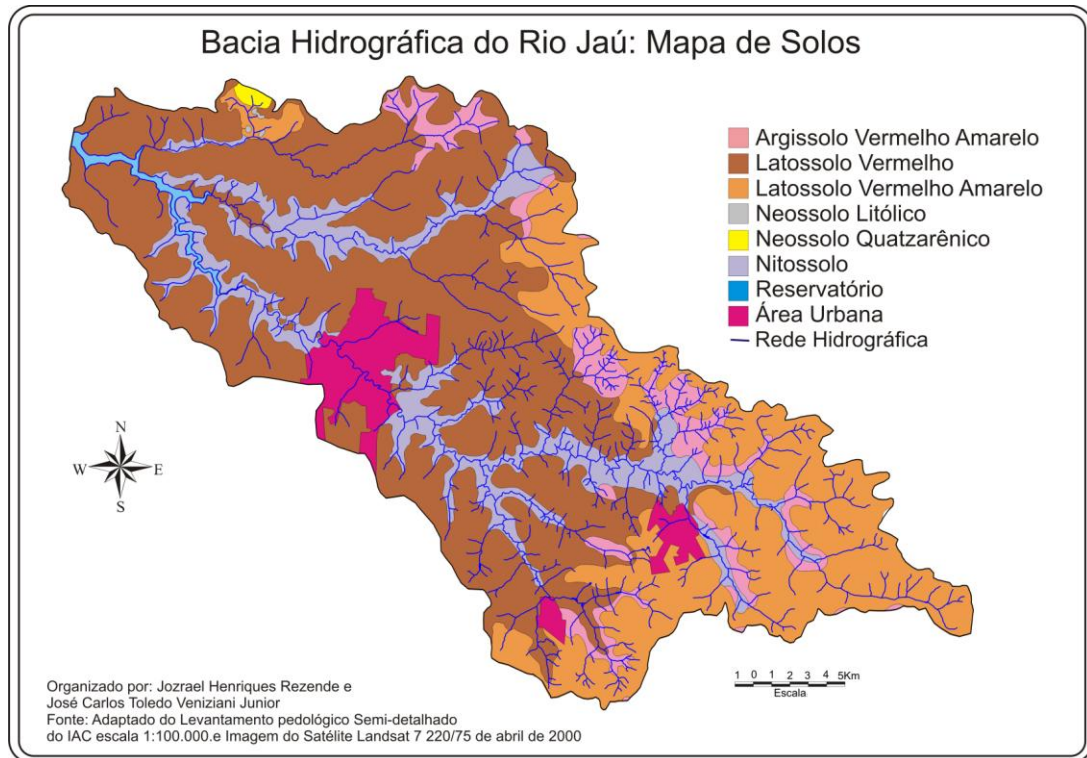
Os solos da Bacia do Jaú foram mapeados no Levantamento Pedológico Semi-Detalhado do Estado de São Paulo (escala 1:100.000), quadrículas de Brotas e Jaú (OLIVEIRA et al, 1981 e 1982). Observa-se na bacia a maior ocorrência dos Latossolos vermelhos, constituindo cerca de 52,0% da área da bacia; seguido pelos Latossolos vermelho-amarelos com 26,1 %; os Nitossolos vermelhos com 14,7 %; os Argissolos com 5,6 %, os Neossolos Quartzarênicos com 0,2% e os Neossolos litólicos com 0,1%.

Os Latossolos vermelhos, no atual Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos, abrangem os solos anteriormente denominados como Latossolos roxos e Latossolos vermelhos (IBGE, 2007). São solos de coloração vermelha, com altos teores de óxidos de ferro, friáveis, bastante porosos, de textura média a argilosa, fortemente intemperizados e bem drenados, provenientes das rochas básicas (basalto e diabásio) puras (antigos latossolos roxos) ou retrabalhadas pelo intemperismo com argilitos e siltitos (antigos latossolos vermelhos).

Os Latossolos vermelho-amarelos apresentam textura média e arenosa, principalmente com areia grossa (associados à Formação Itaqueri), são ácidos e essencialmente distróficos. Estão localizados principalmente nas cabeceiras da Bacia do Jaú. Os Nitossolos vermelhos compreendem as anteriormente denominadas “Terras Roxas”, solos com horizonte B textural argiloso ou muito argiloso, derivados de rochas básicas. Aparecem sobretudo acompanhando o curso do Rio Jaú, à montante da cidade, e no baixo curso do rio e ao longo do Ribeirão Pouso Alegre.

Os Argissolos Vermelho-amarelos (antes denominados Podzólicos Vermelho-amarelos) são solos com grande diferenciação entre os horizontes, com clara acumulação de argila no horizonte subsuperficial e ocorrem especialmente nas áreas de maior declividade no extremo norte e centro leste da bacia. Os Neossolos quartzarênicos, denominados anteriormente Areias Quartzosas, são solos jovens, profundos, desenvolvidos sobre material de origem arenosa, cuja fração areia, composta essencialmente por quartzo, é igual ou superior a 70%. Os Neossolos litólicos, denominados Litossolos na classificação anterior, são

caracterizados pela pequena espessura (inferior a 40 cm) e ausência de horizonte de subsuperfície. A Figura 4 mostra a distribuição dos grandes grupos de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Jaú.



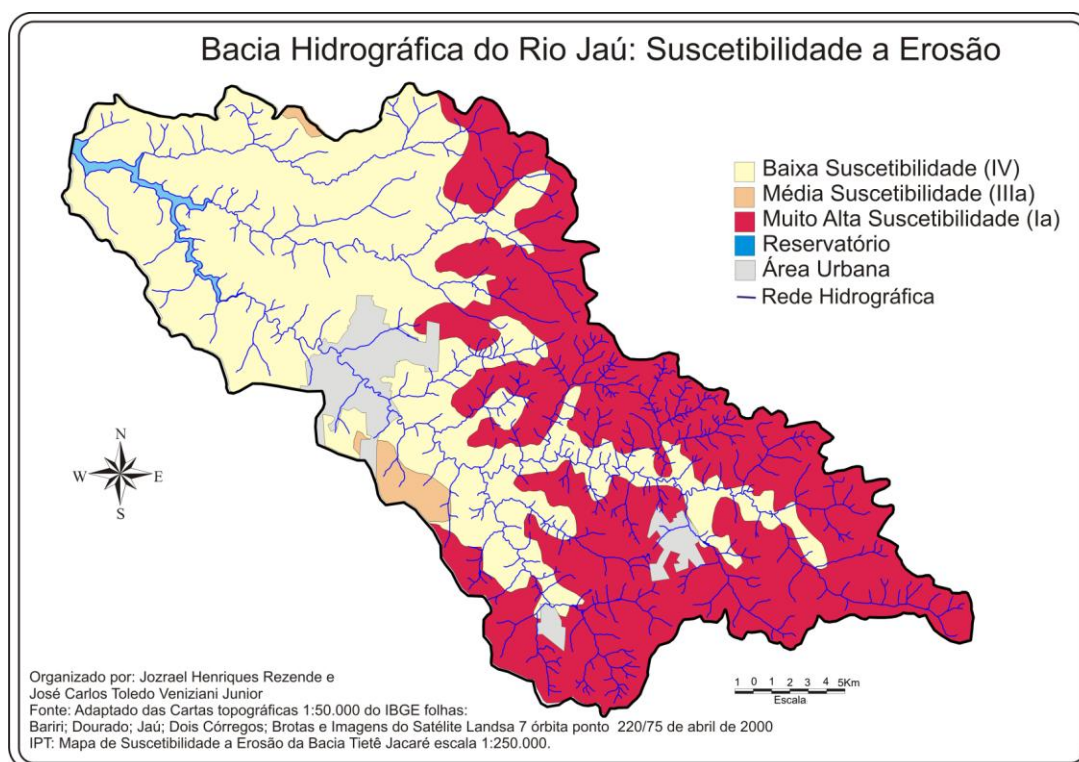
**Figura 4:** Mapa Pedológico simplificado da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú (Fonte: IAC, 1981)

Em relação à susceptibilidade à erosão, IPT (2000) utilizando o Mapa de Erosão do Estado de São Paulo, organizado por IPT/DAEE em 1995, elaborado a partir de Folhas 1 : 250.000 e apresentado na escala 1 : 1.000.000, identificou na área da UGRHI – TJ, com relação às classes de suscetibilidade à erosão, a ocorrência de 8 classes, agrupadas em 5 níveis de suscetibilidade (muito alta, alta, média, baixa e muito baixa). Entre os 5 níveis e as 8 classes, ocorrem na Bacia Hidrográfica do Jaú, 3 classes de 3 níveis distintos conforme mostram a Tabela 1 e a Figura 5.



**Tabela 1:** Características das Classes de suscetibilidade à erosão identificadas na Bacia Hidrográfica do Rio Jaú Fonte: (Adaptado de IPT, 2000).

CLASSES DE SUSCETIBILIDADE	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS	
	MEIO FÍSICO	PROCESSOS EROSIVOS
I - MUITO ALTA	<b>ib</b> <b>GEOLOGIA:</b> Rochas sedimentares – Grupo São Bento (Formações: Botucatu e Pirambóia), Formação Itaqueri e Sedimentos Correlatos. <b>SISTEMAS DE RELEVO:</b> Colinas Médias, Morrotes Alongados e Espigões Festonados. <b>ASSOCIAÇÕES PEDOLÓGICAS:</b> Argissolos; Neossolos; Latossolos Vermelho-Amarelos	Erosão linear: voçorocas de cabeceira de drenagem de médio a grande porte, ravinas e sulcos com incidência alta. Erosão laminar intensa e movimentos de massa (escorregamentos).
III - MÉDIA	<b>IIIa</b> <b>GEOLOGIA:</b> Rochas sedimentares – Grupo Bauru (Formações Marília e Vale do Rio do Peixe - Adamantina). <b>SISTEMAS DE RELEVO:</b> Colinas Amplas. <b>ASSOCIAÇÕES PEDOLÓGICAS:</b> Latossolos Vermelhos; Latossolos Vermelho Amarelos; Neossolos Quartzarênicos	Erosão linear: ravinas e sulcos com incidência média, voçorocas de cabeceira de drenagem com incidência: baixa. Erosão laminar moderada.
IV - BAIXA	<b>IV</b> <b>GEOLOGIA:</b> Rochas vulcânicas - Grupo São Bento (Formação Serra Geral). <b>SISTEMAS DE RELEVO:</b> Colinas Amplas e Colinas Médias, Morrotes Alongados e Espigões, Morros Amplos. <b>ASSOCIAÇÕES PEDOLÓGICAS:</b> Nitossolos, Latossolos vermelhos.	Erosão linear: ravinas e sulcos com incidência: média. Erosão laminar moderada.



**Figura 5:** Classes de suscetibilidade à erosão identificadas na Bacia Hidrográfica do Rio Jaú (Fonte: IPT, 2000).

## **3.2 METODOLOGIA**

### **3.2.1 Avaliação fluviológica**

A avaliação fluviológica partiu da premissa que os usos da água na bacia já estão incorporados no fluviograma. Esta abordagem, denominada marco zero por Silveira et al. (1998) deve-se a dificuldade de reconstruir as vazões naturais em bacias hidrográficas antropizadas e com grande variedade de usos, como as Bacias dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança.

Foram utilizados dados fluviométricos procedentes de registros oficiais de séries históricas do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE). Os dados secundários foram medidos em quatro postos fluviométricos, localizados respectivamente, nas bacias dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e do Rio Boa Esperança (afluente da margem esquerda do Rio Jacaré-Guaçu). A Tabela 2 descreve as características dos postos fluviométricos e a respectiva área de drenagem de montante dos postos de medição de vazão. A Figura 6 mostra a localização dos postos e das respectivas sub-bacias ou áreas de drenagem.

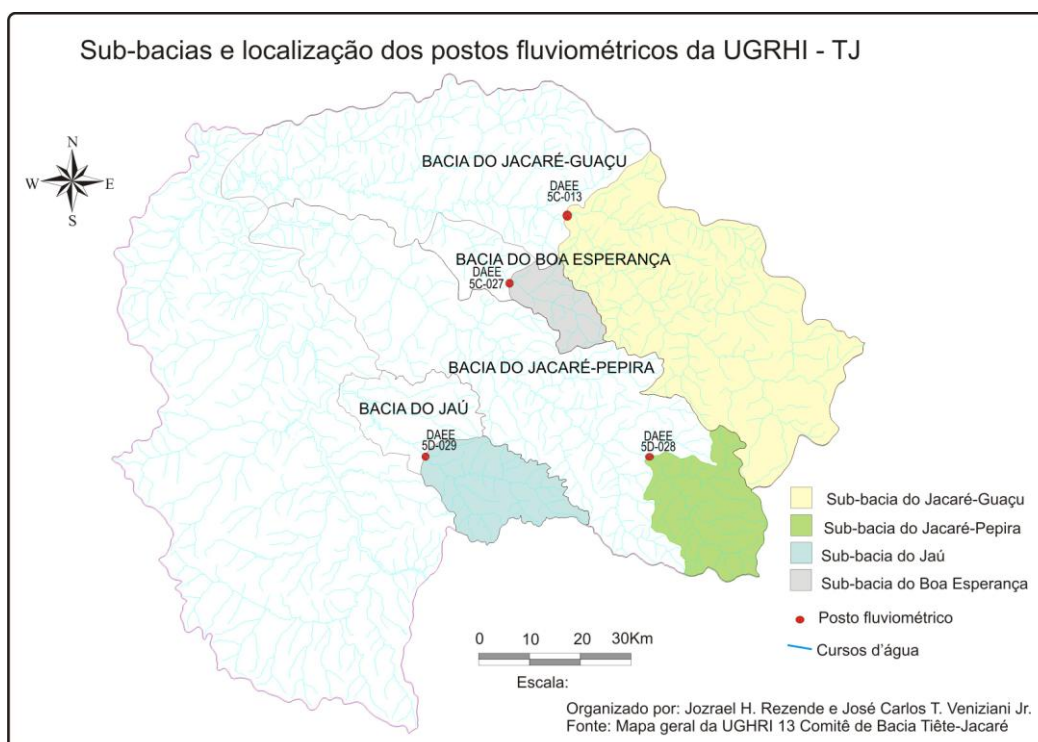
Os postos fluviométricos dos Rios Jaú, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança encontram-se no curso médio dos rios, enquanto o posto do Rio Jacaré-Pepira está localizado no curso superior. O período analisado foi de janeiro de 1984 a dezembro de 1998, para os postos localizados nos Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu e de outubro de 1983 a setembro de 1988, outubro de 1993 a setembro de 1998 e outubro de 2003 a setembro de 2008 para o Rio Boa Esperança.

A ocorrência de falhas na observação durante alguns períodos no posto fluviométrico localizado no Rio Boa Esperança e a inexistência de dados nos postos dos rios Jaú e Jacaré-Pepira a partir de 1999, determinaram a escolha dos períodos analisados.



**Tabela 2:** Código, coordenadas e área de drenagem dos postos fluviométricos nos Rios Jaú, Jacaré-Pepira; Jacaré-Guaçu e Boa Esperança (Fonte: DAEE, 2000)

Rio	Posto Fluviométrico Código DAEE	Latitude	Longitude	Área de drenagem
Jaú	5 D - 029	22°18'02" S	48°32'30" W	417 km <sup>2</sup>
Jacaré-Pepira	5 D - 028	22°17'31" S	48°06'59" W	442 km <sup>2</sup>
Jacaré-Guaçu	5 C - 013	21°51'54" S	48°16'49" W	1867 km <sup>2</sup>
Boa Esperança	5 C - 027	21°59'30" S	48°23'17" W	190 km <sup>2</sup>



**Figura 6:** Localização dos postos fluviométricos nos Rios Jaú, Jacaré-Pepira; Jacaré-Guaçu e Boa Esperança (Fonte: IPT, 2000).

Os Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu são tributários da margem direita do Rio Tietê em seu trecho médio e o Rio Boa Esperança é um tributário do Rio Jacaré-Guaçu. Todos eles estão enquadrados na mesma região hidrológica, inclusive em relação ao parâmetro “C”, conforme a metodologia de Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo, descrita mais adiante, neste capítulo. A avaliação do comportamento fluviológico dos rios envolveu:

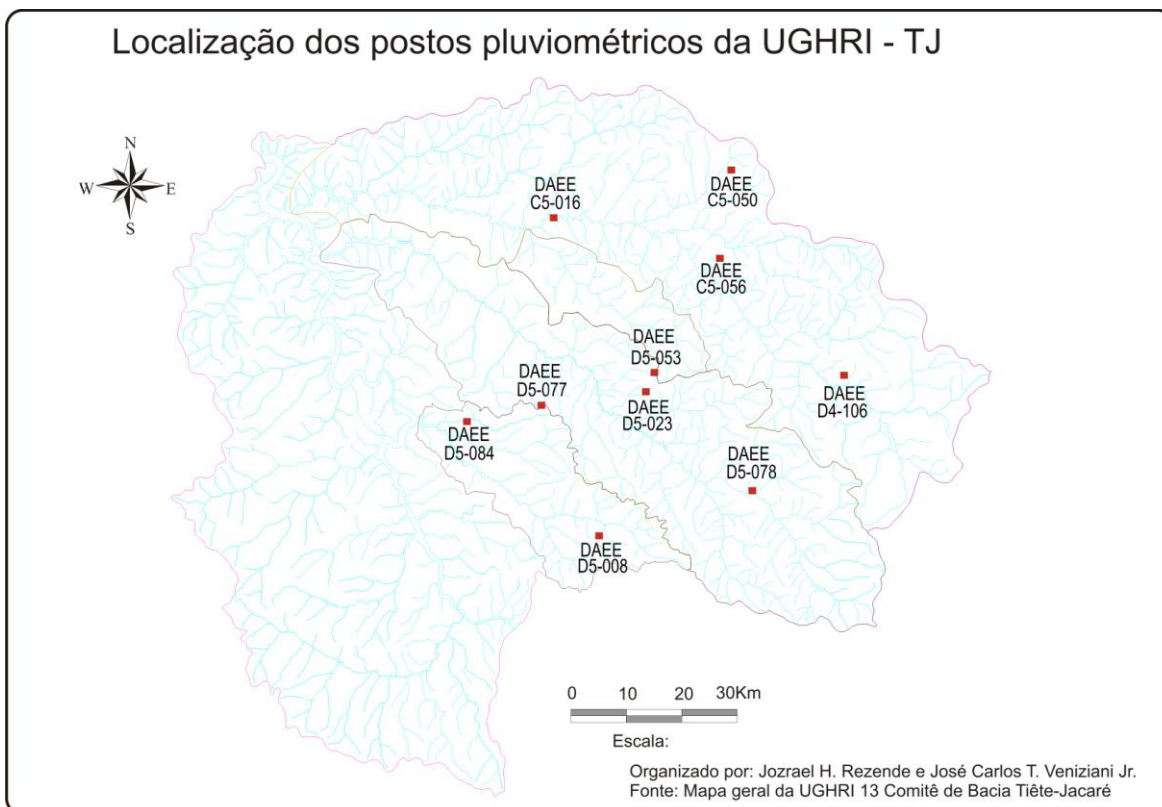
- ☐ Análise do comportamento fluviológico dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança a partir das séries diárias de vazão;

- ☞ Análise do comportamento fluviológico dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança em relação às vazões previstas pela Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo;
- ☞ Análise da precipitação nas Bacias Hidrográficas do Médio Jaú, Alto Jacaré-Pepira e Médio Jacaré-Guaçu;
- ☞ Análise do Coeficiente de escoamento para as bacias do Médio Jaú e Alto Jacaré-Pepira;
- ☞ Análise de tendências das vazões mensais dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu;
- ☞ Análise do comportamento fluviológico dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu a partir das séries de vazão mínimas, médias e máximas mensais;
- ☞ Análise do hidroperíodo dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança.

Para análise da precipitação foram utilizados dados de 2 postos pluviométricos localizados na Bacia do Jaú, 4 na Bacia do Jacaré-Pepira e 4 na Bacia do Jacaré-Guaçu, todos pertencentes à rede de Postos Pluviométricos do DAEE. A Tabela 3 a Figura 7 mostram a localização dos postos pluviométricos em cada bacia.

**Tabela 3:** Postos pluviométricos nas bacias hidrográficas do Jaú, Jacaré-Pepira; Jacaré-Guaçu e Boa Esperança.

Bacia	Posto Pluviométrico Código DAEE	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Município
Jaú	D5 - 008	22°22' S	48°23' W	700	Dois Córregos
	D5 - 084	22°13' S	48°36' W	460	Jaú
Jacaré-Pepira	D5 - 023	22°08' S	48°19' W	700	Dourado
	D5 - 053	22°06' S	48°18' W	690	Dourado
	D5- 077	22°09' S	48°31' W	590	Bocaina
	D5 - 078	22°17' S	48°07' W	680	Brotas
Jacaré-Guaçu	C5 - 016	21°51' S	48°30' W	440	Gavião Peixoto
	C5 - 050	21°47' S	48°10' W	670	Araraquara
	C5 - 056	21°55' S	48°11' W	560	Araraquara
	D4 - 106	22°06' S	47°59' W	680	São Carlos



**Figura 7:** Localização dos postos pluviométricos nas Bacias Hidrográficas dos Rios, Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança (Fonte: DAEE, 2000).

Os resultados de vazões foram transformados em vazões específicas, ou seja, litros por segundo por quilômetro quadrado de bacia ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ ) para permitir a comparação entre as bacias. A vazão específica média é definida pela vazão por unidade de área onde  $q$  é a vazão específica em ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ );  $Q_m$  é a vazão média de longo período em  $m^3.s^{-1}$ ;  $A$  é a área da bacia  $km^2$ . Segundo Tucci e Mendes (2006) esta variável apresenta pequena variação numa região quando as isoietas de precipitação têm pequeno gradiente espacial, admitindo-se os outros condicionantes uniformes.

As variáveis dependem da magnitude da bacia e variam dentro da mesma. Desta forma, a relação entre os mesmos, de forma adimensional caracteriza um indicador que possui menor variabilidade e permite o seu uso com maior abrangência. Os indicadores fluviológicos mais utilizados são: a vazão média específica; a curva de permanência de vazões; a vazão mínima de permanência e a vazão mínima de 7 dias com tempo de retorno de 10 anos (TUCCI e MENDES 2006).

### 3.2.1.1 Análise do comportamento fluviológico dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança a partir das séries diárias de vazão

Foram calculadas, utilizando o software Microsoft Excel, a partir das séries de vazão diárias para cada posto fluviométrico e período as vazões médias de referência; as vazões mínimas ou vazão garantida em 95% do tempo observado e registrado ( $Q_{95\%}$ ), a vazão garantida em 5% do tempo observado e registrado ( $Q_{5\%}$ ) e as medidas de tendência central (mediana e moda) e de dispersão (desvio padrão). Além disso, foram identificadas nas séries as vazões máximas e mínimas para verificar a amplitude das vazões de cada rio nos períodos estudados.

As vazões garantidas em 95% ( $Q_{95\%}$ ) e em 5% ( $Q_{5\%}$ ) do tempo observado e registrado foram calculadas através da curva de permanência, que é uma variação do diagrama de freqüências relativas acumuladas, onde a freqüência de não superação é substituída pela porcentagem de um intervalo de tempo específico em que o valor da variável, indicado em abscissas, foi igualado ou superado. Todos estes procedimentos descritos também foram realizados utilizando o software Microsoft Excel a partir de amostras com 5479 elementos (Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu) e 5480 elementos (Rio Boa Esperança).

A curva de permanência de vazões de uma dada seção fluvial, para a qual se dispõe de  $N$  dias de registros fluviométricos, foi construída conforme segue, segundo Naghettini e Pinto (2007):

- (a) vazões  $Q$  ordenadas em ordem decrescente;
- (b) a cada vazão ordenada  $Q_F$  foi atribuída a sua respectiva ordem de classificação  $F$  ;
- (c) a cada vazão ordenada  $Q_F$  foi associada a sua respectiva freqüência ou probabilidade empírica de ser igualada ou superada  $P (Q \geq Q_F)$ , estimando seu valor pela razão  $(F / N)$ ;

(d) as vazões ordenadas e suas respectivas porcentagens  $100(F/N)$  de serem igualadas ou superadas no intervalo de tempo considerado foram lançadas em um gráfico em escala logarítmica.

Embora existam muitos conceitos ou definições de vazão mínima na literatura internacional, os mais utilizados no Brasil são a  $Q_{95\%}$  e a média das menores vazões diárias, de sete dias consecutivos de registro a cada ano, que tenham a probabilidade de ocorrer pelo menos uma vez a cada dez anos, a  $Q_{7,10}$ . A vazão mínima  $Q_{95\%}$  caracteriza uma situação de permanência, enquanto que a  $Q_{7,10}$  indica uma situação de estado mínimo (ROMERA E SILVA e LEIS, 2004).

A relação entre a vazão de 95% da curva de permanência e a vazão média de longo período, permite estimar a primeira em função da vazão média, a medida que este índice é conhecido. Este índice pode apresentar pequena variação numa região, a medida que as características que determinam a sua proporcionalidade tenham pequena variabilidade de um local para outro.

A vazão de 95% é um valor característico do comportamento em estiagem de uma bacia e a vazão média é síntese de todas as vazões ao longo do tempo. Esta relação representa a relação entre a vazão natural e a máxima potencialmente regularizável. Além disso, a  $Q_{95\%}$  é utilizada na definição de energia firme de aproveitamentos hidrelétricos. O indicador da vazão da curva de permanência para 95% do tempo é um índice relativo a estiagem, já que a vazão corresponde aos períodos de seca. Os resultados desta análise são apresentados conjuntamente com os resultados obtidos pelo método de Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo, cuja metodologia é descrita a seguir no item 3.2.1.2.

### 3.2.1.2 Análise do comportamento fluviológico dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança em relação às vazões previstas pela Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo

Esta análise foi realizada através da comparação entre os resultados das variáveis hidrológicas obtidos no item 3.2.1.1 com os resultados previstos para as variáveis hidrológicas, obtidos através da aplicação da Metodologia de Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo (LIAZI et al, 1988), que definiu a relação precipitação/vazão para todas as bacias do estado. Esta metodologia baseou-se nos totais anuais precipitados em 444 postos pluviométricos; nas séries de descargas mensais observadas em 219 estações fluviométricas e nas séries históricas de vazões diárias de 88 postos fluviométricos. A seguir a referida metodologia é descrita de forma sucinta.

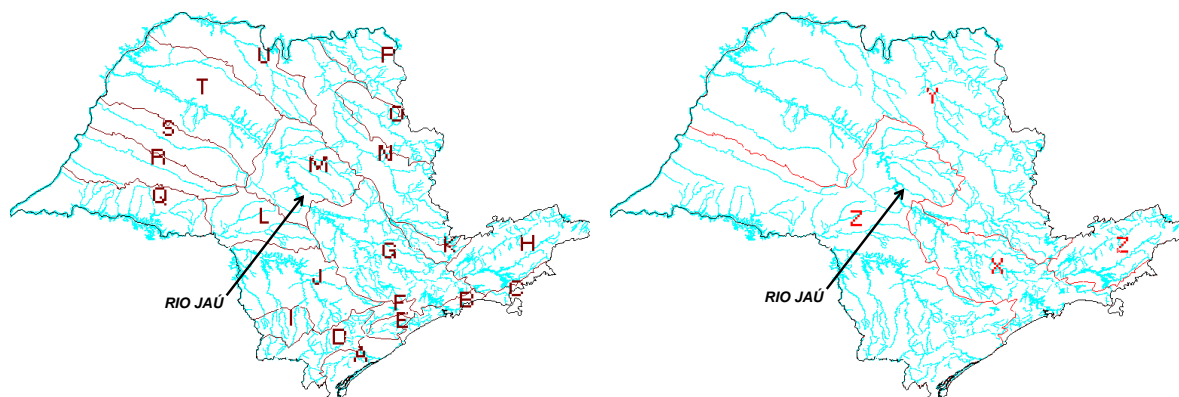
#### Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo

Através da elaboração da carta de isoietas médias anuais para o estado e da análise conjunta das variáveis hidrológicas foram definidas 21 regiões hidrologicamente homogêneas no Estado de São Paulo, identificadas por letras maiúsculas de “A” a “U”. Através de simulações e ponderações, a metodologia permite a avaliação da disponibilidade hídrica em qualquer curso de água do território paulista. A Regionalização Hidrológica permite a avaliação da disponibilidade hídrica em locais onde não exista série histórica de vazões, ou se existe, a extensão da série é pequena.

A metodologia permite estimar, entre outras, as seguintes variáveis hidrológicas:

- ☐ Vazão média de longo período;
- ☐ Vazão mínima de sete dias associada à probabilidade de ocorrência;
- ☐ Curva de permanência de vazão

Os rios estudados neste trabalho são classificados como pertencentes à região hidrológica “M” e “Z” (quanto ao parâmetro C). A Figura 8 identifica as Regiões Hidrológicas do Estado de São Paulo e mostra a localização do Rio Jaú.



**Figura 8:** Regiões Hidrológicas semelhantes do Estado de São Paulo e regiões semelhantes quanto as médias mínimas de 7 dias consecutivos (Parâmetro C) (Fonte: LIAZI et al, 1988).

Vazão Média de Longo Período:

A descarga média plurianual numa dada seção de um curso d'água pode ser obtida com boa aproximação através da relação linear dessa vazão ( $\bar{Q}_{RH}$ ) com o total anual médio precipitado na bacia hidrográfica ( $P$ ).

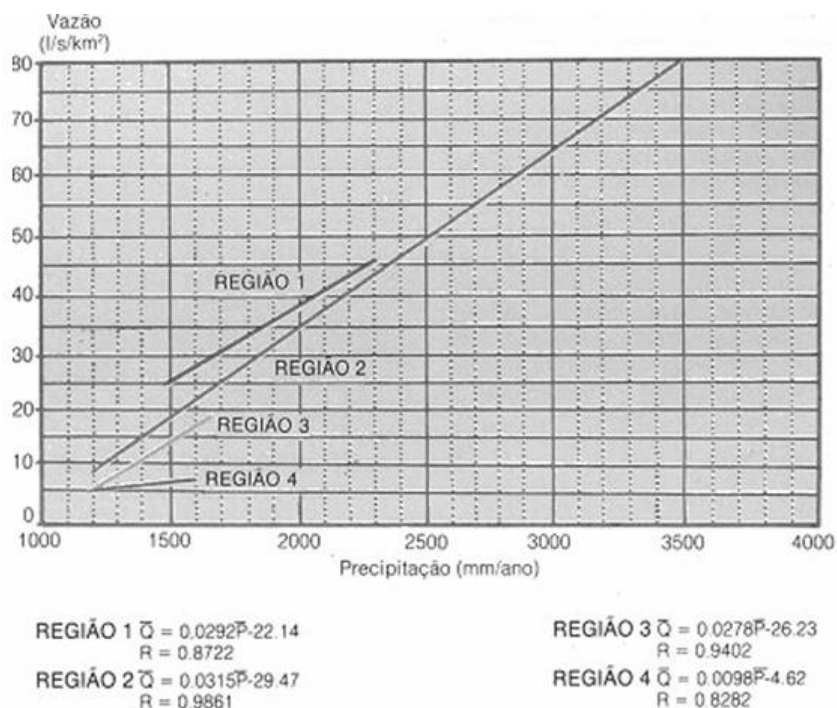
$$\bar{Q}_{RH} = a + b * P \quad (1)$$

Onde  $a$  e  $b$  são parâmetros de uma reta de regressão. Foram estabelecidas 4 retas de regressão, ou seja, 4 regiões, abrangendo as 21 regiões hidrológicas semelhantes, conforme segue:

- ☐ Região 1: Regiões Hidrológicas “B”, “C”, “H”, “I” e “J” ;
- ☐ Região 2: Regiões Hidrológicas “A”, “D”, “E” e “F”;
- ☐ Região 3: Regiões Hidrológicas “G”, “K”, “L”, “N”, “O”, “P”;
- ☐ Região 4: Regiões Hidrológicas “M”, “Q”, “R”, “S”, “T”, “U”.



A Figura 9 mostra as equações das retas de regressão das regiões 1 a 4 e os respectivos coeficientes de relação. A Tabela 4 apresenta os valores das constantes para o cálculo das vazões médias (parâmetros  $a$  e  $b$ ) e para vazão mínima (valores A e B e parâmetro C) de cada região hidrológica do estado.



**Figura 9:** Vazão média pluri-anual: Retas de Regressão (Fonte: LIAZI et al, 1988)

**Tabela 4:** Regiões Hidrológicas do Estado de São Paulo: Parâmetros  $a$  e  $b$  (vazão média), Valores A e B,  $X_{10}$  e Parâmetro C (vazão mínima) (Fonte: LIAZI et al, 1988)

Região Hidrológica	Média Pluri-anual		Valores de A e B		Valores de $x_T$ Período de Retorno T= 10 anos ( $x_{10}$ )	Valor Parâmetro C
	a	b	A	B		
A	-22,14	0,0292	0,3532	0,0396	0,708	0,85
B	-29,14	0,0315	0,4174	0,0426	0,708	0,75
C	-29,14	0,0315	0,4174	0,0426	0,748	0,75
D	-22,14	0,0292	0,5734	0,0329	0,708	0,85
E	-22,14	0,0292	0,4775	0,033	0,708	0,85
F	-22,14	0,0292	0,5734	0,0262	0,708	0,85
G	-26,23	0,0278	0,4069	0,0332	0,632	0,75
H	-29,14	0,0315	0,4951	0,0279	0,748	0,85
I	-29,14	0,0315	0,6276	0,0283	0,708	0,85
J	-29,14	0,0315	0,4174	0,0342	0,708	0,85
K	-26,23	0,0278	0,4951	0,0279	0,689	0,80
L	-26,23	0,0278	0,6537	0,0267	0,759	0,85
M	-4,62	0,0096	0,6141	0,0267	0,759	0,85
N	-26,23	0,0278	0,4119	0,0295	0,689	0,80
O	-26,23	0,0278	0,3599	0,0312	0,689	0,80
P	-26,23	0,0278	0,3599	0,0312	0,619	0,80
Q	-4,62	0,0096	0,6537	0,0267	0,633	0,85
R	-4,62	0,0096	0,6141	0,0257	0,661	0,85
S	-4,62	0,0096	0,5218	0,0264	0,661	0,80
T	-4,62	0,0096	0,4119	0,0295	0,661	0,80
U	-4,62	0,0096	0,4119	0,0295	0,594	0,80



Curvas de Permanência:

A curva de permanência de vazões mostra a frequência com que cada valor de vazão ocorre numa determinada seção do rio, ou seja, permite estimar para cada vazão possível de ocorrer naquele local, o número de vezes que ela é excedida. As curvas de permanência são obtidas através da padronização das séries originais, dividindo-se as vazões mensais pela média de longo período da série ( $\overline{Q}_{RH}$ ). A variável padronizada é definida por:

$$q = Q / \overline{Q}_{RH} \quad (2)$$

Ordenando-se os valores de  $q$  em ordem decrescente, estima-se a frequência acumulada, também denominada permanência ( $F_a = P_{er}$ ), por:

$$P_{er} = F_q(\geq q_i) = \frac{1}{N} \quad (3)$$

onde:

$i$  é o número seqüencial do valor  $q_i$  da variável  $q$  na série ordenada;

$N$  é o número total de elementos na série e  $F_q(q \geq q_i)$  é a frequência com que o valor  $q_i$  é excedido ao longo do traço histórico.

A partir das séries ordenadas  $q_i$  e  $i/N$  de cada posto fluviométrico, foram calculadas por interpolação linear, os valores ( $q_p$ ) da variável padronizada, para diferentes valores de permanência ( $P_{er}$ ), comparando-se os valores de  $q_p$  nas diferentes estações fluviométricas estudadas, foram identificadas as regiões com comportamento semelhante. Com os valores de  $q_p$  e pela equação (2) pode-se calcular a vazão média mensal para uma dada permanência  $P_{er}$  por:

$$Q_p = q_p * \overline{Q}_{RH} \quad (4)$$

## Vazões mínimas de sete dias consecutivos

As vazões mínimas de sete dias consecutivos, por sofrerem menor influência de erros operacionais e intervenções humanas no curso d'água, do que a vazão mínima diária e por serem mais detalhadas que a vazão mínima mensal são amplamente utilizadas como indicador da disponibilidade hídrica natural num curso d'água em estudos hidrológicos.

A função distribuição de probabilidade da variável padronizada  $X_n$  pode ser definida por:

$$X_n = Q_n / \overline{Q_n} \text{ com } n = 7, 30, 60, \dots 180 \text{ dias}$$

Onde  $Q_n$  é a vazão mínima anual de  $n$  dias consecutivos e

$\overline{Q_n}$  é a média das mínimas de  $n$  dias.

$\overline{Q_n}$  independe do valor de  $n$ , ou seja, é possível considerar as amostras  $X_n$  como provenientes de um mesmo universo e, portanto, determinar uma única distribuição de probabilidade para a variável padronizada.

Admitiu-se que a distribuição de probabilidades das séries de vazões mínimas padronizadas de 1, 2, ...12 meses consecutivos ( $X_d$ ) é a mesma das séries das vazões mínimas padronizadas ( $X_n$ ) de 30, 60, ....180 dias consecutivos. Portanto, supõe-se que os valores de  $X_T$  da Equação (X) valem para as vazões mínimas anuais padronizadas de sete dias consecutivos ( $X_7$ ). Pode-se escrever a equação da seguinte maneira:

$$Q_{7,10} = X_T * \overline{Q_7} \quad (5)$$

Dessa forma, para se calcular a vazão mínima anual de sete dias consecutivos e período de retorno T anos é necessário obter a média dessas vazões mínimas de sete dias ( $\overline{Q_7}$ ). Com esse objetivo foram analisadas as séries

diárias de 88 postos fluviométricos, a partir das quais calculou-se o valor de  $\bar{Q}_7$ . Passou-se então a estudar a relação ( $C$ ) entre a média das mínimas anuais de sete dias consecutivos ( $\bar{Q}_T$ ) e a média das mínimas anuais de um mês ( $\bar{Q}_M$ ) definida por:

$$C = \bar{Q}_7 / \bar{Q}_M \quad (6)$$

Analisando-se os valores de  $C$  para os 88 postos foi possível definir três regiões que aparecem delimitadas na Figura 8.

Substituindo-se  $\bar{Q}_7 = C * \bar{Q}_M$  na equação (5), tem-se:

$$Q_{7,T} = C * X_T * (A + B) * \bar{Q} \quad (7)$$

onde o valor de  $C$  é obtido a partir da Tabela 4, assim como os valores de  $x$ ,  $A$  e  $B$  da tabela, e  $\bar{Q}$  é calculado em função da precipitação anual média a partir dos valores  $a$  e  $b$ , também listados na referida tabela.

O aplicativo, com a referida metodologia está disponibilizado na internet no site do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo no endereço <http://www.sigrh.sp.gov.br>. É necessária apenas a inserção das coordenadas do ponto do rio (latitude e longitude) e da área de drenagem de montante.

Os resultados da comparação vazões medidas/vazões previstas são apresentados de forma conjunta para permitir a comparação entre o comportamento fluviológico dos rios.

### 3.2.1.3 Análise da precipitação nas Bacias Hidrográficas do Médio Jaú, Alto Jacaré-Pepira e Médio Jacaré-Guaçu

Os índices médios de precipitação anual para as bacias do Médio Jaú, Alto Jacaré-Pepira e Médio Jacaré-Guaçu foram calculados a partir dos índices de chuva anuais de 10 postos pluviométricos (2 na bacia do Jaú, 4 na bacia do

Jacaré-Pepira e 4 na bacia do Jacaré-Guaçu) pelo método do interpolador do inverso quadrado da distância utilizando o software Idrisi Andes. Este método atribui maior peso aos pluviômetros mais próximos da área, que contribuem, portanto com maior valor no cálculo da precipitação média. Com o intuito de verificar a distribuição das chuvas ao longo do ano foi estimado, através da média aritmética dos postos em cada bacia, o índice de precipitação mensal para as bacias.

#### 3.2.1.4 Análise do coeficiente de escoamento das Bacias Hidrográficas do Médio Jaú e Alto Jacaré-Pepira

A análise do coeficiente de escoamento anual foi realizada para os Rios Jaú e Jacaré-Pepira, cujas áreas de drenagem a partir dos postos fluviométricos são da mesma ordem de grandeza (417 e 442 km<sup>2</sup> respectivamente). O coeficiente de escoamento anual foi calculado através da divisão da vazão anual pelo volume de chuva anual.

A vazão anual foi obtida a partir da somatória dos valores de vazão específica diária (expressos em m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.km<sup>-2</sup>) multiplicados pela área de drenagem da respectiva sub-bacia e por 86.400 (número de segundos de 1 dia). A precipitação anual foi calculada transformando o índice médio de precipitação anual estimado para cada bacia em volume de chuva anual transformando o valor de mm de chuva (l.m<sup>-2</sup>) em m<sup>3</sup>.km<sup>-2</sup> e multiplicando o valor encontrado pela respectiva área de drenagem da bacia.

Foram estimadas as tendências e os coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) entre as vazões específicas médias anuais em função da variação da precipitação anual e entre os coeficientes de escoamento também em função da precipitação anual, conforme descrito por Tucci e Mendes (2006). As figuras destas séries temporais com suas respectivas linhas de tendência e coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) foram elaboradas utilizando o software Microsoft Excel.

### 3.2.1.5 Análise de tendências das vazões mensais dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu

As tendências das vazões mínimas mensais, médias mensais e máximas mensais foram estimadas por meio da equação de regressão linear simples entre a variável hidrológica e o tempo, assumindo como variável dependente a variável hidrológica e como variável independente o tempo. Esta metodologia já foi utilizada por Pruski et al (2005); Sharma e Shakya (2006) e Latuf (2007). As figuras destas séries temporais e com suas respectivas linhas de tendência foram elaboradas utilizando o software Microsoft Excel.

### 3.2.1.6 Análise do comportamento fluviológico dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu a partir das séries de vazão mínimas, médias e máximas mensais

Foram elaborados histogramas das freqüências acumuladas e relativas para as vazões mínimas mensais, médias mensais e máximas mensais dos rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu com as classes agrupadas em intervalos iguais visando a comparação entre os mesmos. A amostra, vazões mensais de 1984 a 1998 possui 180 ( $N$ ) elementos. A opção utilizada para o estabelecimento do número de classes ( $NC$ ) foi a regra de Sturges (1926) que sugere a seguinte aproximação:

$$NC = 1 + 3,3 \log_{10} N$$

Para  $N = 180$ , temos  $NC = 8,44 = 9$  classes

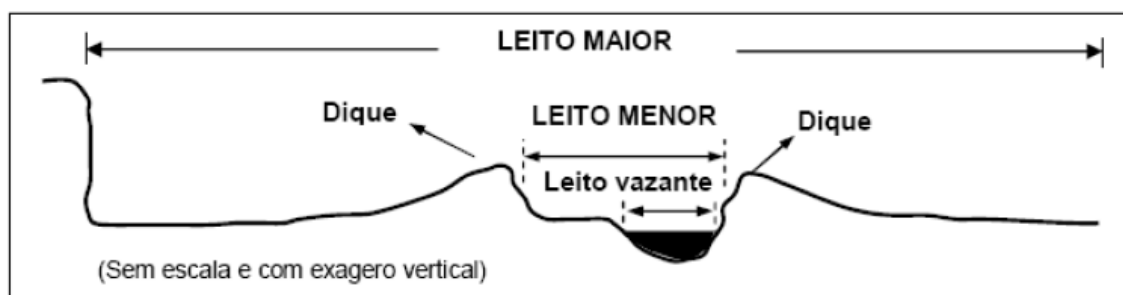
As classes foram definidas por intervalos de largura fixa. O histograma permite verificar a localização da maior concentração de pontos, a assimetria na distribuição das freqüências e a ocorrência isolada de observações muito superiores ou inferiores ao valor mais freqüente (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

### 3.2.1.7 Análise do hidroperíodo (pulso) dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança.

A avaliação do hidroperíodo dos rios é precedida de uma pequena revisão bibliográfica sobre a evolução da ecologia de rios e sua interação com a ecologia da paisagem. Para esta análise foi utilizado o software Pulso (NEIFF e NEIFF 2003) desenvolvido com o objetivo de estudar as causas da distribuição e abundância dos organismos nos rios e nas áreas úmidas; analisar os efeitos de inundações e compreender a estrutura da paisagem em sistemas fluviais com planície de inundação.

A partir de dados de altura ou vazão diários, semanais ou anuais de um posto fluviométrico o software permite conhecer o número de pulsos, o número de fases de enchente e de seca, a estação de ocorrência, a duração, alcance, magnitude e regularidade do regime. O método decompõe a série contínua de valores (fluviograma) em dois sub-conjuntos de dados: fases positivas (potamofase: valores tomados como um no software) e negativas (limnofase: valores tomados como zero), permitindo a análise das recorrências de cada uma das fases.

Entendendo-se por cheia, ou enchente, qualquer elevação do nível d'água da drenagem ou rio acima do seu nível médio e como inundação uma cheia que extravasa o leito menor do rio ou drenagem, alcançando o seu leito maior ou planície de inundação (IPT, 1999) conforme Figura 10. Esta análise foi realizada considerando a vazão média no período como a vazão limite entre os tempos distintos de potamofase (cheia ou acima da vazão média no leito menor) e limnofase (estiagem ou abaixo da vazão média leito menor) para obter os resultados dos atributos dos pulsos: freqüência, intensidade, tensão, recorrência, amplitude e estacionalidade.



**Figura 10:** Seção de rios com indicação dos leitos (Fonte: Christofolletti, 1980)

O software Pulso foi desenvolvido originalmente para explorar algumas relações quantitativas entre as características de áreas alagáveis e inundáveis e as diferenças das fases de inundação e de solo seco em cada zona da paisagem de rios com grandes planícies de inundação como o Rio Paraná e o Rio Paraguai na região do Pantanal (NEIFF et al, 2005). A utilização do referido software neste estudo procurou avaliar a sua efetividade para a análise de sistemas fluviais menores, com áreas úmidas marginais cuja estrutura biótica é causa e consequência de interações bidirecionais em trechos de rios, com inundações periódicas pouco recorrentes (NEIFF, 1997).

O programa de computador é obtido gratuitamente na página <http://www.neiff.com.ar>. Os dados de vazão diária específica dos rios foram exportados de uma planilha do software Microsoft Excel para o software Pulso, sendo a vazão média de cada rio no período o valor adotado para definir o limite entre alta (acima da vazão média) e baixa (abaixo da vazão média). Para efeito do trabalho a estacionalidade da potamofase foi definida considerando os meses com predominância de dias acima da vazão média no período e a estacionalidade da limnofase pelos meses com predominância de dias abaixo da vazão média.

A série foi processada gerando o gráfico da série de pulsos completos, os histogramas de frequências e os gráficos de dispersão das séries hidrológicas considerada. O processamento da série permitiu ainda a elaboração planilha com o número, a amplitude, a intensidade e a tensão máxima dos pulsos; o número de dias em alta e em baixa no período, e a estacionalidade da potamofase e da limnofase, tendo como referência o ano hidrológico no estado de São Paulo (outubro a abril). A seguir, os hidroperíodos médios dos Rios Jaú e Jacaré-Pepira foram comparados.

### **3.2.2 Análise ambiental**

#### **3.2.2.1 Avaliação comparativa e qualitativa das relações causais entre componentes ambientais e aspectos ambientais das bacias com o pulso dos rios**

Neste item são discutidos inicialmente, para os quatro rios da UGRHI – TJ analisados neste trabalho, o tamanho e os fatores de forma (Índice de Circularidade e Coeficiente de Compacidade, descritos no item 3.2.2.2) das bacias e sub-bacias; o desnível da nascente até o posto fluviométrico e declividade média do rio no trecho e a influência destes fatores nas vazões dos respectivos rios, utilizando o software AutoCad e o mapa base escala 1:250.000 elaborado no “Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do plano da bacia hidrográfica do Tietê – Jacaré” ou Relatório Zero (IPT, 2000).

A seguir, considerando que as sub-bacias do Médio Jaú e Alto Jacaré-Pepira tem a mesma ordem de grandeza são avaliadas as relações causais esperadas dos componentes ambientais (forma da bacia, precipitação, declividade e tipos de solo) e dos aspectos ambientais (usos da terra e usos da água) nestas bacias hidrográficas com as vazões mínimas, médias e máximas visando determinar, hipoteticamente, a causa das diferenças encontradas no pulso dos rios. A avaliação é qualitativa e sem ponderações. Associações positivas (+) entre a variável do componente ou aspecto ambiental e a vazão máxima, média ou mínima implicam em aumento da categoria de vazão envolvida na análise e associações negativas (-) em diminuição na referida categoria de vazão.

A análise é comparativa e, portanto, quando as duas bacias são equivalentes para um determinado fator (componente ou aspecto) é adotado o valor zero (0) para ambas indicando neutralidade no que diz respeito às diferenças do pulso dos rios.



### 3.2.2.2 Caracterização ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú e suas Sub-bacias

A análise ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú consistiu na caracterização da área de estudo e suas unidades (sub-bacias). A bacia e as sub-bacias foram classificadas conforme suas características de hidrografia, área, ordem e índices de forma. Os mapas foram elaborados com a utilização dos softwares AutoCad 2007 e do Sistema de Informações Geográficas Idrisi Andes. As fontes de informação utilizadas para extração dos dados do meio físico foram:

- ▢ Cartas do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), folhas Bariri (SF-22-Z-B-II-2), Brotas (SF-22-Z-B-III-4), Dois Córregos (SF-22-Z-B-III-3), Dourado (SF-22-Z-B-III-1), Jaú (SF-22-Z-B-II-4) e Ribeirão Bonito (SF-22-Z-B-III-2), Escala 1: 50.000.
- ▢ Levantamento Pedológico Semi-Detalhado do Estado de São Paulo elaborado em 1981 pelo IAC (Instituto Agrônomo de Campinas), quadrículas Jaú (SF, 22-Z-B-II) e Brotas (SF. 22-Z.B-III-4), Escala 1: 100.000.
- ▢ Mapa Geológico do Estado de São Paulo elaborado em 1981 pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT). Escala 1: 500.000.
- ▢ Mapa Geológico, Geomorfológico e de Susceptibilidade à erosão da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê-Jacaré (UGRHI – 13) do Estado de São Paulo, elaborado em 1999 pelo IPT. Escala 1: 250.000.
- ▢ Imagens de satélite LandSat TM - 5 bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 referentes à órbita ponto 220/075 e 220/076 do ano de 1986 e 2008, passagens 10/06/1986 e 08/07/2008.

A área foi definida com os seguintes parâmetros:

- ▢ Projeção UTM<sup>2</sup>(Universal Transversal de Mercator) / datum horizontal SAD 69 (South american 1969), fuso 22 Sul

---

<sup>2</sup> Na projeção UTM (Universal Transversal de Mercator), a longitude de origem corresponde ao meridiano central de um fuso ou zona (a cada 6° define-se um fuso), ou seja, ao meridiano central de uma carta ao milionésimo.

- ▣ Retângulo Envolvente (coordenadas UTM localizadas nos limites da área de trabalho, nos extremos a sudoeste e nordeste).

E1: 735268 e N1: 7548517

E2: 78662 e N2: 7513523

As imagens Landsat foram georreferenciadas e processadas no SIG Idrisi Andes com base na projeção UTM, datum horizontal SAD 69 (South american 1969), fuso 22 Sul.

O mapa temático que apresenta a hidrografia da Bacia do Jaú foi obtido a partir da digitalização das cartas topográficas do IBGE na escala 1:50.000 por meio do software Autocad 2007. A partir do arquivo digital foram identificadas as linhas de drenagem e demarcados os divisores de água da Bacia do Jaú e suas sub-bacias e ainda foram calculados para a Bacia do Jaú e para cada sub-bacia as seguintes variáveis:

*a) Área de drenagem (A) e Perímetro (P)*

A área de drenagem ou área da bacia (A) é toda a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial entre seus divisores topográficos (divisor de águas), projetada em plano horizontal. É o elemento básico para o cálculo de diversos índices morfométricos. A área de drenagem da bacia hidrográfica foi subdividida em unidades menores para detalhamento da área das nascentes. As sub-áreas ou bacias tributárias foram definidas por divisores internos, da mesma forma que o realizado para a bacia principal. O perímetro da bacia (P) constitui o comprimento da linha imaginária ao longo do divisor de águas.

*b) Ordem dos cursos d'água*

O sistema de drenagem é constituído pelo curso d'água principal e seus tributários ou afluentes e os índices utilizados para caracterizá-lo são a ordem dos cursos d'água e a densidade de drenagem. A ordem dos cursos d'água representa o grau de ramificação do sistema de drenagem da bacia (TUCCI,

2001). A ordem dos cursos d'água foi determinada seguindo os critérios de Strahler (1957), no qual para cursos d'água sem tributários é adotada a ordem "1", ou primeira ordem. Cursos d'água denominados de segunda ordem são aqueles que recebem somente tributários de primeira ordem, independentemente do número de tributários. De terceira ordem são aqueles que recebem dois ou mais tributários de segunda ordem, podendo também receber tributários de primeira ordem, e assim sucessivamente.

*c) Comprimento total dos cursos d'água ( $L_t$ )*

O comprimento total dos cursos d'água para a bacia hidrográfica foi obtido por meio do somatório do comprimento dos arcos de toda a hidrografia dentro da bacia de contribuição.

*d) Densidade de Drenagem ( $Dd$ )*

O sistema de drenagem é formado pelo rio principal e seus tributários e, seu estudo, indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, ou seja, a eficiência da drenagem da bacia. De acordo com Lima (1986), este índice reflete a influência da geologia, topografia, solo e vegetação da bacia hidrográfica, e está relacionado com o tempo gasto para a saída do escoamento superficial da bacia. Villela e Mattos (1975) definiram que valores próximos a 0,5 km/km<sup>2</sup> são típicos de bacias de drenagem pobre. Valores próximos ou superiores a 3,5 km/km<sup>2</sup> representam bacias excepcionalmente bem drenadas.

Horton (1945) definiu densidade de drenagem como sendo a relação entre o comprimento total dos cursos d'água de uma bacia hidrográfica e a área ocupada pela mesma:

$$Dd = \frac{L_t}{A}$$

onde,

Dd = densidade de drenagem (km / km<sup>2</sup>)

L<sub>t</sub> = comprimento total dos cursos d'água (km)

A = área de drenagem da bacia (km<sup>2</sup>)

#### e) Forma da bacia hidrográfica

Para Cristofolletti (1980), a forma é uma característica física difícil de ser expressa em termos quantitativos. A forma influencia diretamente o tempo de concentração, isto é, o tempo necessário para que toda bacia contribua para sua saída após uma precipitação (ROMANOVSKI, 2001). Para eliminar a subjetividade na caracterização da forma das bacias foram propostos vários índices. Os índices utilizados foram o Coeficiente de Compacidade (Kc), o Índice de Circularidade (Ic) .

#### Coeficiente de Compacidade (Kc)

O coeficiente de compacidade (Kc) relaciona a forma da bacia com um círculo. Constitui a relação entre perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. O número calculado independe da área considerada, dependendo apenas da forma da bacia.

De acordo com Villela e Mattos (1975), este coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independente de seu tamanho. Quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente mínimo igual à unidade corresponderia a uma bacia circular, e para uma bacia alongada, seu valor é significativamente superior a 1. Uma bacia será mais susceptível à enchentes mais acentuadas quando seu Kc for mais próximo da unidade. O coeficiente de compacidade (Kc) das bacias e sub-bacias foi obtido pela seguinte equação:

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

onde,

Kc = coeficiente de compacidade

P = perímetro da bacia ou sub-bacia (km)

A = área de drenagem da bacia ou sub-bacia (km<sup>2</sup>)

Índice de circularidade (Ic)

O índice de Circularidade (Ic) estabelece a relação existente entre a área da bacia e a área do círculo de mesmo perímetro. Simultaneamente ao coeficiente de compacidade, o índice de circularidade tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular. Um coeficiente mínimo igual à unidade corresponderia a uma bacia circular, e para uma bacia alongada, seu valor é significativamente inferior a 1.

$$Ic = \frac{A}{Ac} = \frac{4\pi A}{P^2}$$

onde,

Ic = índice de circularidade

A = área de drenagem da bacia ou sub-bacia (km<sup>2</sup>)

Ac = área do círculo de mesmo perímetro da bacia (km<sup>2</sup>)

P = perímetro da bacia ou sub-bacia (km)

Através da utilização do SIG Idrisi Andes foram elaborados os mapas de Pedologia, Geologia e Geomorfologia, apresentados neste capítulo, no item 3.1.2. e também os mapas Declividade, Hipsometria e Susceptibilidade à erosão.

#### *f) Declividade*

O relevo de uma bacia influencia fatores meteorológicos e hidrológicos, tais como a velocidade do escoamento superficial, e o tempo de concentração, portanto, é de grande importância a determinação das características da declividade de uma bacia hidrográfica (MOSCA, 2003). A declividade do terreno é expressa como a variação de altitude entre dois pontos do terreno, em relação à distância que os separa. O modelo digital de elevação foi utilizado como base para a geração do mapa de declividade. As classes de declividades geradas neste tema foram reclassificadas em cinco intervalos distintos (0 - 3%; 3 - 6%; 6-12%; 12 - 18% e > 18%).

As classes foram definidas considerando que as áreas da com declividade superior a 20% são insignificantes na bacia (PALANCA e KOFFLER, 1996) e tendo em vista a predominância da cultura de cana-de-açúcar na bacia, para a qual declividades acima de 12% são limitantes no tocante a colheita mecanizada de cana crua. Esta operação foi realizada utilizando a técnica de reclassificação disponível no SIG Idrisi Andes.

#### *g) Hipsometria e Susceptibilidade à erosão*

A variação da altitude e a elevação média de uma bacia são importantes pela influência que exercem sobre a precipitação, sobre as perdas de água por evaporação e transpiração e, conseqüentemente, sobre o deflúvio médio. Grandes variações de altitude numa bacia acarretam diferenças significativas na temperatura média, a qual, por sua vez, causa variações na evapotranspiração. Mais significativas, porém, são as possíveis variações na precipitação anual.

O mapa hipsométrico da área de estudo foi obtido a partir das curvas de nível, eqüidistância entre as curvas de 20 m, das cartas planialtimétricas, escala 1: 50.000 , com o uso do SIG Idrisi Andes, sendo as cotas agrupadas em classes eqüidistantes de 50 metros. A carta temática de susceptibilidade à erosão foi elaborada a partir da carta de Susceptibilidade à erosão da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê - Jacaré (UGRHI – TJ) do Estado de São Paulo, elaborada em 1999 pelo IPT para o “Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do plano da Bacia Hidrográfica do Tietê – Jacaré”.

#### *h) Uso da terra*

Os mapas de uso da terra foram elaborados a partir de dois pares de imagens do satélite Landsat TM - 5, o primeiro de 1986 e o outro de 2008. A classificação dos usos e ocupação da terra e da ocupação do solo foi baseada no sistema proposto pelo Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2006), com base na análise do primeiro nível hierárquico representado por 4 classes: Áreas

Antrópicas Agrícolas, Áreas Antrópicas Não Agrícolas, Áreas de Vegetação Natural e Águas. Este sistema foi utilizado por Moschini (2008) na proposta de zoneamento ambiental para a Bacia Hidrográfica do Médio Rio Mogi-Guaçu Superior visando garantir o uso sustentável dos recursos naturais.

Áreas Antrópicas Agrícolas são todas aquelas que na época da produção da imagem se encontravam ocupadas com atividades agrosilvopastoris, ou seja, com culturas agrícolas (temporárias ou permanentes) e/ou pastagens e/ou reflorestamentos homogêneos (eucalipto e pinus). Áreas Antrópicas Não Agrícolas referem-se apenas uma sub-classe e por isso serão denominadas Áreas Urbanizadas. As Áreas de Vegetação Natural referem-se áreas que se encontram recobertas por vegetação natural no seu estágio primário ou no secundário. A classe Águas engloba os corpos líquidos continentais, representados pelos cursos d'água, lagoas, meandros abandonados e reservatórios. O valor desta classe, obtido a partir das Cartas do IBGE utilizadas, foi considerado o mesmo para os anos de 1986 e 2008.

O Mapa de Uso da Terra de 2008 consistiu na atualização do Mapa gerado pelo "Levantamento da Vegetação Natural e Reflorestamento e Constituição da Base Digital georreferenciada da Bacia Hidrográfica do Tietê - Jacaré (IF-SMA, 2003). Este trabalho, financiado pelo Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FEHIDRO, através do Contrato FEHIDRO 094/2002, gerou, para a UGRHI - TJ, um mapa georreferenciado com as áreas com cobertura vegetal natural remanescente (mata, capoeira, campo cerrado, cerrado, cerradão e vegetação de várzea) e a área de reflorestamentos homogêneos de eucalipto e pinus, além das divisões municipais, hidrografia, área urbana e outras informações espaciais.

### 3.2.2.3 Determinação das áreas prioritárias para Reserva Legal na Bacia Hidrográfica do Rio Jaú

A partir da ponderação dos mapas temáticos foi organizado um mapa com classificação de áreas de alta, média e baixa prioridade para o estabelecimento da Reserva Legal no âmbito da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú. O mapa foi

elaborado através do método da análise de múltiplos critérios com um único objetivo, por meio da definição das variáveis (critérios) relevantes e da determinação relativa de cada critério ou ponderação. Envolveu ainda a definição das restrições, ou seja, dos critérios absolutos de exclusão de resultados possíveis (TUCCI e MENDES, 2006). A ferramenta utilizada foi a Avaliação por Critérios Múltiplos (Multi Criteria Evaluation - MCE) do SIG Idrisi Andes.

A técnica utilizada para agregação dos critérios foi a combinação de mapas por média ponderada, através da Média Ponderada Ordenada (Ordered Weighted Average - OWA) do SIG Idrisi Andes. Inicialmente foi realizado o reescalonamento dos valores dos critérios para um intervalo numérico comum (processo conhecido como padronização). Os valores foram então agregados e além das restrições, foram definidos os pesos de ordenação e a ponderação da importância relativa de cada critério para o objetivo final.

Os critérios considerados relevantes utilizados na avaliação por critérios múltiplos para a escolha das áreas de Reserva legal foram:

- Conexão com APP nos mananciais: Visando a proteção dos corpos d'água, e a formação de corredores viáveis de biodiversidade;
- Sub-bacias utilizadas como mananciais: Visando a Produção de água;
- Declividade: Para a utilização de áreas impróprias para colheita mecanizada de cana;
- Geologia: Para possibilitar a recarga dos aquíferos e do fluxo de base;
- Susceptibilidade à erosão: Para garantir a conservação do solo e da água;
- Tipo de solo: Para a restauração das matas em áreas com menor potencial agrícola;

As Áreas de Preservação Permanente e as Áreas Urbanizadas, além dos Rios e Reservatórios obviamente, foram definidas como restrições, ou seja, como critérios absolutos de exclusão, sendo consideradas inaptas para a composição da Reserva Legal.



## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 AVALIAÇÃO FLUVIOLÓGICA**

A avaliação fluviológica foi realizada com o objetivo de verificar a existência de diferenças e discrepâncias entre o comportamento real e previsto de cada um dos rios e verificar se os resultados das análises do comportamento das variáveis hidrológicas permitem diagnosticar, a partir dos efeitos observados nas vazões do rio, a maior degradação ambiental de uma bacia hidrográfica, em especial a bacia do Jaú, em relação às bacias do Jacaré-Pepira, do Jacaré-Guaçu e do Boa Esperança.

O comportamento da vazão de um rio retrata suas condições hidrológicas, ou seja, representam o estado do corpo de água quanto a quantidade de água, enquanto que no reservatório é representado pelo seu nível, condições operacionais (vazão de saída) e vazão de entrada. As condições hidrológicas podem ser avaliadas através de indicadores que são valores médios de uma variável ou proporção entre variáveis hidrológicas (TUCCI e MENDES, 2006).

A variabilidade das condições hidrológicas no tempo e no espaço e decorre de uma combinação de vários fatores tais como: condições climáticas de precipitação, evapotranspiração e radiação solar; relevo, geologia, geomorfologia e solos; cobertura vegetal e uso do solo e ações antrópicas sobre o sistema fluvial (TUCCI e MENDES, 2006). Os processos hidrológicos são considerados estocásticos ou probabilísticos, por conterem componentes aleatórias as quais se superpõem a regularidades eventualmente explicitáveis, tais como as estações do ano.

Nesse sentido, em um dado ponto do espaço geográfico, são considerados processos hidrológicos estocásticos a precipitação, a evapo-transpiração, os escoamentos superficial e sub-superficial, os afluxos de sedimento em suspensão, as concentrações de oxigênio dissolvido, as conformações do leito

fluvial, as temperaturas da água, as capacidades de infiltração, entre tantos outros (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

A quantificação destes processos depende da observação das variáveis hidrológicas que descrevem os mesmos ao longo do tempo. Estas variáveis necessitam de amostras confiáveis e representativas para sua estimativa. O melhor entendimento do comportamento estocástico de uma ou mais variáveis, que representam um sistema hídrico, depende em última análise de informações observadas deste sistema (TUCCI e MENDES, 2006).

Poder-se-ia inferir, então, que, se todos os fatores causais pudessem ser definidos e medidos com precisão e se todas as possíveis dependências entre eles puderem ser explicitadas e determinadas, as características relevantes de todos os processos hidrológicos, inclusive os fluviológicos, de uma dada bacia hidrográfica poderiam ser tratadas como relações puramente determinísticas do tipo causa-efeito (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

Os dados hidrológicos, entretanto, são medidos em locais definidos, como um pluviômetro numa bacia e um posto fluviométrico numa seção de um rio. O primeiro observa a ocorrência da precipitação, como uma amostra pontual de um processo espacial de entrada do sistema, enquanto que o segundo observa a integração espacial da saída, representada pelo escoamento na bacia hidrográfica (TUCCI e MENDES, 2006).

Estas constatações conduzem à utilização simultânea das abordagens determinística e estocástica para a melhor explicitação e entendimento das regularidades e variabilidades inerentes aos processos hidrológicos, de modo a agregá-las em sólido arcabouço científico e tecnológico capaz de proporcionar elementos para a formulação de propostas racionais para questões relativas ao desenvolvimento dos recursos hídricos e dos ecossistemas aquáticos e de transição.

Como aos fenômenos hidrológicos associam-se distribuições da variabilidade espaço-temporal de variáveis aleatórias, relativas à quantidade e à qualidade da água, é forçosa a necessidade do emprego da teoria de probabilidades, área da matemática que investiga os fenômenos aleatórios. Esta teoria apresenta duas ramificações de grande importância para a hidrologia aplicada: a estatística matemática e o estudo de processos estocásticos.

A estatística matemática permite analisar um conjunto limitado de observações de um fenômeno aleatório e extrair inferências quanto à ocorrência de todas as prováveis realizações do fenômeno em questão. O estudo de processos estocásticos refere-se à identificação e interpretação da aleatoriedade presente em tais processos, em geral por meio de modelos matemáticos que buscam estabelecer as possíveis conexões sequenciais, no tempo e/ou no espaço, entre suas realizações (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

Ainda segundo Naghettini e Pinto (2007) as variações dos fenômenos, temporais ou espaciais, do ciclo da água podem ser descritas pelas variáveis hidrológicas, como, por exemplo, o número anual de dias consecutivos sem precipitação, em um dado local, e a vazão média anual de uma bacia hidrográfica. As flutuações das variáveis hidrológicas podem ser quantificadas, ou categorizadas, por meio de observações ou medições, as quais, em geral, são executadas de modo sistemático e de acordo com padrões nacionais ou internacionais.

As variáveis hidrológicas e hidrometeorológicas são registradas por meio das chamadas séries temporais, que reúnem as observações ou medições daquela variável, organizadas no modo seqüencial de sua ocorrência no tempo. Por limitações impostas pelos processos de medição e observação, as variáveis hidrológicas, embora apresentem variações instantâneas ou contínuas ao longo do tempo, ou do espaço, geralmente têm seus registros separados por determinados intervalos de tempo ou de distância.

Segundo Tucci (1993) uma rede hidrométrica dificilmente cobre todos os locais de interesse necessários ao gerenciamento dos recursos hídricos de uma região e, além disso, ocorrem falhas na aquisição de dados. Estas lacunas temporais e espaciais precisam ser preenchidas com base em metodologias adequadas. O termo Regionalização tem sido utilizado em hidrologia para denominar a transferência de informações de um local para outro dentro de uma área com comportamento hidrológico semelhante.

O princípio da Regionalização é a similaridade espacial de algumas funções, variáveis e parâmetros que permitem esta transferência. Ela é estabelecida com o objetivo de se obter a informação hidrológica em locais sem dados ou com poucos dados. Um benefício adicional da análise regional da informação é o de permitir o aprimoramento da rede de coleta de dados hidrológicos à medida que a metodologia explora melhor a informação disponível.

Nenhum modelo, técnica matemática ou estatística, entretanto, é capaz de criar informações, a regionalização pode melhor explorar as informações existentes. A falta de informações, porém, é crucial no adequado entendimento do comportamento de um sistema hídrico. O planejamento do uso múltiplo das águas e do desenvolvimento econômico é realizado com base em estatísticas das variáveis hidrológicas obtidas a partir de séries curtas (10 a 30 anos) que muitas vezes não são representativas do comportamento hidrológico da bacia hidrográfica (TUCCI e MENDES, 2006).

Este trabalho, por exemplo, analisou dados de uma série temporal de 15 anos, no período de 1984 a 1998 devido a desativação dos postos fluviométricos existentes nas Bacias do Jaú e do Jacaré-Pepira em 1999. Estes postos, que começaram a operar no início da década de 80 eram os únicos ativos nas respectivas bacias, ou seja, esta área de mais de 3.300 km<sup>2</sup> não dispõe de dados de vazão nos últimos dez anos.

#### 4.1.1 Comportamento fluviológico dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança a partir das séries diárias de vazão

O Rio Jaú apresentou na limnofase (estiagem) as menores vazões mínimas específicas ( $Q_F$  mínima e  $Q_{F95\%}$ ) e na potamofase (cheia) as maiores vazões máximas ( $Q_F$  máxima) em comparação aos demais rios. Os Rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira apresentaram, respectivamente, as menores e as maiores vazões média ( $Q_F$  média) e de permanência em 5% do tempo ( $Q_{F5\%}$ ) conforme pode ser observado na Tabela 5.

**Tabela 5:** Vazões específicas médias, de permanência, mínimas e máximas dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança.

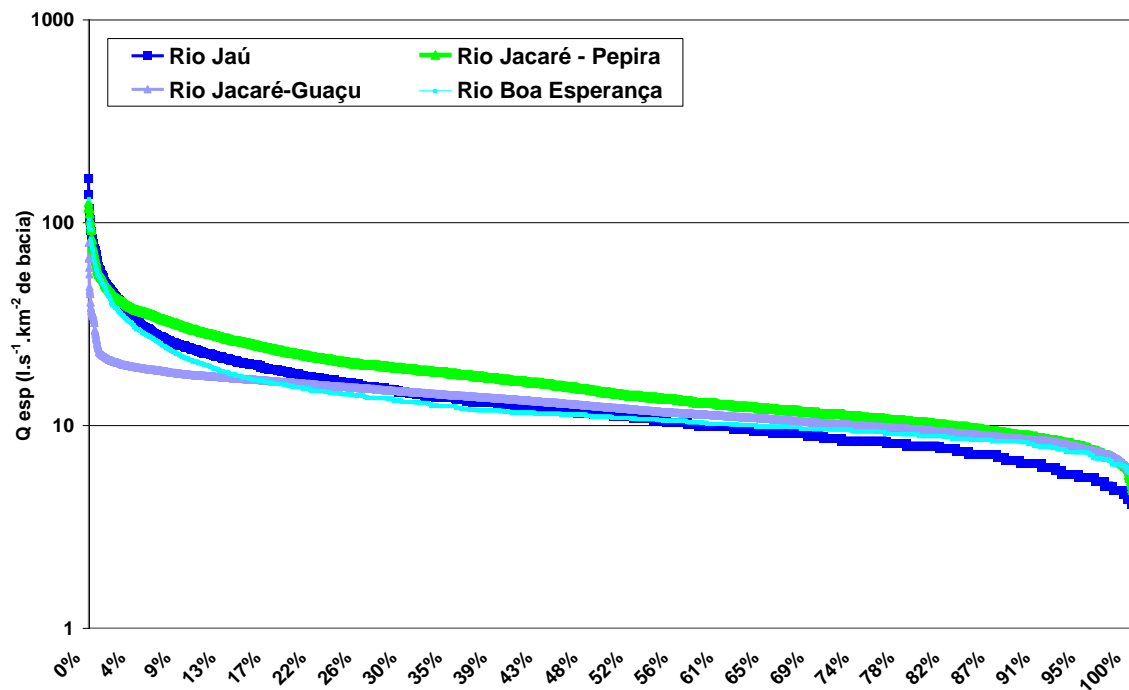
Rio	VAZÃO ESPECÍFICA ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ de bacia)				
	$Q_F$ média	$Q_{F5\%}$	$Q_{F95\%}$	$Q_F$ mínima	$Q_F$ máxima
Jaú	14,11	31,18	5,52	3,36	165,23
Jacaré-Pepira	17,57	36,65	7,95	4,45	125,53
Jacaré-Guaçu	12,94	19,26	7,74	5,36	79,46
Boa Esperança	13,56	29,14	7,38	5,51	130,79

A diferença entre as vazões máximas e mínimas medidas para os respectivos rios foi maior no Rio Jaú, atingindo  $161,87 l.s^{-1}.km^{-2}$  e foi menor no Rio Jacaré-Guaçu,  $74,10 l.s^{-1}.km^{-2}$ . A Tabela 6 mostra a diferença entre as vazões máximas e mínimas em cada um dos rios, bem como a data em que cada um destes eventos extremos aconteceu.

**Tabela 6:** Amplitude da variação entre as vazões específicas máximas e mínimas dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança

Rio	Período	Vazão Máxima ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ )	Data	Vazão Mínima ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ )	Data	Varição ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ )
Jaú	1984-1998	165,23	7/1/1996	3,36	19/12/1985	161,87
Jacaré-Pepira	1984-1998	125,54	9/1/1996	4,45	25/11/1998	121,08
Jacaré-Guaçu	1984-1998	79,46	9/2/1995	5,36	17/11/1986	74,10
Boa Esperança	83-88; 93-98; 03-08	130,79	3/1/1996	5,51	23/10/2007	125,04

As curvas de permanência indicam vazões máximas específicas maiores e vazões mínimas específicas menores do rio Jaú em relação aos demais rios. As vazões de permanência do Rio Jaú garantidas em 70% do tempo ou mais são nitidamente menores conforme pode ser observado na Figura 11, que mostra as Curvas de Permanência dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança em escala logarítmica.



**Figura 11:** Curvas de Permanência dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança ( $l. s^{-1}. km^{-2}$  de bacia)

A relação entre a vazão de 95% da curva de permanência e a vazão média de longo período deveria apresentar pequena variação no estudo de caso apresentado tendo em vista a pequena variabilidade, principalmente das características climáticas, de um local para o outro. A vazão de 95%, conforme escrito anteriormente, é um valor característico do comportamento em estiagem de uma bacia e a vazão média é síntese de todas as vazões ao longo do tempo. Esta relação representa para os hidrólogos a relação entre a vazão natural e a máxima potencialmente regularizável. A Tabela 7 mostra a relação entre a vazão de 95% e a média para os rios nos períodos estudados.

**Tabela 7:** Relação entre a vazão de 95% de permanência e vazão média dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança.

Rio	Relação $Q_{F95\%} / Q_{Fmédia}$		
	$Q_{F95\%} (l.s^1, km^2)$	$Q_{Fmédia} (l.s^1, km^2)$	$Q_{F95\%} / Q_{média}$
Jaú	5,52	14,11	39,1%
Jacaré-Pepira	7,95	17,57	45,2%
Jacaré-Guaçu	7,74	12,94	59,8%
Boa Esperança	7,38	13,57	54,4%

As medidas de tendência central média ( $\bar{x}$ ), mediana ( $x_{md}$ ) e moda ( $x_{mo}$ ) das vazões diárias apresentam comportamento semelhante no que diz respeito a assimetria positiva dos histogramas, com maior amplitude à direita (vazões maiores) da moda, pois para todos os rios  $x_{mo} < x_{md} < \bar{x}$  (NAGHETTINI e PINTO, 2007). O Rio Jacaré-Pepira apresentou as maiores média, mediana e moda.

O desvio padrão calculado para os Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Boa Esperança foi semelhante. O Rio Jaú, entretanto, apresentou o maior coeficiente de variação (resultado do quociente entre o desvio padrão e a média). Considerando o tamanho das sub-bacias seria esperado que o coeficiente de variação fosse semelhante ao do Rio Jacaré-Pepira e inferior ao do Rio Boa Esperança. O período estudado para o Rio Boa Esperança, entretanto, não foi totalmente coincidente com o período dos demais cursos d'água conforme descrito anteriormente.

O Rio Jacaré-Guaçu apresentou o menor desvio padrão e o menor Coeficiente de variação. Estes resultados eram esperados tendo em vista a maior capacidade de regularização natural considerando a maior área de drenagem da sub-bacia (TUCCI, 1993). A Tabela 8 apresenta algumas das estatísticas descritivas das vazões específicas diárias dos referidos rios.

**Tabela 8:** Estatísticas descritivas das vazões específicas diárias dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança.

Rio	Período	Média ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ )	Desvio Padrão ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ )	Mediana ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ )	Moda ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ )	Coefficiente de Variação
Jaú	1984-1998	14,11	10,72	11,27	8,39	0,76
Jacaré-Pepira	1984-1998	17,57	10,71	14,46	11,38	0,61
Jacaré-Guaçu	1984-1998	12,94	4,33	12,25	8,46	0,33
Boa Esperança	83-88; 93-98; 03-08	13,56	9,06	10,96	9,83	0,66

#### 4.1.2 Comportamento fluviológico dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança a partir das séries diárias de vazão e sua relação com as vazões previstas pela Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo

As vazões estimadas pelo método de Regionalização Hidrológica variaram de 8,10 a 8,63  $l.s^{-1}.km^{-2}$  ( $Q_{RH}$  média); 15,96 a 17,00  $l.s^{-1}.km^{-2}$  ( $Q_{RH}$  5%); 4,18 a 4,45  $l.s^{-1}.km^{-2}$  ( $Q_{RH}$  95%) e 3,34 a 3,56  $l.s^{-1}.km^{-2}$  ( $Q_{RH7,10}$ ). Os resultados encontrados demonstram que os rios deveriam, teoricamente, apresentar características hidrológicas semelhantes, com variação máxima de 6% entre os valores das vazões específicas esperados para os rios. As variações encontradas entre os rios para uma série de 15 anos, entretanto, foi de 26% para a  $Q_F$  média, 47% para a  $Q_{F5\%}$ , 31% para a  $Q_{F95\%}$ , 39% para a  $Q_F$  mínima e 51,9% para a  $Q_F$  máxima. A Tabela 9 mostra os resultados previstos e os medidos nos respectivos postos fluviométricos.

**Tabela 9:** Vazões específicas (estimadas e medidas) médias, de permanência, mínimas e máximas dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança.

Rio	VAZÃO ESPECÍFICA ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ de bacia)								
	REGIONALIZAÇÃO HIDROLÓGICA				VAZÃO MEDIDA				
	$Q_{RH}$ média	$Q_{RH}$ 5%	$Q_{RH}$ 95%	$Q_{RH}$ 7,10	$Q_F$ média	$Q_F$ 5%	$Q_F$ 95%	$Q_F$ mínima	$Q_F$ máxima
Jaú	8,10	15,96	4,18	3,34	14,11	31,18	5,52	3,36	165,23
Jacaré-Pepira	8,63	17,00	4,45	3,56	17,57	36,65	7,95	4,45	125,53
Jacaré-Guaçu	8,40	16,56	4,34	3,47	12,94	19,26	7,74	5,36	79,46
Boa Esperança	8,20	16,15	4,23	3,38	13,56	29,14	7,38	5,51	130,79



Considerando as vazões médias específicas ( $Q_{RH \text{ média}}$ ) estimadas pelo Método de Regionalização Hidrológica para cada um dos rios, verificou-se o número de dias que cada um deles teve vazão medida ( $Q_F$ ) menor que a média prevista. O Rio Jaú apresentou o dobro de dias com vazão abaixo da média prevista em relação aos demais rios, conforme pode ser observado na Tabela 10.

**Tabela 10:** Porcentagem de dias com vazão medida ( $Q_F$ ) menor que a vazão média ( $Q_{RH \text{ média}}$ ) prevista pelo Método de Regionalização Hidrológica.

Rio	$Q_{RH \text{ média}}$ ( $l.s^{-1}.km^{-2}$ )	Período	Total de dias	Dias com $Q_F > Q_{RH \text{ média}}$	Dias com $Q_F < Q_{RH \text{ média}}$	% dias com $Q_F < Q_{RH \text{ média}}$
Jaú	8,10	1984-1998	5479	4286	1193	21,8%
Jacaré-Pepira	8,63	1984-1998	5479	5009	470	8,6%
Jacaré-Guaçu	8,40	1984-1998	5479	5021	458	8,4%
Boa Esperança	8,20	83-88; 93-98; 03-08	5480	4920	560	10,2%

A vazão mínima medida no Rio Jaú foi menor que a vazão prevista de permanência em 95% do tempo ( $Q_{RH 95\%}$ ) e praticamente igual a vazão crítica de 7 dias para 10 anos de tempo de retorno ( $Q_{RH 7,10}$ ). A vazão mínima medida no Rio Jacaré-Pepira foi igual a  $Q_{RH 95\%}$  e maior que  $Q_{RH 7,10}$ . As vazões mínimas medidas nos Rios Jacaré-Guaçu e Boa Esperança foram maiores que as respectivas  $Q_{RH 95\%}$  e  $Q_{RH 7,10}$ .

A relação entre as vazões médias medidas nos rios e a vazão de permanência prevista para 5% do tempo variou entre 0,78 e 1,03. A relação entre a vazão máxima em cada rio e a vazão média prevista foi maior no Rio Jaú, que apresentou vazão máxima 20,4 vezes maior que a média. A menor relação vazão máxima/vazão média prevista foi registrada no Rio Jacaré-Guaçu, onde a vazão máxima foi aproximadamente 9,5 vezes maior que a vazão média. A Tabela 11 mostra a intensidade da relação entre as vazões efetivamente medidas e as vazões previstas pela Metodologia da Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo.

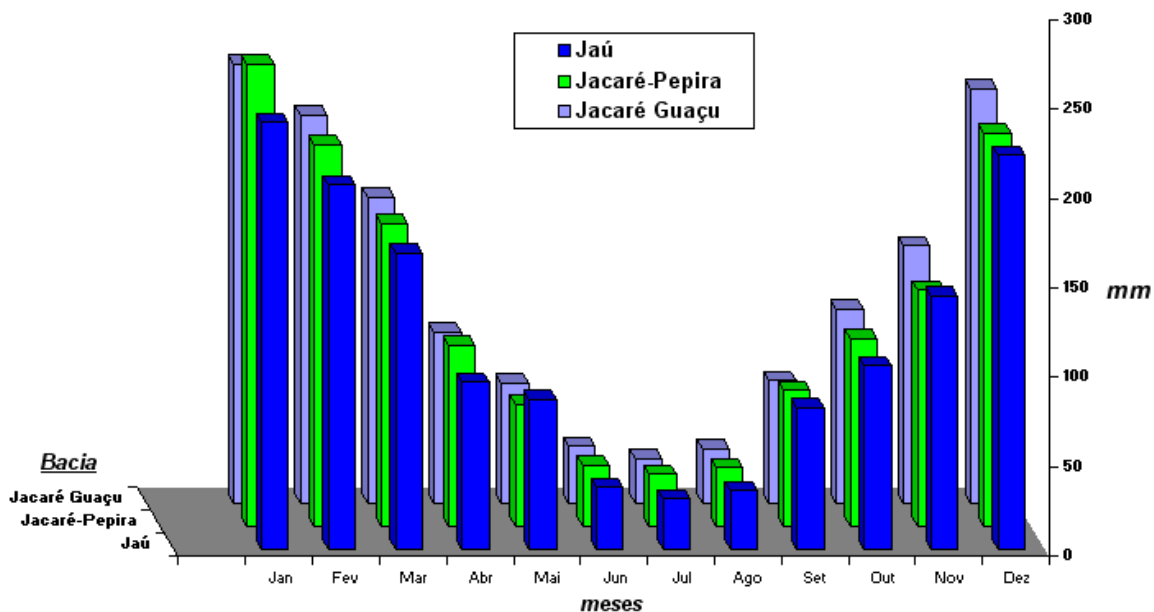
**Tabela 11:** Relação entre as vazões mínimas, médias, máximas e de permanência medidas e previstas para os Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança.

Rio	Relações $Q_{Fluvial} / Q_{Regionalização\ Hidrológica}$			
	$Q_{F\ mínima} / Q_{RH\ 95\%}$	$Q_{F\ mínima} / Q_{RH\ 7,10}$	$Q_{F\ média} / Q_{RH\ 5\%}$	$Q_{F\ máxima} / Q_{RH\ média}$
Jaú	0,8038	1,0060	0,8841	20,40
Jacaré-Pepira	1,0000	1,2500	1,0335	14,55
Jacaré-Guaçu	1,2350	1,5447	0,7814	9,46
Boa Esperança	1,3026	1,6302	0,8396	15,95

#### 4.1.3 Precipitação nas Bacias Hidrográficas do Médio Jaú, Alto Jacaré-Pepira e Médio Jacaré-Guaçu

Os índices médios de precipitação anual nas Sub-bacias do Médio Jacaré-Guaçu e Alto Jacaré-Pepira foram, respectivamente, 4,7 e 1,3% maiores que na Sub-bacia do Médio Jaú. A Tabela 12 apresenta as médias anuais de chuva dos postos pluviométricos de 1984 a 1998 e a Tabela 13 mostra a precipitação média anual calculada para cada sub-bacia. Pode-se observar no período a existência de anos secos (1984, 1985, 1994 e 1998), anos chuvosos (1991 e 1995), com predominância de anos normais (1986 a 1990, 1992, 1993, 1996 e 1997).

As bacias apresentam distribuição de chuvas similar também ao longo do ano com o trimestre mais chuvoso de dezembro a março e o mais seco de junho a agosto, conforme ilustra a Figura 12. A semelhança dos índices pluviométricos médios mensais e anuais nas bacias no período estudado indica que a precipitação não é a causa das diferenças encontradas do comportamento fluviológico dos rios.



**Figura 12:** Pluviograma médio mensal de 1984 a 1998 nas bacias do Médio Jaú, Alto Jacaré-Pepira e Médio Jacaré-Guaçu (Fonte: DAEE, 2000)

**Tabela 12:** Precipitação anual de 1984 a 1998 dos postos pluviométricos nas Bacias do Médio Jaú, Alto Jacaré-Pepira e Médio Jacaré-Guaçu (Fonte: DAEE: 2000)

Ano	Precipitação anual (mm)									
	Sub-bacia									
	Jaú		Jacaré-Pepira				Jacaré-Guaçu			
	D5-008	D5-084	D5-023	D5-053	D5-077	D5-078	C5-016	C5-050	C5-056	D4-106
1984	1077,2	1089,5	1102,6	1110,3	1158,5	1076,4	1004,8	949,9	928,7	1370,7
1985	1112,9	1293,7	1366,9	1229,1	1321,6	1260,8	1099,3	1236,8	1140,9	1244,5
1986	1297,0	1316,4	1419,3	1577,2	1294,5	1402,9	1539,6	1464,2	1438,0	1819,1
1987	1556,4	1674,4	1204,4	1328,4	1495,3	1502,1	1272,5	1332,9	1558,8	1764,7
1988	1594,5	1338,8	1347,2	1423,3	1364,9	1321,1	1167,2	1308,1	1432,5	1501,9
1989	1502,9	1417,9	1396,8	1570,6	1328,5	1536,9	1429,9	1476,9	1673,0	1522,5
1990	1485,7	1465,6	1547,7	1501,7	1363,2	1616,6	1336,2	1311,9	1541,4	1580,6
1991	1524,0	1451,6	1885,1	1846,9	1447,2	1800,5	1534,3	1604,3	1659,0	1948,1
1992	1375,3	1456,9	1504,9	1926,0	1418,9	1346,9	1490,4	1240,9	1447,9	1392,2
1993	1367,2	1423,1	1622,2	1571,6	1500,7	1431,7	1601,9	1290,2	1528,0	1609,3
1994	1206,4	1186,7	1268,6	1309,5	1191,7	1343,2	1146,7	1464,3	1349,6	1262,5
1995	1777,7	1710,0	1868,4	1881,8	1542,7	1696,6	1620,8	1824,6	1855,2	1622,4
1996	1253,1	1521,6	1529,6	1553,1	1324,1	1264,1	1212,3	1651,6	1826,0	1664,1
1997	1661,9	1644,7	1547,1	1542,1	1528,3	1266,8	1277,7	1637,2	1590,3	1238,5
1998	1376,5	1575,2	1468,8	1274,6	1371,0	1087,1	1120,0	1385,1	1413,6	1340,0

**Tabela 13:** Precipitação anual média nas Bacias do Médio Jaú, Alto Jacaré-Pepira e Médio Jacaré-Guaçu calculada pelo método do Interpolador do quadrado da distância do SIG Idrisi Andes.

Mês	Precipitação (mm/ano)		
	Sub-bacia		
	Jaú	Jacaré-Pepira	Jacaré-Guaçu
1984	1089,8	1129,0	1149,8
1985	1177,1	1246,9	1225,3
1986	1329,5	1477,0	1598,3
1987	1525,3	1514,4	1568,8
1988	1512,2	1395,0	1430,1
1989	1479,2	1522,1	1549,9
1990	1485,4	1577,4	1535,7
1991	1567,1	1800,1	1809,1
1992	1418,8	1418,9	1437,4
1993	1415,5	1485,5	1535,7
1994	1220,1	1303,9	1314,3
1995	1756,1	1724,4	1743,8
1996	1318,1	1390,2	1638,0
1997	1610,1	1361,2	1415,9
1998	1377,2	1220,4	1340,0
Média	1418,8	1437,8	1486,1

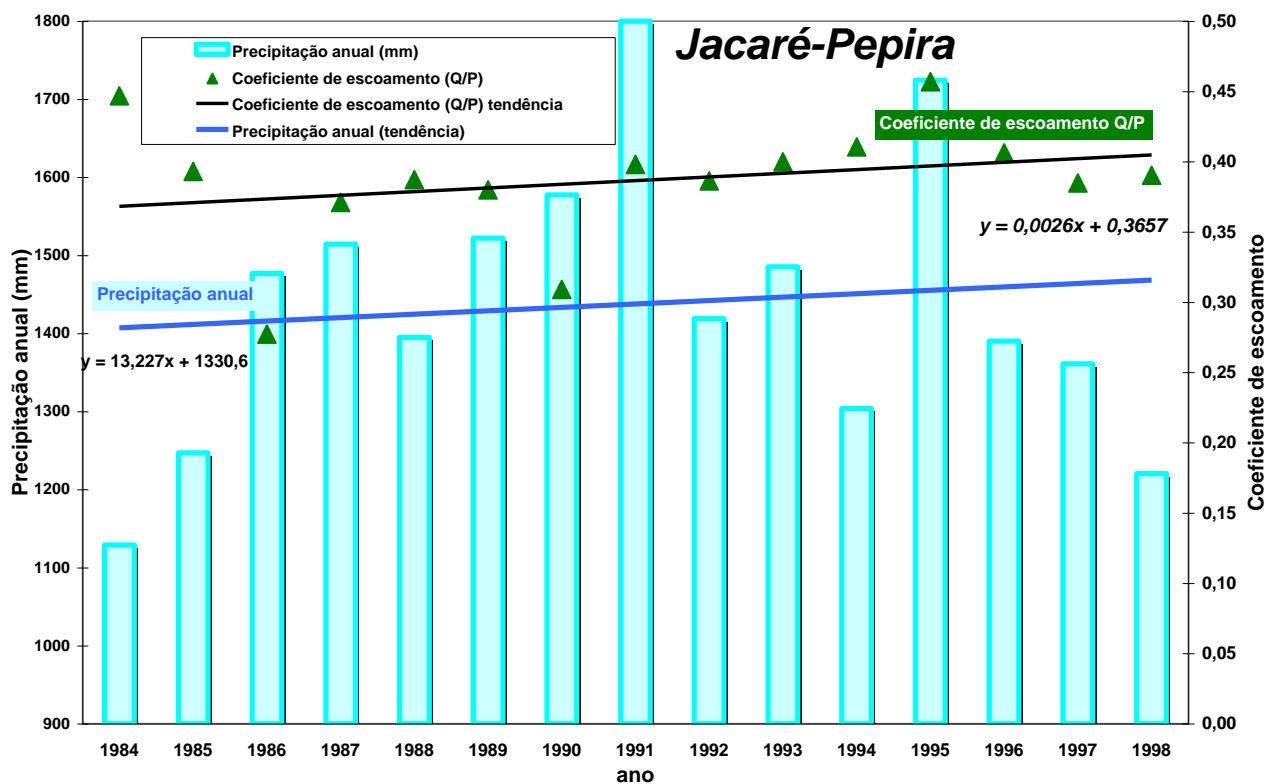
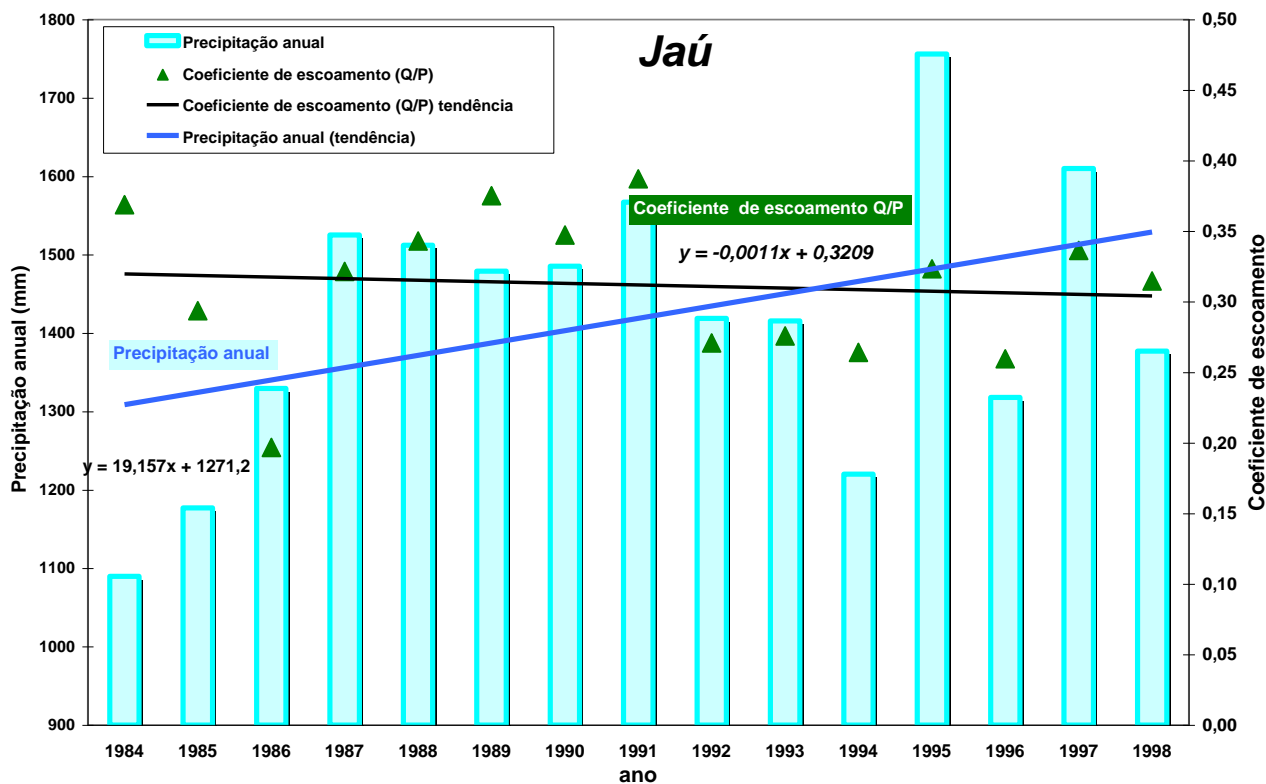
#### 4.1.4 Coeficiente de escoamento das Bacias Hidrográficas dos Rios Jaú e Jacaré-Pepira

A precipitação nas bacias teve tendência de alta no período. O Coeficiente de escoamento, índice que representa o percentual do volume de chuvas transformado em vazão, teve comportamento distinto para os rios. No Rio Jacaré-Pepira, por exemplo, o Coeficiente de escoamento cresceu, enquanto no Rio Jaú este coeficiente apresentou ligeira tendência de queda. A Tabela 14 e a Figura 13 mostram o volume anual de precipitação e a vazão anual em cada bacia e os respectivos coeficientes de escoamento.

**Tabela 14:** Vazões anuais, precipitações anuais e Coeficiente de escoamento nas Bacias do Médio Jaú e Alto Jacaré-Pepira.

Ano	RIO JAÚ (Área = 417 km <sup>2</sup> )			RIO JACARÉ-PEPIRA (Área = 442 km <sup>2</sup> )		
	Vazão (m <sup>3</sup> /ano)	Precipitação (m <sup>3</sup> /ano)	Coeficiente de escoamento	Vazão (m <sup>3</sup> /ano)	Precipitação (m <sup>3</sup> /ano)	Coeficiente de escoamento
1984	167616000	454446600	0,37	223023456	499018000	0,45
1985	144192960	490850700	0,29	216629856	551129800	0,39
1986	109086912	554401500	0,20	181024416	652834000	0,28
1987	204577920	636050100	0,32	248362848	669364800	0,37
1988	216328320	630587400	0,34	238775040	616590000	0,39
1989	231439680	616826400	0,38	255659328	672768200	0,38
1990	215179200	619411800	0,35	215492832	697210800	0,31
1991	252979200	653480700	0,39	316731168	795644200	0,40
1992	160194240	591639600	0,27	242326080	627153800	0,39
1993	162820800	590263500	0,28	262533312	656591000	0,40
1994	134377920	508781700	0,26	236585664	576323800	0,41
1995	236856960	732293700	0,32	348280992	762184800	0,46
1996	142672320	549647700	0,26	249658330	614468400	0,41
1997	225832320	671411700	0,34	231539386	601650400	0,38
1998	180799829	574292400	0,31	210558960	539416800	0,39

A relação entre as variáveis de entrada e saída dos sistemas hidrológicos possui comportamento não-linear, em função dos diferentes subsistemas e características do sistema físico. Geralmente a precipitação, observada sua distribuição temporal e espacial, é a principal variável de entrada. A alteração da precipitação apresenta impacto relativo diferenciado sobre a vazão da bacia hidrográfica.



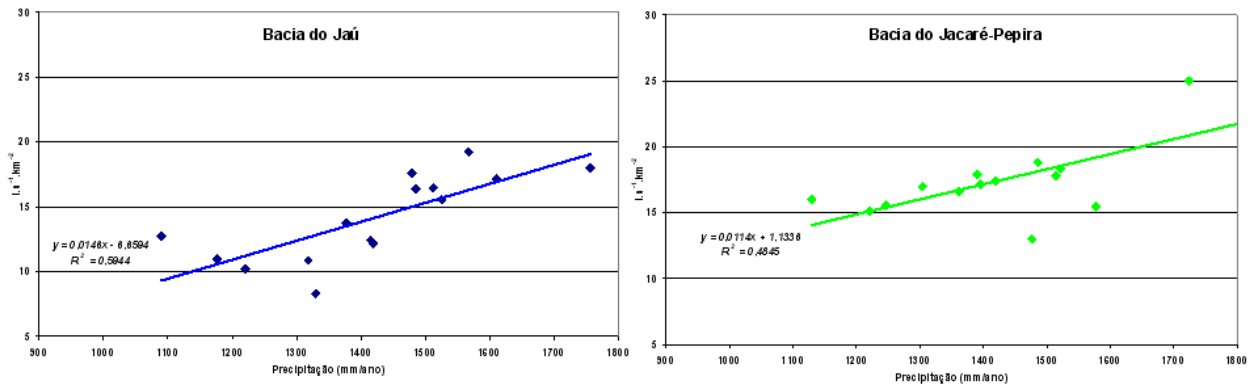
**Figura 13:** Coeficiente de escoamento (Q/P) e precipitação anual nas Bacias do Médio Jaú e Alto Jacaré-Pepira

Ações antrópicas locais, como alterações na superfície da bacia, provocam impactos sobre o escoamento alterando a relação entre as variáveis de entrada e saída dos sistemas hidrológicos. A alteração da precipitação apresenta impacto relativo diferenciado sobre a vazão da bacia hidrográfica (BRUIJNZEEL, 1996). Ao estudar a relação entre as variáveis hidrológicas no Rio Butuí no Rio Grande do Sul, Tucci e Mendes (2006) concluíram que anos com valores extremos (inundações e secas), a resposta da bacia se amplifica com relação a sua variação adimensional da precipitação.

Esta condição ocorre devido à proporcionalidade existente com os valores de precipitação e os de vazão. Nos anos mais úmidos o aumento de precipitação produz maior aumento da vazão já que a infiltração aumenta pouco e a evapotranspiração potencial diminui pelo aumento da chuva, o que aumenta mais o escoamento. No sentido contrário, nos anos secos, a redução de precipitação, aumento da evapotranspiração reduz em maior magnitude a vazão.

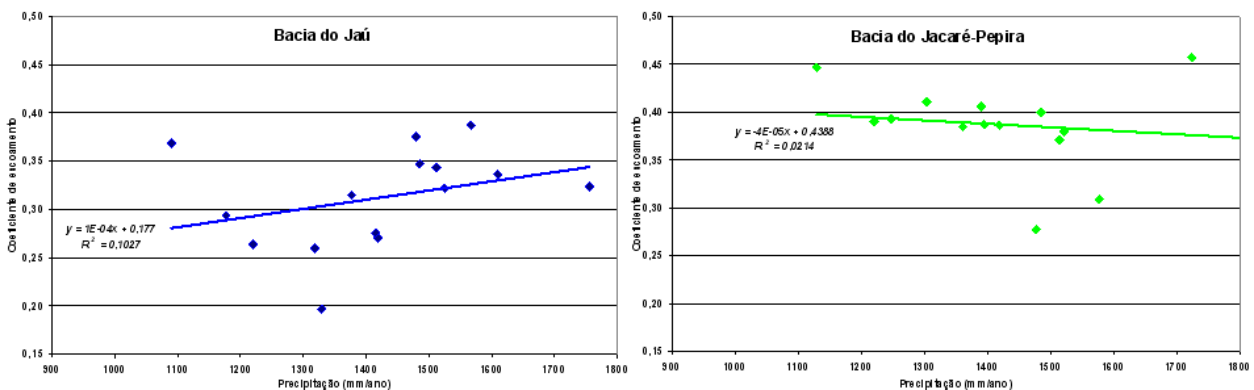
A anomalia da vazão (resposta da bacia hidrográfica) amplifica os efeitos na precipitação, se considerarmos apenas o efeito da anomalia da precipitação. Nos climas úmidos típicos da região Sudeste do Brasil, como a evapotranspiração varia pouco, utiliza-se muito mais a precipitação para caracterizar a vazão, já que na relação do coeficiente de escoamento está embutida a perda para a evapotranspiração. Segundo Tucci e Mendes (2006) é possível, pela tendência média, estimar o coeficiente de escoamento em função da variação de precipitação.

Na relação entre precipitação e vazão em climas úmidos (dentro de uma visão macro), entretanto, deve ser observado que existe uma natural amplificação das anomalias da vazão (resposta da bacia) em função das anomalias da precipitação. Além disso, a relação não-linear entre precipitação e vazão depende do armazenamento de acordo com o tamanho da bacia e o coeficiente de escoamento ( $C = Q/P$ ) se altera em função das relações citadas. A Figura 14 mostra a relação entre precipitação e vazão nas bacias do Médio Jaú e Alto Jacaré-Pepira.



**Figura 14 :** Relação da vazão específica média anual ( $\text{l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$ ) e precipitação anual nas Bacias do Médio Jaú e Alto Jacaré-Pepira

A relação entre o coeficiente de escoamento e a variação da precipitação não é linear, pois uma série de aspectos influencia as alterações do escoamento, principalmente o uso da terra e a ocupação do solo e o grau de desmatamento na bacia. A alteração da cobertura vegetal na superfície da bacia tem impactos significativos sobre o escoamento, provocando uma interferência direta nos processos de drenagem e armazenamento de água no solo. A Figura 15 mostra o Coeficiente de escoamento em função da precipitação anual nas Bacias do Médio Jaú e do Alto Jacaré-Pepira.



**Figura 15:** Coeficiente de escoamento em função da precipitação anual nas Bacias do Médio Jaú e Alto Jacaré-Pepira

As correlações, embora os índices sejam baixos, entre o coeficiente de escoamento e os índices de precipitação nas bacias mostram tendências opostas, crescente para o Jaú e decrescente para o Jacaré-Pepira. Esta diferença encontrada pode ser decorrente do menor grau de antropização e do maior percentual de vegetação natural remanescente da Bacia do Alto Jacaré-Pepira



em relação à Bacia do Médio Jaú, embora seja importante salientar sobre a utilização de uma série curta de dados de vazão (15 anos).

Tucci e Mendes (2006) estudando os efeitos do desmatamento e da urbanização em bacias hidrográficas no Rio Grande do Sul concluíram que o coeficiente de escoamento e a vazão máxima tendem a aumentar. Segundo os autores tanto a área de desmatamento em relação a área total da bacia quanto a localização do desmatamento (quanto mais próximo da rede de drenagem e do talvegue principal maior o efeito observado no escoamento) alteram o coeficiente de escoamento. Existem outros aspectos que influenciam as alterações do escoamento, tais como:

- Diferenças de estado de umidade do solo: a disponibilidade de evapotranspiração depende essencialmente da umidade do solo. Hodnett et al (1995) mostraram que na Amazônia a umidade do solo depleciona muito mais quando existe floresta, devido à capacidade da mesma em retirar umidade do solo em profundidade devido à transpiração das plantas;
- Climatologia sazonal: a distribuição da precipitação ao longo do ano e sua intensidade. Regiões com precipitações concentradas no verão, como na Bacia do Alto Paraná, a retirada da Floresta tende a produzir maior impacto no escoamento, visto que no período de maior evapotranspiração potencial, existe disponibilidade de água tanto na interceptação da vegetação como no solo (TUCCI, 2002);
- Profundidade e declividade do solo: solos com pequena profundidade influenciam menos no processo devido a pequena capacidade de armazenamento. Maiores declividades produzem maior drenagem da água, reduzindo os volumes de evapotranspiração da vegetação.

#### **4.1.5 Análise de tendências das vazões mensais dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu**

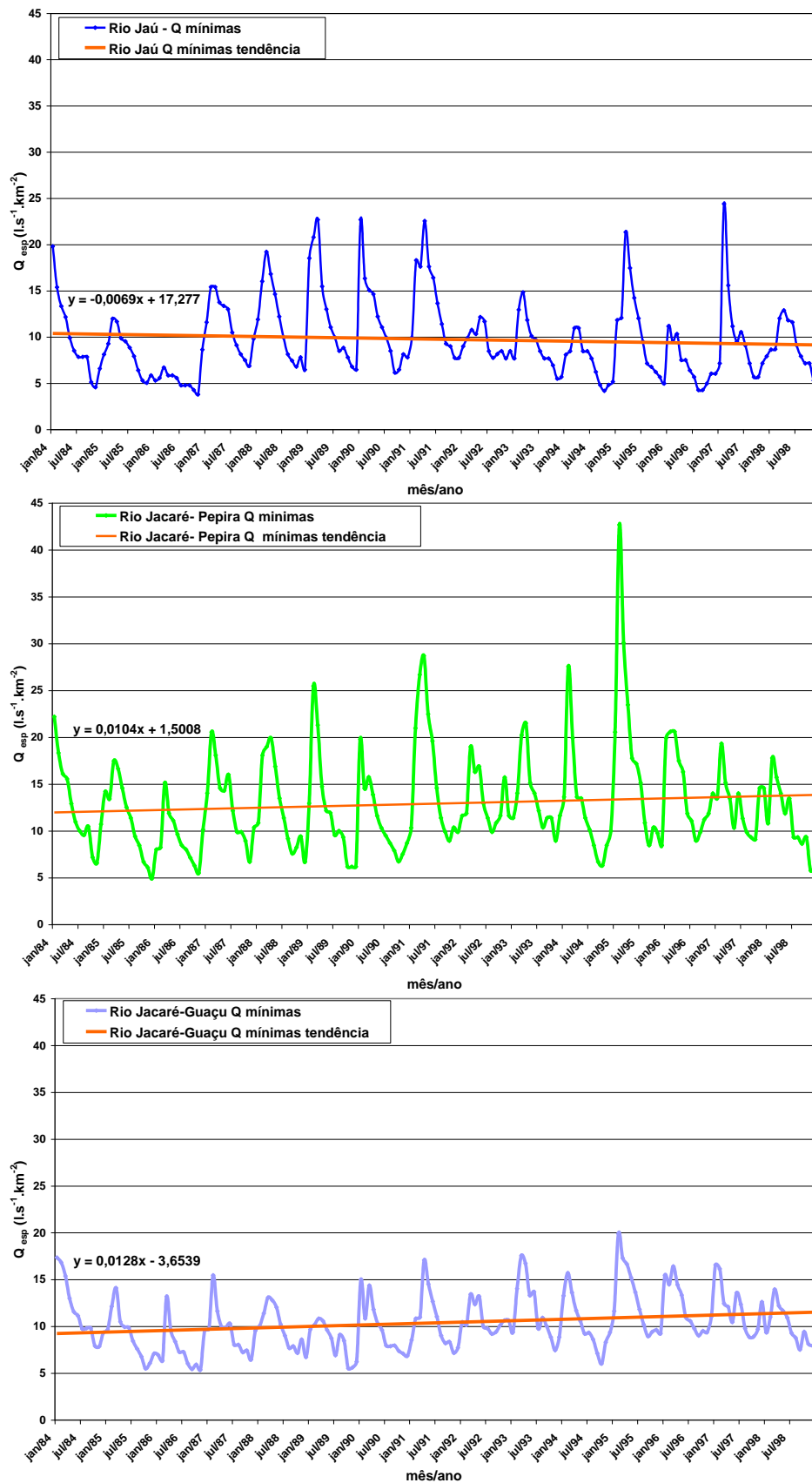
As vazões mínimas e máximas mensais dos rios no período apresentaram diferenças quanto à tendência. As vazões mínimas do Rio Jaú apresentaram tendência de queda no período. Já as vazões mínimas dos rios Jacaré-Pepira e

Jacaré-Guaçu apresentaram tendência de crescimento, o que pode ser entendido como condição normal considerando a tendência de aumento dos índices pluviométricos, conforme descrito no item 4.1.3.

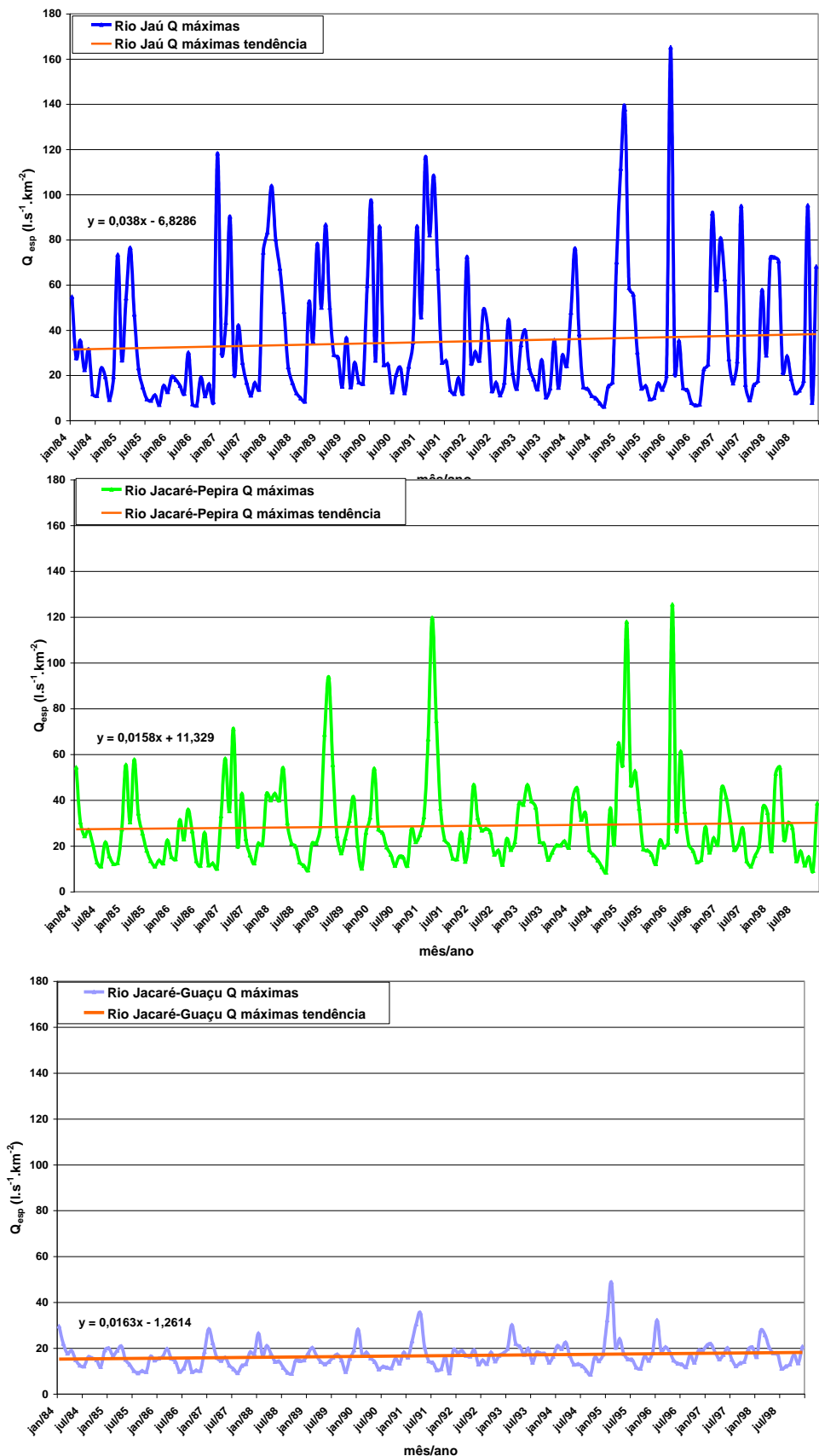
A Figura 16 mostra os fluviogramas das vazões mínimas mensais dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu e as respectivas linhas de tendência. Da mesma forma pôde-se observar um comportamento distinto para as vazões máximas mensais, com tendência de crescimento no Rio Jaú quando comparadas às vazões máximas dos Rios Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu, que permaneceram praticamente estáveis no período, conforme mostra a Figura 17.

A menor variação das vazões mínimas e máximas mensais do Rio Jacaré-Guaçu em relação às demais é explicada pela diferença na ordem de grandeza das sub-bacias (mais de 1.800 km<sup>2</sup> para o Jacaré-Guaçu e pouco mais de 400 km<sup>2</sup> para os Rios Jaú e Jacaré-Pepira). Bacias menores possuem maior sensibilidade às chuvas de alta intensidade e ao uso do solo (cobertura vegetal) na geração do deflúvio. Isto implica em maiores alterações na quantidade e na qualidade da água em pequenas bacias quando comparadas as grandes bacias (LIMA, 1986).

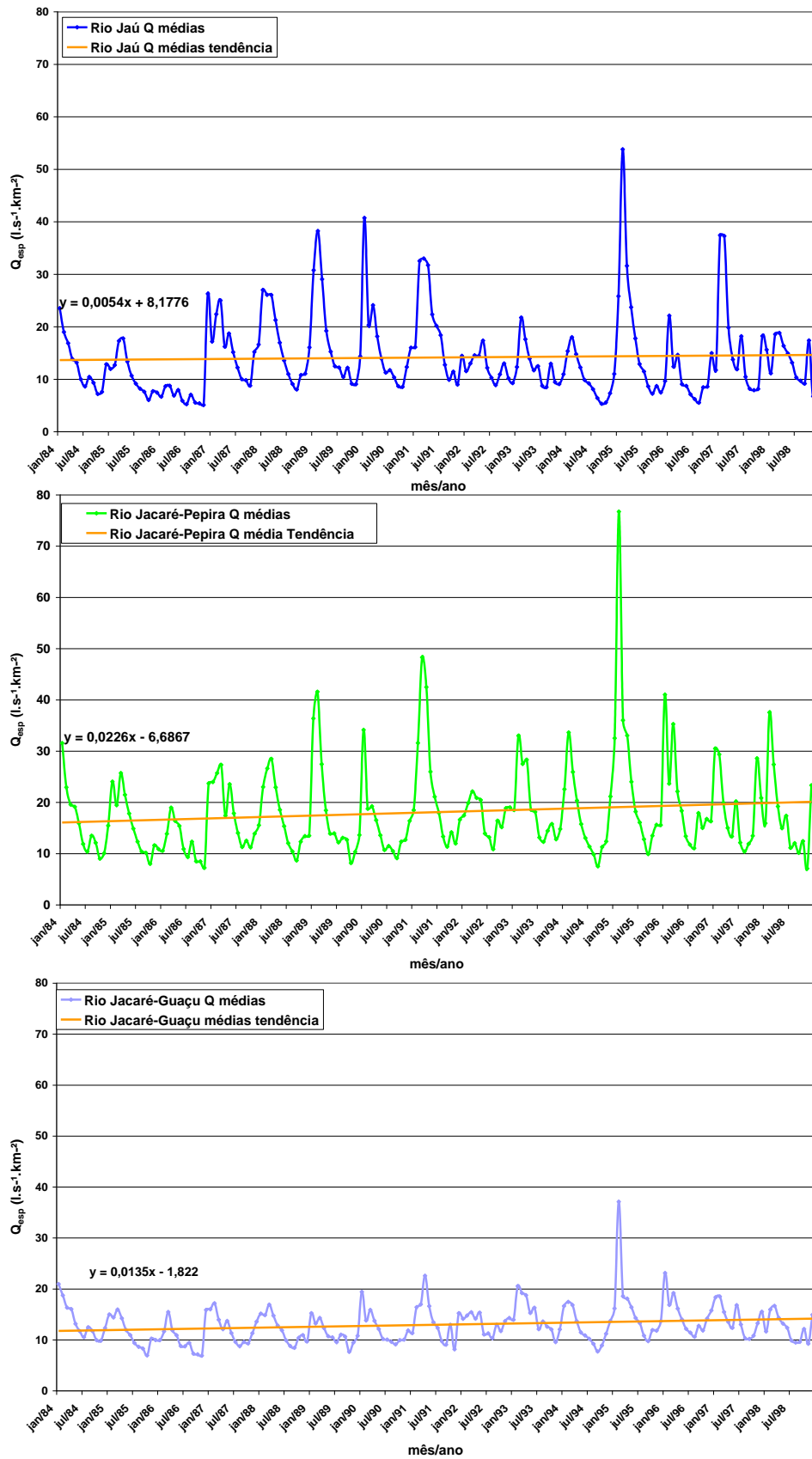
As vazões médias mensais do Rio Jaú mantiveram-se estáveis no período para o Rio Jaú e apresentaram ligeira tendência de crescimento nos Rio Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu, conforme mostra a Figura 18, condição que também pode ser entendida como normal considerando a tendência de aumento dos índices pluviométricos, como apresentado no item 4.1.3.



**Figura 16:** Fluviogramas das vazões mínimas mensais específicas de 1984 a 1998 dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu.



**Figura 17:** Fluviogramas das vazões máximas mensais específicas de 1984 a 1998 dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu.



**Figura 18:** Fluviogramas das vazões médias mensais específicas de 1984 a 1998 dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu

#### **4.1.6 Comportamento fluviológico dos rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu a partir das séries de vazão mínimas, médias e máximas mensais**

Os histogramas de frequência servem para esboçar a distribuição de frequências da amostra. Para visualizar as características importantes da amostra é necessário que o número de classes seja adequado e o tamanho da amostra seja relevante (TUCCI, 1993).

Eles permitem avaliar a maior concentração das vazões em um determinado intervalo, a partir do qual as demais vazões se dispersam além de permitir a verificação de ocorrências de vazões muito inferiores ou superiores ao valor central e a assimetria a esquerda ou direita do bloco de maior frequência devido a maior amplitude (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

Os histogramas das vazões mínimas mensais mostram maior concentração no segundo intervalo de classe para os Rios Jaú e Jacaré-Pepira e no terceiro intervalo para o Rio Jacaré-Guaçu, com frequências relativas de 0,27, 0,38 e 0,30 respectivamente. Todos os rios apresentaram assimetria da distribuição da frequência, com maior amplitude à direita (vazões maiores) do bloco de maior frequência em relação à esquerda (vazões menores). A amplitude amostral da vazão mínima mensal foi de  $37,8 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$  no Jacaré-Pepira,  $20,6 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$  no Jaú e  $14,5 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$  no Jacaré-Guaçu.

As ocorrências foram mais concentradas para o Jacaré-Pepira, intermediárias para o Jacaré-Guaçu e mais dispersas para o Jaú. O Rio Jacaré-Pepira não apresentou ocorrências em dois intervalos. O menor valor de frequência relativa para o Rio Jacaré-Guaçu foi 0,0056 e para o Jaú foi 0,02. A frequência relativa das mínimas nos três intervalos de maior concentração foi de 0,84 no Jacaré-Pepira; 0,65 no Jacaré-Guaçu e 0,38 no Jaú. Esta maior dispersão das vazões mínimas mensais pode indicar menor capacidade de armazenamento de água nos aquíferos e conseqüentemente menor capacidade de garantir o escoamento de base nos períodos de estiagem.

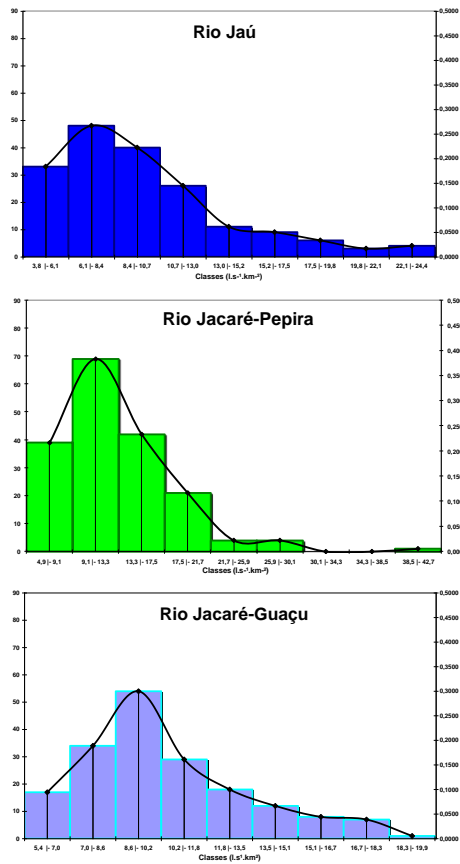
Os histogramas das vazões médias mensais mostram maior concentração no primeiro intervalo para os Rios Jaú e Jacaré-Pepira e no segundo intervalo para o Rio Jacaré-Guaçu, com freqüências relativas de 0,39, 0,44 e 0,36 respectivamente. Os rios apresentam a maior parte das ocorrências de vazões médias mensais nos três primeiros intervalos. O Rio Jaú não apresentou ocorrências em um intervalo, o Rio Jacaré-Pepira em dois intervalos e o Rio Jacaré-Guaçu em três intervalos. Esta característica parece indicar um aumento rápido da vazão dos rios em períodos de índices de precipitação elevados.

Os histogramas das vazões máximas mensais mostram maior concentração no primeiro intervalo para os Rios Jaú e Jacaré-Pepira e no segundo intervalo para o Rio Jacaré-Guaçu, com freqüências relativas de 0,21, 0,46 e 0,39 respectivamente. O Rio Jaú teve ocorrência em todos os intervalos. Os Rios Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu não apresentaram ocorrências em um intervalo.

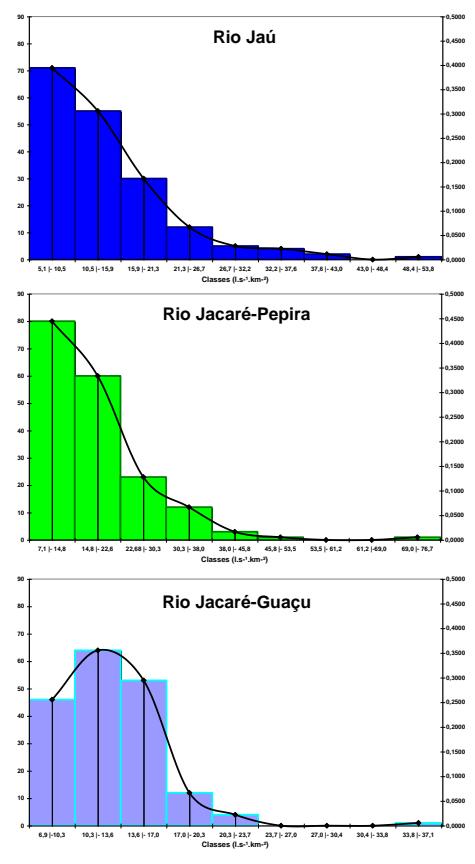
A diferença entre os valores da freqüência relativa dos Rios Jaú e Jacaré-Pepira no intervalo de maior concentração e a distribuição das freqüências acumuladas parecem indicar uma menor capacidade de regularização natural na sub-bacia do Jaú, considerando as características de tamanho e forma semelhantes conforme apresentado no item 4.2.1.1.

A amplitude amostral da vazão média foi de  $48,7 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$  no Jaú,  $69,9 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$  no Jacaré-Pepira e  $30,2 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$  no Jacaré-Guaçu. A amplitude amostral da vazão máxima mensal foi de  $159 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$  no Jaú,  $117,1 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$  no Jacaré-Pepira e  $40,2 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$  no Jacaré-Guaçu. A Figura 19 mostra os histogramas das vazões específicas mínimas, médias e máximas mensais, de 1984 a 1998, dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu

VAZÕES MÍNIMAS MENSAIS



VAZÕES MÉDIAS MENSAIS



VAZÕES MÁXIMAS MENSAIS

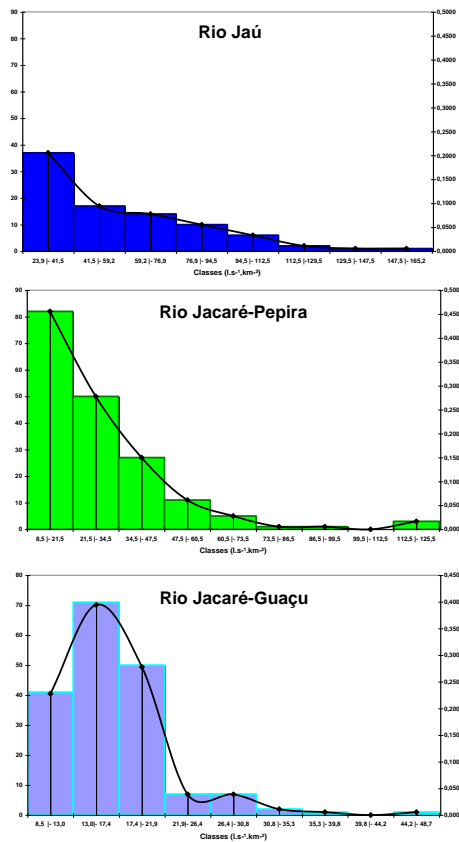


Figura 19: Histogramas das vazões específicas mínimas, médias e máximas mensais de 1984 a 1998 dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu



#### **4.1.7 Hidroperíodo dos Rios Jaú; Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu.**

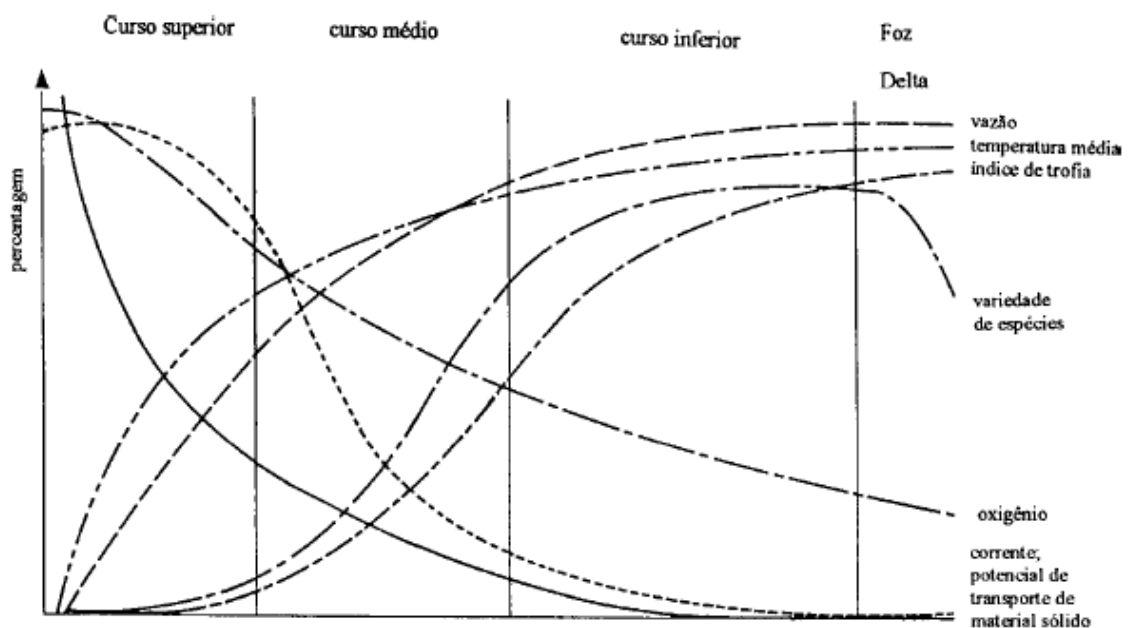
A importância das vazões na ecologia de rios está consolidada em vários trabalhos, desde o conceito de divisão longitudinal dos rios até a hipótese da dinâmica de rede (ILLIES, 1961, apud JUNK e WANTZEN, 2004; FITTKAU, 1976, apud SCHÄFER, 1984; VANNOTE et al., 1980; NEIFF, 1990; BENDA et al., 2004). Houve, entretanto, algumas décadas entre o surgimento da ecologia de ecossistemas e o surgimento da primeira teoria ecossistêmica de rios.

O fato dos estudos ecossistêmicos serem centrados inicialmente em áreas homogêneas, como florestas e lagos, onde os processos de produção, consumo e decomposição são orientados segundo um eixo vertical, dificultou sua aplicação nos rios, visto que eles não seguem esta regra por serem sistemas de fluxo (CRUZ, 2005). A percepção dos rios como heterogêneos, no sentido longitudinal, surgiu apenas na década de 1960 e a compreensão de que a divisão longitudinal dos rios em zonas ou trechos com características e funções ecossistêmicas diferentes aparece na década de 70 (SCHÄFER, 1984).

Os rios foram definidos como seqüências de ecossistemas apenas em 1976 por Fittkau (apud Schäfer, 1984) que apresentou uma proposta de zoneamento através da separação espacial e funcional de produção, consumo e decomposição das zonas Crenal (região de fontes), Ritral (região de arroios) e Potamal (região de rio). A primeira teoria ecológica de rios que procurou descrever a estrutura e função das comunidades aquáticas ao longo do curso do rio, integrando as diversas escalas de análise dos rios foi o “Conceito do Rio Contínuo” (VANNOTE et al., 1980).

A hipótese do rio contínuo prevê um ajuste gradual dos seres vivos e dos processos ecossistêmicos de acordo com a perspectiva de mudanças graduais que ocorrem entre a cabeceira e a foz de um curso d'água. Esta variação explica porque as diferenças bióticas observadas entre as zonas de um rio podem ser maiores do que as diferenças encontradas em zonas homólogas de rios distintos (WELLCOME, 1985).

Podem-se verificar poças e pequenos remansos, entremeados por pequenas corredeiras e cachoeiras nos trechos iniciais. Já nos trechos inferiores surge a planície de inundação com outros tipos de habitats tais como a calha principal, as lagoas marginais e as várzeas, entre outros. À medida que o fluxo se desloca para os trechos inferiores da bacia, suas dimensões aumentam devido ao acúmulo de água das áreas superiores (BARRELA et al, 2001). Os componentes bióticos e abióticos, bem como as variáveis hidrológicas, limnológicas e ecológicas de um rio são diferentes para cada trecho do curso d'água, conforme ilustra a Figura 20. (BINDER, 1998).



**Figura 20:** Comportamento das variáveis hidrológicas, limnológicas e ecológicas de um rio da cabeceira à foz (Fonte: Binder, 1998)

A teoria “Conceito de Rio Contínuo”, apesar de reconhecida, enfatiza as características geomorfológicas, não considerando de forma consistente as características hidrológicas, principalmente aquelas relacionadas às variações causadas pela sazonalidade. Junk et al (1989) propuseram o “Conceito do Pulso de Fluxo” que considera também os aspectos hidrológicos, com a produção de picos de inundação e secas com diferentes amplitudes e períodos ao longo da bacia hidrográfica. Este trabalho fundamentou uma série de trabalhos posteriores que gradativamente vem construindo a ecologia de rios como uma disciplina científica, embora ainda nas fases iniciais de desenvolvimento metodológico e teste de hipóteses.

Bretschko (1995) constatou que a zonação longitudinal prevista na hipótese do rio contínuo raramente é vista na natureza e propôs a incorporação da Ecologia de Paisagens, para uma atualização da hipótese do rio contínuo. A proposta foi caracterizar as diferentes zonas do rio em função da distribuição relativa de manchas de habitats que apresentavam as características de cada trecho original da hipótese do rio contínuo.

Os padrões associados às variações de vazão e seus efeitos no tempo de existência das manchas incorporariam, assim, uma estrutura para a heterogeneidade de habitats nos rios, ou seja, o rio se comportaria como um contínuo na escala do rio inteiro e como um descontínuo na escala de cada trecho, incorporando os conceitos de heterogeneidade, perturbação estocástica e hierarquia de escalas na ecologia de rios. Estes estudos resultaram na visão de rios como paisagens ou “riverscapes” (WARD et al. 2002, apud BENDA et al., 2004, apud CRUZ, 2005).

A teoria do rio contínuo marca a transição dos estudos ecológicos de sistemas homogêneos para o estudo de sistemas heterogêneos, com ênfase no surgimento da ecologia de paisagem. A partir daí, constitui-se a base necessária para o desenvolvimento da ecologia de rios, considerando a heterogeneidade espacial e temporal dos rios permitindo o surgimento dos primeiros métodos holísticos, com a heterogeneidade temporal como resposta do sistema para o regime de perturbações e a dinâmica de redes (CRUZ, 2005).

Neiff (1990) estudando o funcionamento e a estrutura do regime de perturbações ou regime de pulsos de rios com planícies de inundação caracterizou a dinâmica de pulsos através de atributos hidrológicos definidos na função  $f$  FITRAS, abreviação de frequência, intensidade, tensão, recorrência, amplitude e estacionalidade (Tabela 15). Estes atributos apresentam as dimensões temporais, relacionadas ao comportamento histórico dos atributos frequência, recorrência e estacionalidade e espaciais, determinadas pelos efeitos do pulso na planície de inundação: amplitude, intensidade e tensão (SCHNACK et al., 1995).

**Tabela 15:** Atributos da função FITRAS (Adaptado de NEIFF et al 2005)

<b>AMPLITUDE (Duração)</b>	Tempo que o rio permanece em uma fase de cheia ou seca de determinada magnitude.
<b>INTENSIDADE</b>	Magnitude alcançada por uma fase de cheia ou de seca. Medida por cota ou por vazão.
<b>TENSÃO</b>	Desvio padrão desde as medias máximas ou médias mínimas de uma curva de flutuação de um rio.
<b>FREQUÊNCIA</b>	Número de vezes que um determinado fenômeno ocorre por unidade de tempo.
<b>RECORRÊNCIA (Frequência relativa)</b>	Probabilidade estatística de um evento de cheia ou seca de determinada magnitude ocorrer.
<b>ESTACIONALIDADE</b>	Tempo de duração das fases de cheia e seca. Influencia o ciclo de vida de todos os organismos.

O regime de pulsos é constituído por um padrão de variabilidade de fases em determinados tempo e espaço, formando um modelo sinusoidal que resulta da curva fluviométrica a partir da introdução de um nível de referência que é normalmente a cota de inundação ou nível de extravasamento do canal do rio. Os valores abaixo deste nível ou vazão são considerados negativos e constituem o período seco ou limnofase. Os valores da curva localizados acima do nível de referência são considerados positivos e definem o período de cheias ou potamofase (CASCO, NEIFF e NEIFF, 2005).

Durante a potamofase ocorrem fluxos horizontais de água, sedimentos e organismos do curso d'água para as áreas laterais das margens na enchente e fluxos destas áreas para o curso do rio na vazante. Os pulsos controlam uma série de processos ecológicos nas margens, nos ecótonos e na planície de inundação. Os diferentes níveis de vazão de um rio condicionam funções ecológicas distintas (POSTEL e RICHTER, 2003). A Tabela 16 apresenta alguns dos processos controlados pelo pulso de rios com planície de inundação, a fase de ocorrência e o atributo modificador em associação positiva (+) ou negativa (-).

**Tabela 16:** Processos ecológicos controlados pelo pulso dos rios com planície de inundação (Adaptado de CASCO, NEIFF e NEIFF, 2005)

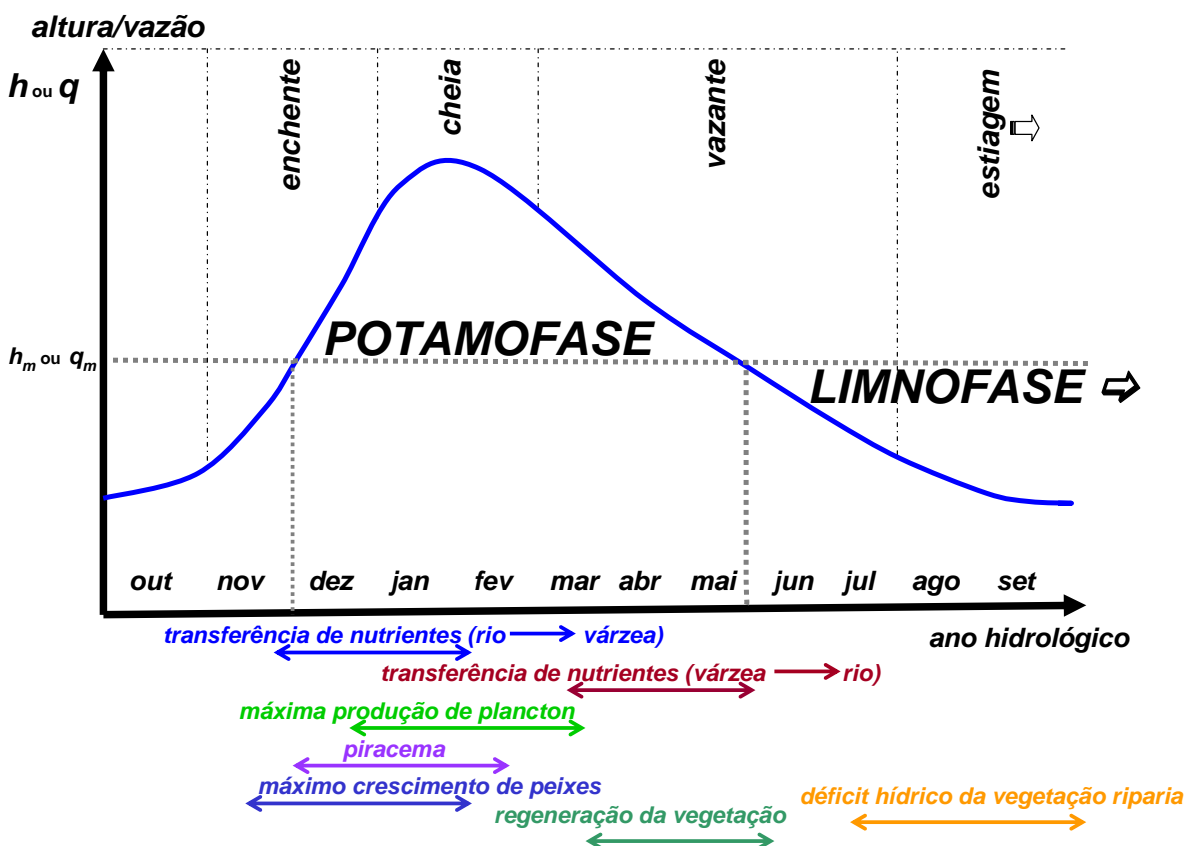
Processos controlados pelo rio	Fase		Atributo modificador				
	LIMNOFASE	POTAMOFASE	AMPLITUDE	INTENSIDADE	TENSÃO	FREQUÊNCIA	ESTACIONALIDADE
Acumulação de serapilheira			+	+		+	
Aparecimento de falhas na vegetação			+	+	+		
Arraste de material orgânico				+		+	
Atenuação da velocidade de inundação				-	+		
Colonização de sedimentos expostos por vegetação arbórea			+		+		
Concentração de presas para predadores			+				+
Crescimento de grandes árvores				-		+	
Depósito de cascalho, matacões e blocos para desova			+	+			
Depósito de nutrientes na planície de inundação			+	+			
Desenvolvimnto de raízes tabulares			+		+		
Desenvolvimento de gramíneas			+	-		+	
Diferenciação de paisagens			+	+	+		
Dispersão de sementes e frutos				+		+	
Eliminação de poluentes e resíduos				+			-
Eliminação de vegetais invasores							
Germinação			-	-		-	
Incremento da concentração de nutrientes no solo da planície			+			+	
Manutenção da diversidade da vegetação ripária							
Manutenção da temperatura da água, O <sub>2</sub> dissolvido e nutrientes				-			+
Manutenção do nível do lençol freático nas margens							+
Movimentação lateral do rio (canais secundários e lagoas marginais)				+			
Mudanças na distribuição da mastofauna				-	+	+	+
Piracema (migração e desova de peixes)			+	+			+
Incidência de vegetação ripária no canal			-	-			
Produção de biomassa radicular				-		+	
Produção de frutos			+	-		+	
Produção de sementes e frutos			-	-		+	
Produção de raízes adventícias			+	+			
Produção de raízes gemíferas			+	-	+		
Queda de folhas			+				
Riqueza de espécies			-		+	+	
Riqueza da avifauna e da fauna de primatas			+	-		+	+
Riqueza da fauna edáfica			+		-	+	+
Transporte e escarificação de sementes e frutos			+	+			

As características dos pulsos de um rio dependem da área e forma da bacia drenada pelo rio e da topografia das margens. No curso superior, o pequeno volume do rio, associado à pequena área drenada, geralmente produz variações no nível de água diárias durante os períodos de cheia de seca devido à menor capacidade de regularização natural do sistema (TUCCI, 1993). No trecho inferior do rio, a medida que aumenta a área de drenagem, aumenta a vazão do

rio e amplificam-se suas variações sazonais entre os períodos chuvosos e secos, porém com menores variações diárias durante cada período.

A Figura 21 apresenta o hidroperíodo e as etapas do pulso (períodos hidrológicos) dos rios da UGRHI – TJ, conforme considerado no trabalho, onde  $h_m$  ou  $q_m$  (altura média ou vazão média) foi determinado como o limite entre os tempos distintos de potamofase (cheia ou acima da vazão média no leito menor) e limnofase (estiagem ou abaixo da vazão média leito menor).

Além disso, a Figura 21 ilustra a relação hipotética da vazão ( $q$ ) ou altura ( $h$ ) com alguns processos ecológicos do ecossistema aquático e de transição; considerando o início do ano hidrológico no mês de outubro, início da estação chuvosa e o final em setembro, fim do período de estiagem e a predominância de dias acima ou abaixo vazão média.



**Figura 21:** Pulso hidrológico (hidroperíodo) e sua relação hipotética com os principais processos ecológicos de um rio (Adaptado de Junk et al, 1989 e Bittencourt, Amadio, 2007).

Os rios estão permanentemente sujeitos à ocorrência de modificações no seu curso natural. As possibilidades de ocorrências de modificações naturais dos cursos d'água são fortemente limitadas em rios com vazão regularizada, retificados e mantidos por obras hidráulicas, pois estas alterações impedem a renovação natural dos núcleos biológicos, das estruturas e das condições específicas da biota de voltarem, limitando a resiliência do sistema.

Para os ecossistemas da planície de inundação, a regularização de vazões, por exemplo, pode resultar na degradação de um rio muito mais do que uma cheia ou seca extrema (CRUZ, 2005). Binder (1998) estudando os efeitos da retificação de rios na Europa com o objetivo de proteger zonas urbanas, vias de transporte e terras agrícolas contra as enchentes, concluiu que estas obras fluviais tinham impactos negativos, especialmente em relação a biota dos rios e das baixadas. Ele constatou ainda que a redução do comprimento do curso do rio e a uniformização da seção de vazão aumentam a velocidade do fluxo fluvial e conseqüentemente a erosão e o assoreamento a jusante, exigindo obras de vulto para manter o leito do rio retificado.

A engenharia fluvial e hidráulica tem geralmente como estratégia a retificação e a regularização da vazão de rios e córregos. A retificação tem como objetivo dirigir as vazões para jusante pelo caminho mais curto e com a maior velocidade possível. A regularização tem a função de garantir a vazão necessária para o abastecimento das populações humanas. Do ponto de vista ecológico, este tipo de abordagem não assegura a preservação das funções ecossistêmicas do rio. Esta concepção trouxe graves conseqüências para os ecossistemas aquáticos, pois, além de não conseguir resolver os problemas das grandes enchentes, interrompe a relação entre o rio e a baixada inundável, contribuindo, por exemplo, para o desaparecimento de locais de desova para peixes (BINDER, 1998; SILVEIRA et al, 1998).

Um sistema auto-organizativo, como os sistemas fluviais, tem a propriedade de regularizar uma série de entradas ao azar e convertê-las em uma saída aproximadamente constante ou com flutuações aproximadamente regulares

(MARGALEF, 1977). Este processo de internalização de informação externa destes sistemas deve-se à capacidade do ecossistema de antecipar as mudanças do ambiente, através de adaptações relacionadas aos processos ecológicos e depende de um determinado grau de previsibilidade associada ao regime de perturbações representado pelo fluviograma (CRUZ et al, 1998).

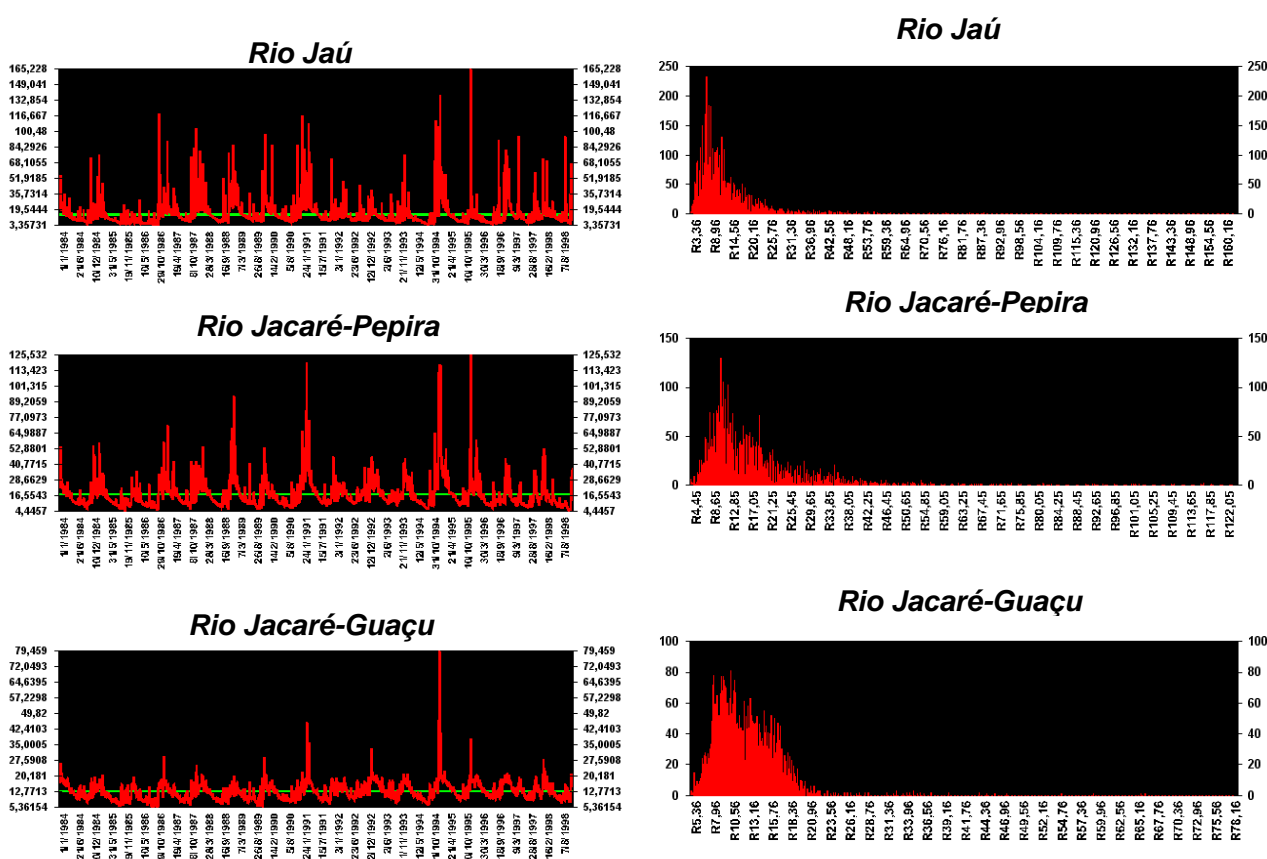
Fluviogramas mais regulares possuiriam, então, maior capacidade de seleção de caracteres que aumentam a adaptabilidade dos organismos e, portanto de todo o sistema fluvial, do que fluviogramas que são mais imprevisíveis, que tenderiam a responder mais na escala da paisagem, em termos de respostas sucessionais (CRUZ et al, 2007).

Os fluviogramas das vazões específicas diárias, elaborados pelo Software Pulso (NEIFF e NEIFF, 2003), mostram maior amplitude e maior variação da vazão nos Rio Jaú e Jacaré-Pepira em comparação ao Jacaré-Guaçu e conseqüentemente, apontam para a menor regularidade e menor previsibilidade dos pulsos do Rio Jaú em comparação aos Rios Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu,

O gráfico de dispersão das vazões diárias do Rio Jaú apresenta grande concentração nos valores iniciais, ou seja, nas menores vazões específicas, quando comparado aos Rios Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu, indicando a predominância de dias em baixa. A Figura 22 mostra à esquerda, os fluviogramas das vazões específicas diárias e a direita os gráficos de dispersão das vazões diárias dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira Jacaré-Guaçu.

A amplitude média ou duração média dos pulsos do Rio Jaú teve aproximadamente metade dos dias da amplitude dos Rios Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu. Já o número de pulsos (Frequência) e a recorrência foi duas vezes maior no Jaú. A intensidade média foi praticamente a mesma para o Jaú e o Jacaré-Pepira e menor para o Jacaré-Guaçu. A tensão máxima foi maior para o Jaú, intermediária para o Jacaré-Pepira e menor para o Jacaré-Guaçu.



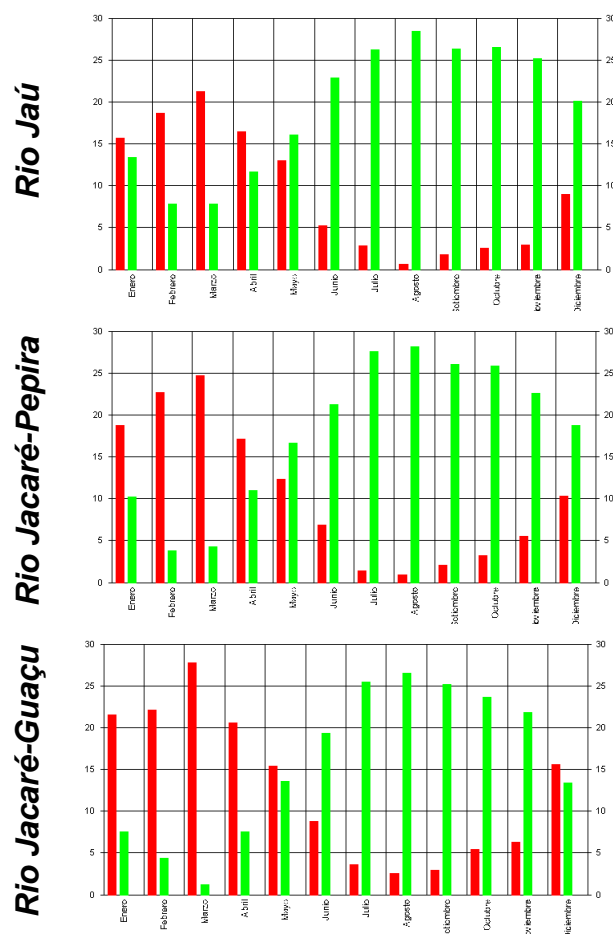


**Figura 22:** Fluviogramas e gráficos de dispersão das vazões específicas diárias de 1984 a 1998 dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira Jacaré-Guaçu a partir do Software Pulso.

Houve predominância de vazões em baixa (abaixo da média) nos três rios e o Jaú foi o que teve o maior número de dias em baixa. A estacionalidade da potamofase e da limnofase foi respectivamente de janeiro a abril (4 meses) e de maio a dezembro (8 meses) para os Rios Jaú e Jacaré-Pepira e de dezembro a maio (6 meses) e de junho a novembro (6 meses) para o Jacaré-Guaçu, no período estudado, conforme pode ser observado nos histogramas de freqüência apresentados na Figura 23.

Os resultados obtidos com a aplicação do Software Pulso mostram o fluviograma do Rio Jaú no período foi o mais instável e, portanto, com o pulso menos previsível, apresentando o maior número de pulsos, a maior tensão máxima, a menor amplitude média e a menor quantidade de dias em alta. A

Tabela 17 apresenta os resultados dos atributos dos pulsos dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu.



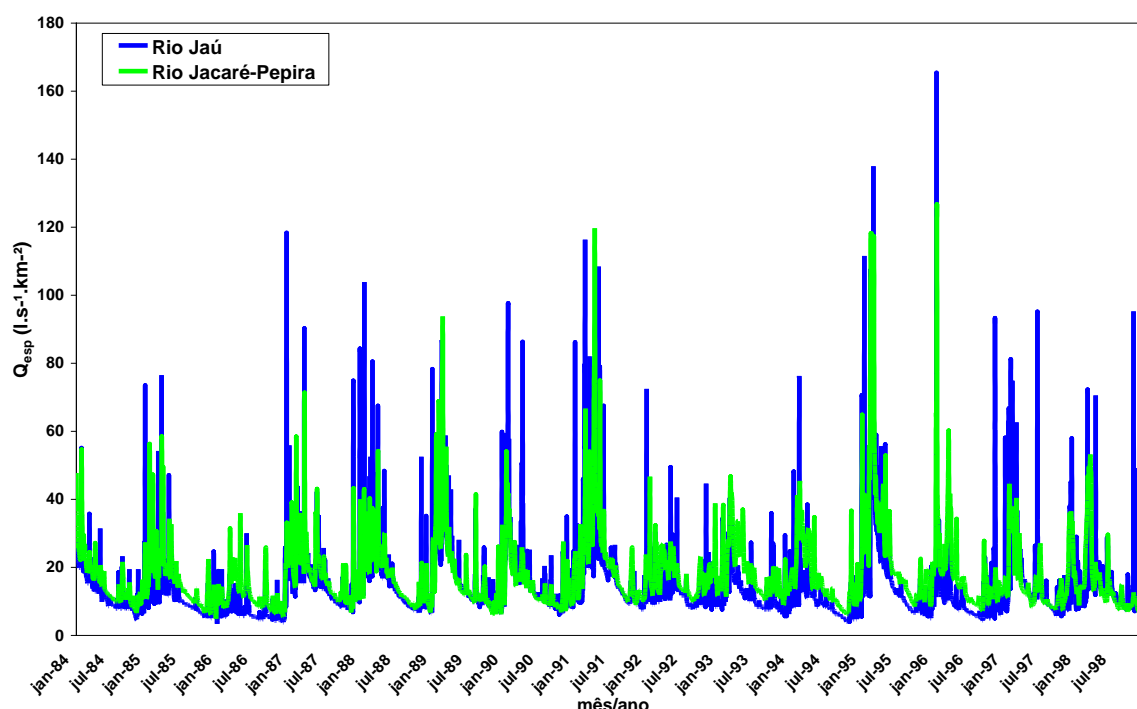
**Figura 23:** Histogramas de freqüências das vazões específicas diárias, de 1984 a 1998, dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira Jacaré-Guaçu a partir do Software Pulso.

**Tabela 17:** Atributos do hidroperíodo dos Rios Jaú, Jacaré-Pepira Jacaré-Guaçu de 1984 a 1998.

FUNÇÃO	Rio Jaú	Rio Jacaré-Pepira	Rio Jacaré-Guaçu
AMPLITUDE MÉDIA	23 dias	47 dias	42 dias
INTENSIDADE MÉDIA	15 $\text{l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$	15 $\text{l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$	9 $\text{l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$
MÁXIMO	165,23 $\text{l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$	125,53 $\text{l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$	79,46 $\text{l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$
MÍNIMO	3,36 $\text{l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$	4,45 $\text{l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$	5,36 $\text{l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$
TENSÃO MÁXIMA	29,65	19,25	5,38
FREQÜÊNCIA (N° DE PULSOS)	233	111	130
RECORRÊNCIA	0,0425	0,0203	0,0237
ESTACIONALIDADE POTAMOFASE	jan-abr	jan-abr	dez-mai
ESTACIONALIDADE LIMNOFASE	mai-dez	mai-dez	jun-nov
Dias em alta	1759 dias (32 %)	2017 dias (37 %)	2445 dias (45 %)
Dias em Baixa	3720 dias (68 %)	3462 dias (63 %)	3034 dias (55 %)

Os hidroperíodos dos Rios Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu apresentaram menores amplitudes, tensão, freqüência e recorrência indicando maior equilíbrio das flutuações dos fatores ambientais, principalmente no que diz respeito a previsibilidade nos leitos maiores e menores. Houve menor perturbação hidrológica no Jacaré-Pepira e no Jacaré-Guaçu em relação ao Jaú e, provavelmente condições mais favoráveis à renovação e ao funcionamento dos ecossistemas aquáticos e de transição do rio, à manutenção de sua estrutura, de suas principais funções ecológicas e da resiliência do sistema.

Considerando a semelhança dos índices de precipitação nas três sub-bacias e tendo em vista que a sub-bacia do Jacaré-Guaçu é de outra ordem de grandeza, esperava-se que suas características e indicadores hidrológicos fossem distintos, ao passo que para o Jaú e Jacaré-Pepira eram esperados comportamentos hidrológicos semelhantes. Os resultados, entretanto apontam para maiores semelhanças entre o Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu. A sobreposição das vazões específicas diárias dos Rios Jaú e Jacaré-Pepira, por exemplo, mostram predominância das menores vazões e da maior amplitude dos pulsos do Jaú conforme pode ser observado na Figura 24.



**Figura 24:** Vazões específicas ( $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$  de bacia) Rios Jaú e Jacaré-Pepira de 1984 a 1998.

Os pulsos do Rio Boa Esperança foram semelhantes em todos os aspectos nos três períodos analisados, conforme pode ser observado na Tabela 18. Os valores médios e totais de 15 anos apresentaram amplitude média menor que a do Jaú, intensidade média próxima as do Jaú e do Jacaré-Pepira, tensão máxima menor e número de pulsos maior que o Jaú. Além disso, a estacionalidade da potamofase foi de apenas 3 meses (janeiro a março).

**Tabela 18:** Atributos do hidroperíodo do Boa Esperança de 1983 a 1988, 1993 a 1998 e 2003 a 2008.

FUNÇÃO	Rio Boa Esperança			
	1983-1988	1993-1998	2003-2008	15 anos
AMPLITUDE MÉDIA	17 dias	15 dias	18 dias	17 dias
INTENSIDADE MÉDIA	13 l.s <sup>-1</sup> .km <sup>2</sup>	15 l.s <sup>-1</sup> .km <sup>2</sup>	12 l.s <sup>-1</sup> .km <sup>2</sup>	13 l.s <sup>-1</sup> .km <sup>2</sup>
MÁXIMO	104,04 l.s <sup>-1</sup> .km <sup>2</sup>	130,79 l.s <sup>-1</sup> .km <sup>2</sup>	94,27 l.s <sup>-1</sup> .km <sup>2</sup>	130,79 l.s <sup>-1</sup> .km <sup>2</sup>
MÍNIMO	5,85 l.s <sup>-1</sup> .km <sup>2</sup>	5,78 l.s <sup>-1</sup> .km <sup>2</sup>	5,51 l.s <sup>-1</sup> .km <sup>2</sup>	5,51 l.s <sup>-1</sup> .km <sup>2</sup>
TENSÃO MÁXIMA	23,87	24,79	19,66	22,77
FREQÜÊNCIA (Nº DE PULSOS)	99	119	99	317
RECORRÊNCIA	0,0542	0,0652	0,0542	0,0578
ESTACIONALIDADE POTAMOFASE	jan-mar	jan-mar	jan-mar	jan-mar
ESTACIONALIDADE LIMNOFASE	abr-dez	abr-dez	abr-dez	abr-dez
Dias em alta	570 dias	493 dias	493 dias	1556 dias (28 %)
Dias em Baixa	1257 dias	1333 dias	493 dias	3924 dias (72 %)

A maior freqüência e menor amplitude dos pulsos do Rio Jaú quando comparadas ao Jacaré-Pepira podem indicar menor capacidade de armazenamento e de regularização natural da bacia. O hidroperíodo do Jaú responde com maior rapidez aos eventos de precipitação, aumentando e diminuindo a sua vazão em curto intervalo de tempo. Esta característica pode ser observada nas Figuras 25 e 26, que apresentam respectivamente o hidroperíodo médio de 1984 a 1998 e os hidroperíodos de 01 de outubro de 1984 a 30 de setembro de 1985, 01 de outubro de 1992 a 30 de setembro de 1993 e 01 de outubro de 1997 a 30 de setembro de 1998 dos Rios Jaú e Jacaré-Pepira.

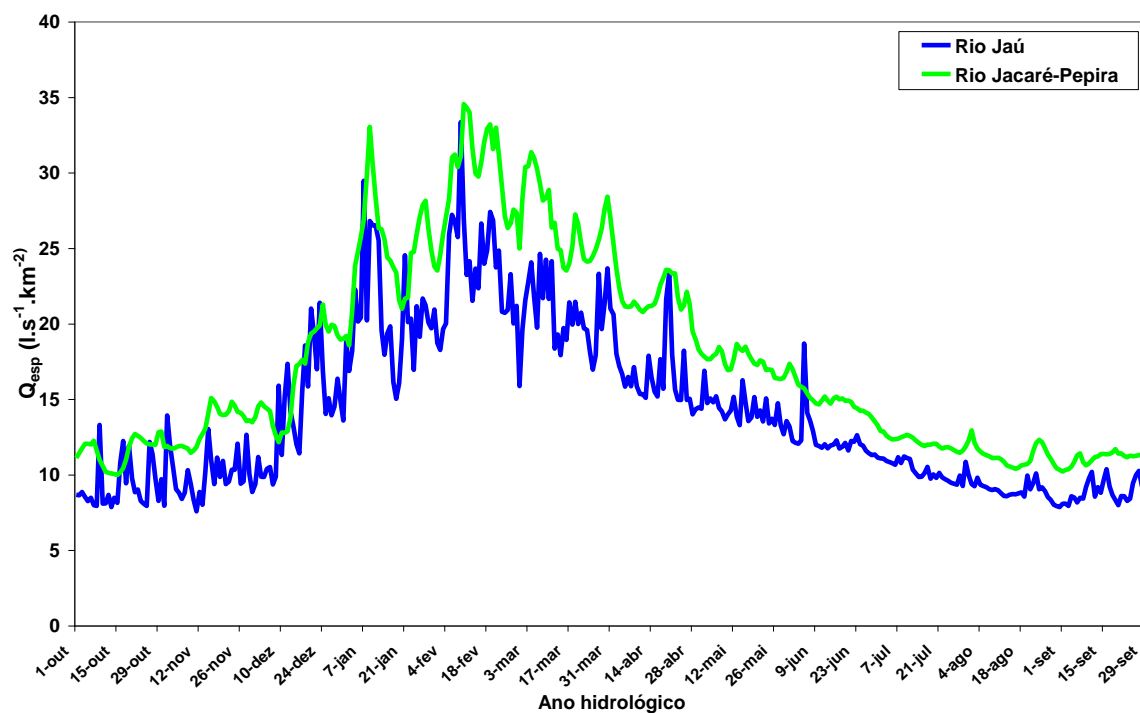


Figura 25: Hidroperíodo médio de 1984 a 1998 dos Rios Jaú e Jacaré-Pepira.

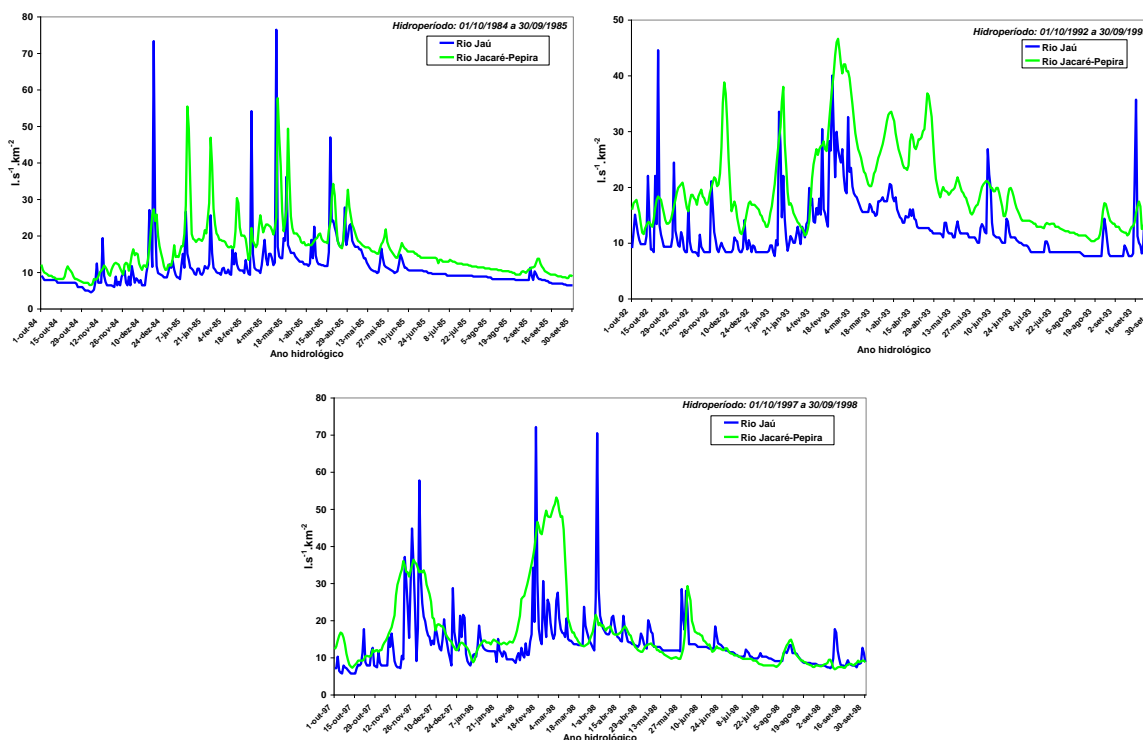
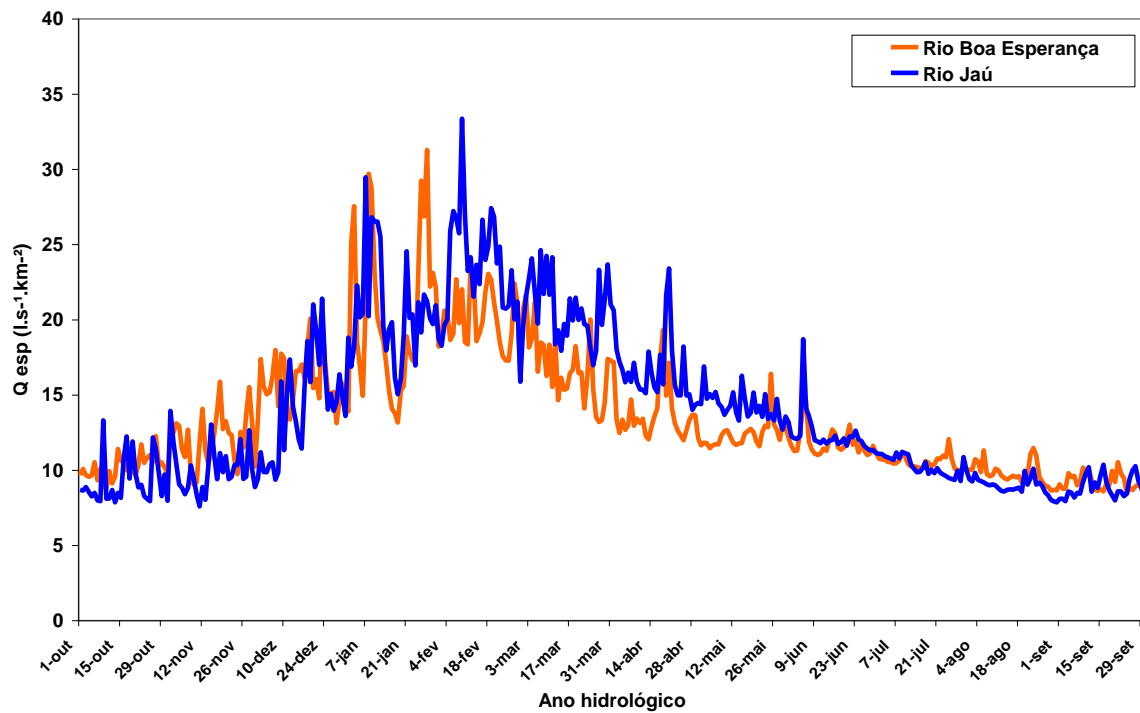


Figura 26: Hidroperíodos de 01/10/1984 a 30/09/1985; de 01/10/1992 a 30/09/1993 e de 01/10/1997 a 30/09/1998 dos Rios Jaú e Jacaré-Pepira.

O hidroperíodo médio do Rio Jaú no período estudado foi semelhante ao hidroperíodo médio do Rio Boa Esperança. O tempo da série analisada para os rios é o mesmo embora os períodos não sejam exatamente coincidentes. Apesar das semelhanças, o Rio Boa Esperança apresentou, em média vazões específicas maiores na estiagem e menores na época de chuvas intensas quando comparado ao Rio Jaú, conforme pode ser observado na Figura 27.



**Figura 27:** Hidroperíodo médio do Rio Jaú (1984 a 1998) e do Rio Boa Esperança (1983-1988; 1993-1998 e 2003-2008)

## **4.2 ANÁLISE AMBIENTAL**

### **4.2.1 Avaliação comparativa e qualitativa das relações causais entre componentes ambientais e aspectos ambientais das Bacias com o pulso dos Rios**

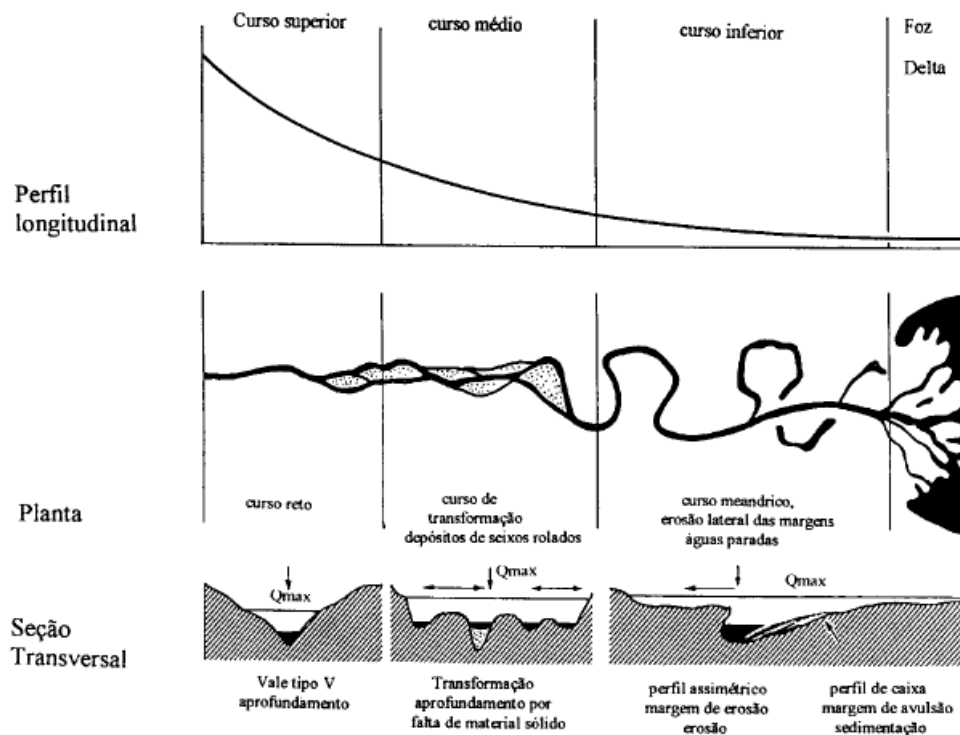
As diferenças no pulso de rios de uma mesma região podem ser provocadas por uma série de fatores naturais e/ou antrópicos. Os fatores naturais são aqueles decorrentes das variações climáticas locais e das características físicas, geológicas, geomorfológicas e pedológicas das bacias. Estes fatores são denominados componentes ambientais. Os fatores antrópicos, ou decorrentes da ação humana, são denominados aspectos ambientais (SÁNCHEZ, 2006). Os componentes ambientais que mais influenciam as características das vazões de um rio são: a forma da bacia; a altura, intensidade e frequência da precipitação; as declividades e os tipos de solo da bacia. Quanto aos aspectos ambientais os mais relevantes são os usos da terra e os usos consuntivos da água.

#### **4.2.1.1 Componentes ambientais**

O tamanho da bacia e a sua forma influenciam as características de escoamento dos rios. De acordo com Hewlett, Hibbert (1967) e Lima (1986) o deflúvio de uma bacia hidrográfica pode ser considerado como o produto residual do ciclo hidrológico e é influenciado por três grandes grupos de fatores: clima, fisiografia e uso do solo. Esses três grupos de fatores, no conjunto, operam no sentido de fazer com que o comportamento hidrológico de bacias menores seja diferente quando comparados às grandes bacias.

Os rios também se modificam ao longo da bacia de drenagem. Os riachos de cabeceira são rasos, com fundo arenoso ou pedregoso, devido à maior declividade destas áreas, que impõe forte correnteza da água, promovendo a lavagem contínua do substrato do fundo. Normalmente são águas frias e bem oxigenadas. Conforme a água avança rio abaixo, os terrenos tornam-se menos inclinados, diminuindo a velocidade do fluxo fluvial.

O rio fica então mais sinuoso, profundo e volumoso. Aumenta a quantidade de partículas carreadas para seu interior tornando a água mais turva. A diminuição da correnteza e o aumento da quantidade de partículas permitem a deposição de partículas de silte e argila, aumentando a sedimentação e tornando o leito do rio lodoso (BARRELA et al, 2001). A Figura 28 ilustra a variação do perfil longitudinal, da planta e da seção transversal de um rio de um rio da cabeceira à foz.



**Figura 28:** Perfil longitudinal, planta e seção transversal de um rio da cabeceira a foz (Fonte: Binder, 1998)

Os postos fluviométricos dos Rios Jaú, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança encontram-se no curso médio do curso do rio, enquanto o posto do Rio Jacaré-Pepira está localizado no curso superior. O posto localizado no Rio Jacaré-Guaçu apresenta a maior área de drenagem e conseqüentemente as maiores distância e desnível em relação à nascente e a menor declividade média. A Tabela 19 mostra a distância e o desnível de cada posto fluviométrico em relação a nascente e a declividade média do rio no trecho.



**Tabela 19:** Postos fluviométricos: Área de drenagem, distância e desnível da nascente e declividade média do rio no trecho

Rio	Posto Fluviométrico Código DAEE	Área de drenagem	Distância da nascente (km)	Desnível até a nascente (m)	Declividade média do rio no trecho (m / km)
Jaú	5 D - 029	417 km <sup>2</sup>	42,41	320	7,55
Jacaré-Pepira	5 D - 028	442 km <sup>2</sup>	35,36	340	9,61
Jacaré-Guaçu	5 C - 013	1867 km <sup>2</sup>	86,21	540	6,26
Boa Esperança	5 C - 027	190 km <sup>2</sup>	23,67	250	10,56

Em relação à forma, bacias mais alongadas possuem maior tempo de concentração e por isso bacias mais compactas tendem a ter maior escoamento superficial sob as mesmas condições de precipitação. A Tabela 20 mostra, em valores aproximados, a área total, o perímetro e os valores do coeficiente de compacidade (**Kc**) e do índice de circularidade (**Ic**) de cada bacia hidrográfica.

**Tabela 20:** Bacias do Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança: área, perímetro, coeficiente de compacidade (**Kc**) e índice de circularidade (**Ic**)

Bacia	Área (km <sup>2</sup> )	Perímetro (km)	Kc	Ic
Rio Jaú	752	171	1,75	0,32
Rio Jacaré-Pepira	2572	349	1,93	0,27
Rio Jacaré-Guaçu	4057	398	1,75	0,32
Rio Boa Esperança	393	115	1,62	0,38

Do ponto de vista da hidrologia a classificação de bacias hidrográficas em grandes e pequenas não é vista apenas pela superfície total. Certos fatores dominantes na geração do deflúvio, como por exemplo, uma grande sensibilidade às chuvas de alta intensidade e ao uso do solo (cobertura vegetal), implicam em maiores alterações na quantidade e na qualidade da água em pequenas bacias quando comparadas as grandes bacias (LIMA e ZAKIA, 2000).

Os valores de **Kc** e **Ic** indicam que as bacias possuem formas alongadas. Os valores mostram ainda a similaridade no formato das bacias. A forma das bacias não poderia explicar, portanto, o comportamento diferente nos padrões de escoamento dos rios. Quanto ao tamanho, tendo em vista a maior área de drenagem do posto localizado na Bacia do Rio Jacaré-Guaçu e a menor área de

drenagem do Rio Boa Esperança, espera-se um comportamento diferenciado destes rios em comparação aos Rios Jaú e Jacaré-Pepira. Esses dois últimos, considerando, o tamanho e a forma da bacia, deveriam ter comportamentos semelhantes tendo em vista que suas áreas de drenagem são da mesma ordem de grandeza, e ainda, as semelhanças entre o índice de circularidade e o coeficiente de compacidade das sub-bacias.

A Tabela 21 mostra a área, o perímetro, o coeficiente de compacidade (**Kc**) e o índice de circularidade (**Ic**) das sub-bacias ou as áreas de drenagem a montante dos postos fluviométricos localizados nos Rios Jaú, Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Boa Esperança.

**Tabela 21:** Bacias do Médio Jaú, Alto Jacaré-Pepira, Médio Jacaré-Guaçu e Médio Boa Esperança: área, perímetro, coeficiente de compacidade (Kc) e índice de circularidade (Ic)

Sub-bacia	Área (km <sup>2</sup> )	Perímetro (km)	Kc	Ic
Rio Jaú	417	104	1,43	0,48
Rio Jacaré-Pepira	442	112	1,49	0,44
Rio Jacaré-Guaçu	1867	239	1,55	0,41
Rio Boa Esperança	190	67	1,36	0,53

O regime de precipitações é o componente ambiental que vai determinar várias características dos processos de escoamento em uma bacia hidrográfica. A precipitação pode chegar ao rio através de caminhos bastante diferenciados tais como a precipitação direta sobre o rio, o escoamento superficial, o escoamento sub-superficial próximo à superfície e o escoamento profundo subterrâneo (DUNNE, 1978 apud MENDIONDO e TUCCI, 1997). O escoamento superficial chega mais rápido aos rios e é de magnitude muito superior aos demais, entretanto em climas úmidos e com solos permeáveis o escoamento sub-superficial ou de base é aquele que mantém as vazões do rio, uma vez finalizado o escoamento rápido imediatamente após a chuva.

A frequência e a magnitude do escoamento das chuvas são controladas pela capacidade de infiltração, que é condicionada pela permeabilidade e pelas

condições de umidade do solo. A presença de áreas saturadas gera escoamento no sentido da declividade (MENDIONDO e TUCCI, 1997). Além do clima (características das precipitações) e do solo (tipo e condição inicial de umidade), a topografia exerce uma influência importante nos processos de geração de escoamento em uma bacia hidrográfica.

O relevo de uma bacia tem grande influência sobre os fatores meteorológicos e hidrológicos, pois a velocidade do escoamento superficial, e conseqüentemente o tempo de concentração, são determinados pela declividade do terreno. A variação da altitude e a elevação média de uma bacia são importantes pela influência que exercem sobre a precipitação, sobre as perdas de água por evaporação e transpiração e, conseqüentemente, sobre o deflúvio médio (TONELLO, 2005).

Áreas com maior declividade, normalmente associadas a solos com gradiente textural, por exemplo, tendem a gerar maior escoamento superficial sob as mesmas condições de umidade inicial e de precipitação que áreas mais planas e de solos arenosos (SILVA, SCHULZ e CAMARGO, 2004). Considerando que a penetração de água no solo é inversamente proporcional à declividade (BERTOLINI et al., 1994) pode-se estabelecer uma associação positiva (+) entre o aumento de declividade e a vazão máxima e média, ou seja, áreas com declividade mais alta tendem a ter um percentual maior da precipitação transformado em escoamento superficial (coeficiente de escoamento) e, portanto, maiores as vazões.

A associação da declividade com a vazão mínima é negativa (-). Áreas com declividades menores, desde que o solo seja permeável, tendem a ter percentual maior da parcela da precipitação que infiltrará no solo, aumentando desta forma os escoamentos sub-superficial e subterrâneo e conseqüentemente garantindo maiores vazões mínimas na estiagem.

Quanto ao tipo de solo, a textura é o principal condicionante da capacidade e da taxa de infiltração. Solos arenosos possuem condutividade hidráulica

maiores quando saturados que solos argilosos, que por sua vez podem ter maior condutividade hidráulica quando ambos estão num estado não saturado. Solos arenosos, embora saturem com um teor de umidade menor, conduzem mais água, já que contém maior quantidade de macroporos (TUCCI, 1993).

Os solos podem ser classificados quanto a permeabilidade da camada sub-superficial em rápida (solos arenosos e de textura média como os neossolos quartzarênicos e os latossolos vermelho-amarelos), moderada (solos argilosos como os latossolos vermelhos e nitossolos) e lenta (solos com gradiente textural como os argissolos vermelho-amarelos). Os latossolos vermelhos, apesar de argilosos e da permeabilidade moderada, são solos que geralmente não apresentam restrições quanto a drenagem (BERTOLINI et al., 1994).

Não obstante a maior erodibilidade natural dos solos arenosos em relação aos argilosos, pode-se estabelecer uma associação positiva (+) entre a predominância ou maior percentual de solos arenosos e de textura média na bacia e a vazão mínima, pois as características de permeabilidade destes solos tendem a aumentar os escoamentos sub-superficial e subterrâneo, abastecendo os aquíferos e garantindo maiores vazões mínimas na estiagem. Esta associação é a mesma com os latossolos vermelhos. A associação com as vazões máxima, por sua vez, é negativa (-), tendo em vista a diminuição do escoamento superficial e a associação com a vazão média tende a ser neutra (0).

Com o objetivo de proceder a comparação entre as bacias adotou-se a para os solos argilosos (permeabilidade moderada), exceto os latossolos vermelhos, a associação negativa (-) com a vazão mínima e positiva (+) com as vazões máxima e média. Para os solos com gradiente textural (permeabilidade lenta) a associação adotada também negativa (-) para a vazão mínima e positiva (+) para a associação destes solos com as vazões máxima e média, tendo em vista que, sob as mesmas condições de umidade inicial, suas características dificultam a percolação de água em seu perfil, aumentando o escoamento superficial.

#### 4.2.1.2 Aspectos ambientais

Os usos da terra e a cobertura vegetal remanescente (mata ou cerrado) podem alterar significativamente o balanço hídrico em bacias hidrográficas. São vários os efeitos da vegetação que contribuem para minimizar o escoamento superficial: proteção direta contra o impacto das gotas de chuva, interceptação da água, decomposição das raízes das plantas que contribuem na infiltração, melhoria da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica e diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento da rugosidade e conseqüentemente do atrito na superfície do solo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985).

A mudança do regime de escoamento superficial e subterrâneo, como conseqüência do desmatamento e das diversas formas de uso da terra, é apontada como principal causa da aceleração dos processos erosivos nos solos e nos rios. No sistema fluvial em equilíbrio predominam a erosão no curso superior do rio, o transporte no curso médio e a deposição no curso inferior. A erosão natural nas vertentes e do canal fluvial processou-se em ritmo compatível com a formação do solo, garantindo dessa forma a evolução e o equilíbrio do sistema. Com as ações antrópicas, há uma aceleração da erosão dos interflúvios, atingindo as calhas dos rios, aumentando os depósitos e a instabilidade dos leitos fluviais (BORDAS e SEMMELMANN, 1993).

Latuf (2007) estudando a associação entre vazões máximas, médias e mínimas com a precipitação e os usos da terra propôs relações causais positivas, e negativas para as classes de uso de solo mata e cerrado; pastagens, agricultura, urbanização e reservatórios. Relações com associação positiva entre a variável e a vazão máxima, média ou mínima implicam em aumento da categoria de vazão envolvida na análise e negativas em diminuição.

Segundo o autor um maior índice de vegetação remanescente ou o aumento deste índice reduz as vazões máximas pelo aumento da interceptação e da rugosidade do solo, entre outros fatores, proporcionando aumento da

infiltração e redução do escoamento superficial, resultando, portanto, em associação negativa (-) entre vazão máxima e mata ou cerrado. Este aumento da infiltração permite concluir que bacias com maior índice de vegetação remanescente têm vazões mínimas maiores na estiagem, ou seja, a associação é positiva (+) entre vazão mínima e mata e cerrado. Em relação à vazão média, um maior índice de cobertura vegetal aumenta o consumo de água por evapotranspiração, resultando, portanto numa associação negativa (-).

Para os usos agrícolas a associação é positiva (+) para as vazões máxima e média, e negativa (-) para as vazões mínimas, devido a menor proteção do solo frente às precipitações, com diminuição da infiltração e aumento do escoamento superficial e da conseqüente deficiência da alimentação dos aquíferos. O uso do solo pastagem pode ter associações positivas (+) ou negativas (-) com as vazões máximas, médias e mínimas. A resposta às variações hidrológicas no caso das pastagens depende do manejo das mesmas. Quando manejadas adequadamente promovem boa cobertura do solo e por isso tem associação negativa (-) com as vazões média e máxima, e positiva com a vazão mínima (+). Estas relações são inversas em caso de pastagens compactadas ou em condições de pastoreio excessivo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990)

Borges et al (2005), por exemplo, estudando a permeabilidade dos solos na Bacia do Córrego Palmital na região de Jaboticabal (SP), observaram que a relação infiltração/deflúvio, além de depender da estrutura e do preparo do solo, da erosão e da declividade, está diretamente relacionada ao uso do solo. A capacidade de infiltração de água no solo é maior em solos sob mata nativa e normalmente menor em solos sob agricultura, entretanto, no estudo de caso o autor demonstrou que a permeabilidade das áreas cultivadas com cana de açúcar é maior que em áreas de pastagens antigas e degradadas. Diante do exposto a associação adotada neste trabalho para as pastagens foi igual a dos usos agrícolas, positiva (+) para a vazão máxima e negativa (-) para a vazão mínima.

A urbanização também tem associação positiva (+) para as vazões máxima e média, e negativa (-) para a vazão mínima. A impermeabilização do solo faz

com que as precipitações sejam convertidas em escoamento de forma rápida. Os reservatórios, por sua vez, possuem associação negativa (-) com a vazão máxima, ou seja, com o aumento da área de reservatórios em uma bacia hidrográfica, espera-se a redução das vazões máximas e com o aumento da regularização existe a tendência de aumentar a oferta de água em períodos mais secos e, portanto, a relação com as vazões médias e mínimas é positiva (+). A Tabela 22 resume as relações causais precipitação e usos da terra com as vazões máximas, médias e mínimas, precipitação e usos da terra.

**Tabela 22:** Relações causais entre precipitação e usos da terra com as vazões máximas, médias e mínimas (Adaptado de Latuf, 2007).

RELAÇÕES CAUSAIS	Vazão máxima	Vazão média	Vazão mínima
Precipitação	+	+	+
<b>CLASSES DE USO DO SOLO</b>			
Mata	-	-	+
Cerrado	-	-	+
Pastagem	+ -	+ -	+ -
Agricultura	+	+	-
Urbanização	+	+	-
Reservatórios	-	+	+

Os usos consuntivos da água, ou seja, aqueles onde ocorre perda entre a quantidade derivada ou captada de água e a quantidade que retorna ao curso d'água possuem associação negativa (-) com as vazões mínima, média e máxima. Os principais usos consuntivos são a irrigação, o abastecimento urbano e os usos industriais.

#### 4.2.2 Componentes ambientais e aspectos ambientais das Bacias dos Rios Jaú e Jacaré-Pepira e suas relações causais com os pulsos dos rios

A Tabela 23 mostra a distribuição das classes de declividade das bacias. As declividades Bacia do Alto Jacaré-Pepira foram estimadas por Costa (2005), em sua dissertação de mestrado que estudou a vulnerabilidade à erosão nesta bacia. A área objeto deste estudo baseou-se na delimitação das sub-bacias que estão inseridas total ou parcialmente no perímetro da APA (Área de Proteção

Ambiental) de Corumbataí entre os paralelos 22°10' e 22°35'S e os meridianos 47°50' e 48°20'W. Esta porção da Bacia possui aproximadamente 927 km<sup>2</sup>. As declividades da Bacia do Jaú foram estimadas por este estudo para a área total da bacia (752,25 km<sup>2</sup>), conforme pode ser observado no item 4.2.3.3 apresentado a seguir.

**Tabela 23:** Distribuição das classes de declividade das Bacias do Jaú e Alto Jacaré-Pepira

Classe de Declividade	Bacia do Jaú	Bacia do Jacaré-Pepira
0 a 6%	55,8%	62,8%
6 a 12%	34,2%	18,8%
> 12%	10,0%	18,4%

A Tabela 24 apresenta a distribuição dos tipos de solo nas bacias. Assim como as declividades, os tipos de solos da Bacia do Alto Jacaré-Pepira foram determinados por Costa (2005). Os tipos de solos da Bacia do Jaú também foram determinados para toda a Bacia, conforme descrito no parágrafo anterior.

**Tabela 24:** Distribuição dos principais tipos de solos nas Bacias do Jaú e do Jacaré-Pepira

Tipo de Solo	Bacia do Jaú	Bacia do Jacaré-Pepira
Argissolos	6,9%	5,6%
Gleissolos	0,0%	2,1%
Latossolos vermelhos	52,0%	9,8%
Latossolos vermelho-amarelos	26,1%	58,0%
Neossolos litólicos	0,1%	4,5%
Neossolos quartzarênicos	0,2%	19,0%
Nitossolos vermelhos	14,7%	1,0%

As classes de declividade das Bacias do Jaú e Alto Jacaré-Pepira possuem distribuição até 12% de, respectivamente, 90,0% e 81,6% e, portanto, a Bacia do Alto Jacaré-Pepira apresenta um maior percentual de áreas com declividades superiores a 12%. Os tipos de solos predominantes são os Latossolos vermelhos na Bacia do Jaú e os Latossolos vermelho-amarelos na Bacia do Alto Jacaré-Pepira. Além do predomínio dos Latossolos vermelho-amarelos, solos



considerados de permeabilidade rápida e sem restrições quanto a drenagem, a Bacia do Alto Jacaré-Pepira tem 19% de sua área com solos extremamente arenosos (Neossolos quartzarênicos) com grande capacidade de infiltração e permeabilidade rápida. Por outro lado, existem na Bacia solos jovens e rasos (Neossolos litólicos) com baixa capacidade de armazenamento de água.

Segundo Costa (2005) o uso da terra predominante na Bacia do Alto Jacaré-Pepira em 1988 eram as pastagens com 33%. De acordo com a autora os índices de uso da terra e ocupação do solo na Bacia do Alto Jacaré-Pepira na época eram de 78,2% de áreas antrópicas agrícolas, 15,7% de áreas de vegetação natural, 0,5% de áreas urbanizadas e 5,6% de várzeas e águas. O Rio Jacaré-Pepira nasce na Serra de São Pedro a uma altitude de 960 metros e, ao atingir a cota de 800 metros, a 16 km da nascente, o rio encontra-se artificialmente represado por uma barragem de 10 metros, na localidade do Patrimônio de São Sebastião da Serra, distrito do município de Brotas, formando um reservatório de aproximadamente 1,4 km<sup>2</sup>.

O uso da terra e ocupação do solo sofreu alterações nas últimas décadas, com aumento das áreas de cana-de-açúcar e culturas permanentes e diminuição das áreas de pastagens, sem que houvesse, entretanto, desmatamento na bacia. O cenário de 2004, após classificação da imagem de satélite foi de 80,6% de áreas antrópicas agrícolas, 16,5% de áreas de vegetação natural, 1,2% de área urbanizadas e 1,7% de várzeas e água. Na Bacia do Jaú, conforme pode ser observado no item 4.2.3 a seguir, o uso da terra predominante corresponde a categoria áreas antrópicas agrícolas, 95% e 90% respectivamente em 1986 e 2008, com predominância da cultura da cana-de-açúcar. As áreas urbanizadas aumentaram de 3% em 1986 para mais de 6% em 2008. As áreas de vegetação natural também cresceram neste período (de 1% para quase 3%).

O Balanço Hídrico nas duas Bacias mostram que a demanda de água da Bacia do Rio Jaú em 2007 atingiu 83,1% da  $Q_{7,10}$  e foi de 37,5% da  $Q_{7,10}$  na Bacia do Jacaré-Pepira. Considerando que o saldo da relação demanda/disponibilidade é positivo quando o comprometimento é menor que 50%

da  $Q_{7,10}$  e negativo quando o comprometimento é menor que 50% da  $Q_{7,10}$ , pode-se verificar que a situação na Bacia do Rio Jaú é crítica e na Bacia do Jacaré-Pepira é preocupante (CPTI, 2008b). O DAEE classificou o Balanço Demanda/Disponibilidade da UGRHI - TJ como preocupante, tanto para água superficial, quanto para água subterrânea (SÃO PAULO, 2002).

O Plano Estadual de Recursos Hídricos 2004/2007 estimou o índice de utilização da água superficial para a UGRHI-TJ em 54,5% da  $Q_{7,10}$  (SÃO PAULO, 2006). O cenário futuro no que diz respeito à garantia do uso múltiplo das águas em toda a UGRHI - TJ, em especial na Bacia do Rio Jaú, é crítica. MENDIONDO e MACEDO (2007) estudando as tendências da relação entre a demanda de água superficial e a disponibilidade, tendo como referência a  $Q_{7,10}$ , estimaram que em 2025 para as sub-bacias dos Rios Jaú, Jacaré-Guaçu, Lençóis e Bauru a relação será maior que 100%. Das principais sub-bacias da UGRHI - TJ, esta relação será inferior a 100% somente nas sub-bacias dos Rios Jacaré-Pepira e Claro.

A análise das relações causais entre os componentes e os aspectos ambientais das Bacias do Jaú e do Jacaré-Pepira com as características fluviológicas dos respectivos rios mostra que os componentes ambientais não explicam as diferenças existentes. A Tabela 25 mostra que os aspectos ambientais uso da terra e usos da água são os fatores responsáveis pelas menores vazões mínimas e maiores vazões máximas e conseqüentemente pela maior imprevisibilidade dos pulsos no Rio Jaú quando comparado ao Rio Jacaré-Pepira.

Entre os aspectos ambientais, o baixo índice de cobertura vegetal remanescente da Bacia do Jaú em relação o Bacia do Jacaré parece contribuir significativamente para os menores valores de vazão mínima e para os maiores valores de vazão máxima encontrados. Vários autores argumentam que florestas são eficazes no controle de cheias e na manutenção das vazões no período de estiagem (CALDER, 1998), apesar de algumas funções hidrológicas normalmente atribuídas às florestas, principalmente relativas ao seu papel na produção de água, ainda necessitem de embasamento técnico-científico (BACELLAR, 2005).

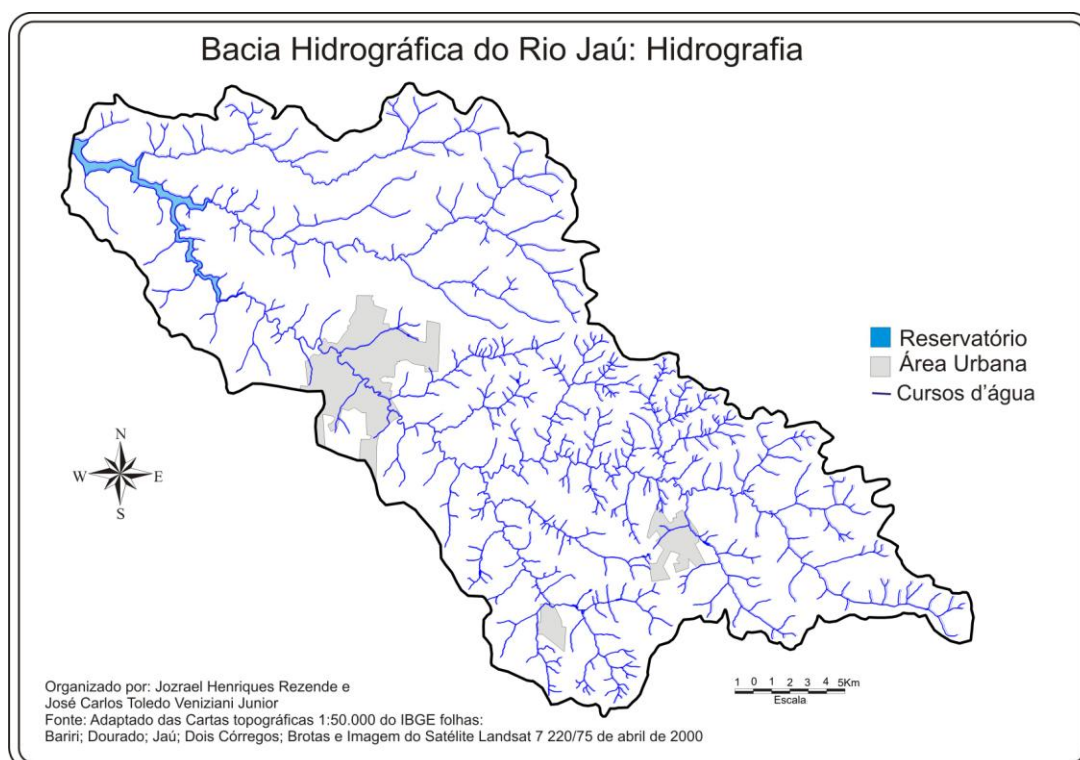
**Tabela 25:** Análise qualitativa comparada das relações causais entre os componentes ambientais e os aspectos ambientais com as diferenças dos pulsos dos Rios Jaú e Jacaré-Pepira

COMPONENTE AMBIENTAL	Característica	Avaliação	Relações causais comparadas					
			Bacia do Jaú			Bacia do Jacaré-Pepira		
			Q mín	Q med	Q max	Q mín	Q med	Q max
Forma da Bacia	Compacidade e circularidade	Semelhantes nas bacias	0	0	0	0	0	0
Precipitação	Altura, Intensidade e Frequência	Semelhantes nas bacias	0	0	0	0	0	0
Tipo de Solo	Argissolos	Semelhantes nas bacias	0	0	0	0	0	0
	Latossolos Vermelho-Amarelos	58% na Bacia do Jacaré				+	0	-
	Latossolos Vermelhos	52% na Bacia do Jaú	+	0	-			
	Neossolos Litólicos	4,5% na Bacia do Jacaré-Pepira				-	+	+
	Neossolos Quartzarênicos	19% na Bacia do Jacaré				+	0	-
Declividade	Até 12 %	Maior na Bacia do Jaú	-	+	+			
	Maior que 12%	Maior na Bacia do Jacaré	+	-	-			
<b>SOMATÓRIA COMPONENTES AMBIENTAIS</b>			+	0	-	+	++	0
ASPECTO AMBIENTAL	Característica	Avaliação	Bacia do Jaú			Bacia do Jacaré-Pepira		
			Q mín	Q med	Q max	Q mín	Q med	Q max
Uso da terra	Áreas antrópicas agrícolas	Maior na Bacia do Jaú	-	+	+			
	Áreas urbanizadas	Maior na Bacia do Jaú	-	+	+			
	Áreas de Vegetação Natural	16% - Bacia do Jacaré, 3% - Bacia do Jaú				+	-	-
	Reservatórios	Reservatório do Patrimônio no Jacaré				+	+	-
Usos da água	Usos consuntivos da água	83% da Q <sub>7,10</sub> no Rio Jaú	-	-	-			
<b>SOMATÓRIA ASPECTOS AMBIENTAIS</b>			- - -	+	++	++	0	- -
<b>COMPONENTES AMBIENTAIS + ASPECTOS AMBIENTAIS</b>			- -	+	+	+++	++	- -

### 4.2.3 Caracterização ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú e suas Sub-bacias

#### 4.2.3.1 Hidrografia

O Rio Jaú é um curso d'água de 5ª ordem de acordo com os critérios de Strahler (1957). Sua bacia hidrográfica possui área total de 752,25 km<sup>2</sup> e rede de drenagem de 745,8 km. Os formadores do Rio Jaú são os Ribeirões do Bugio e do Peixe. A partir do encontro destes ribeirões a aproximadamente 1,5 km do perímetro urbano de Dois Córregos, começa o Rio Jaú. Deste ponto em diante ele percorre 59,5 km até a sua foz no Rio Tietê da divisa dos municípios de Bariri, Itapuí e Jaú, na região conhecida como Marambaia. São 43,7 km de corrente livre, 1,4 km de transição e 14,4 km de reservatório, já influenciado pela barragem de Bariri, no Rio Tietê. Somados aos 21 km de extensão do Ribeirão do Bugio, totalizam 80,5 km de extensão. A Figura 29 mostra as áreas urbanas e a rede hidrográfica da Bacia do Rio Jaú.



**Figura 29:** Hidrografia, divisor de águas e áreas urbanas da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú

No encontro dos ribeirões formadores do Rio Jaú, as margens estão cobertas por pastagens. Observa-se também a ocorrência de bambuzais (*Tudoids spp*) na margem esquerda do Ribeirão do Peixe e uma linha com ciprestes (*Cupressus sempervirens*) na margem direita do Ribeirão do Bugio. Cerca de 5 m a jusante do encontro, o Rio Jaú é cortado por uma estrada rural e predominam o capim colômbio (*Panicum maximum*) e bambuzais na área ripária. Este quadro de degradação da zona ripária, com ausência da mata ciliar será constante em todo o seu percurso. A Figura 30 mostra o encontro do Ribeirão do Bugio com o Ribeirão do Peixe, ou seja, o início do Rio Jaú.



**Figura 30:** Encontro do Ribeirão do Bugio, à esquerda com o Ribeirão do Peixe, à direita (Fonte: Souza e Cremonesi, 2004)

Na Marambaia, foz do Rio Jaú (Figura 31), o Ribeirão da Prata e o próprio Rio Jaú formam um braço do Reservatório de Bariri, localizado no Rio Tietê, cuja barragem está localizada alguns quilômetros a jusante. Existem nesta área inúmeras áreas alagadas ao redor do leito do Rio Jaú, circundadas pela cultura da cana-de-açúcar, por pequenas áreas de pastagens com árvores esparsas e por uma pequena área de regeneração de mata nativa. A vegetação predominante nas áreas de alagados é composta por taboa (*Typha angustifolia*), aguapé



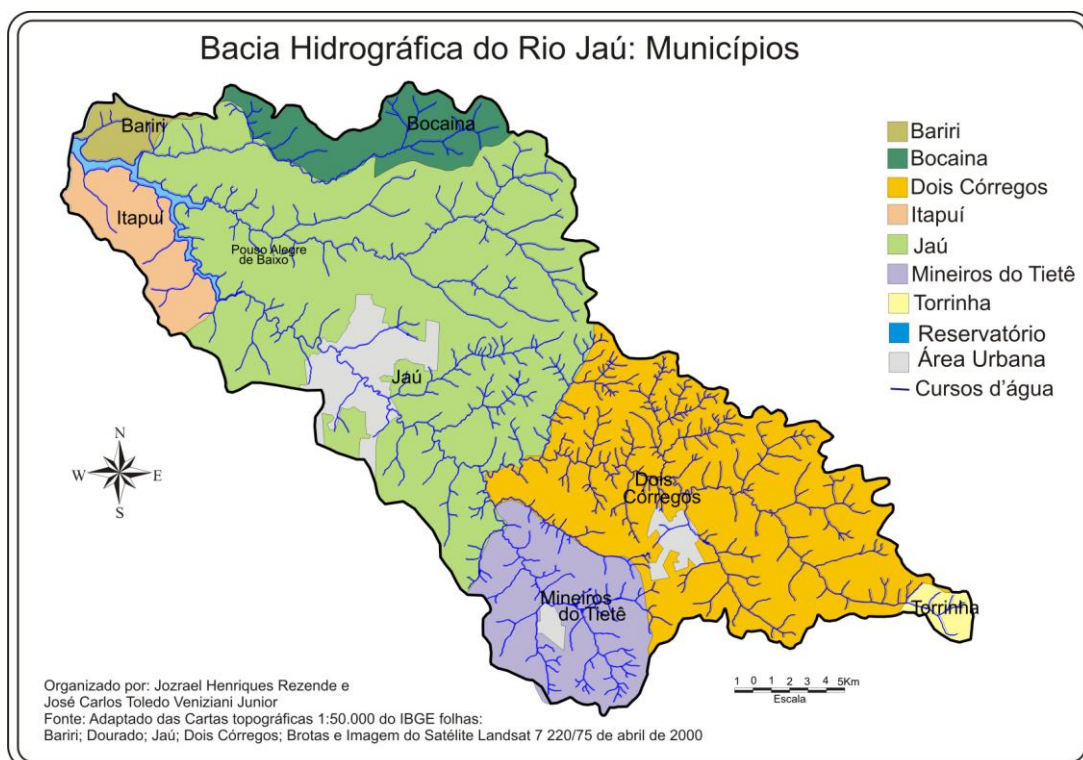
(*Eichhornia spp*), capim fino (*Brachiaria mutica*) e alface d'água (*Pistia stratiotes*) (SOUZA e CREMONESI, 2004).



**Figura 31:** Encontro das águas do Rio Jaú, à esquerda e do Rio Tietê, à direita (Fonte: Souza e Cremonesi, 2004)

#### 4.2.3.2 Municípios

A Bacia do Jaú abrange parte do território de sete municípios: Bariri, Bocaina, Dois Córregos, Itapuú, Jaú, Mineiros do Tietê e Torrinha, dos quais Dois Córregos, Jaú e Mineiros do Tietê têm sua área urbana na bacia. A Figura 32 e a Tabela 26 mostram respectivamente a localização dos municípios e as áreas de cada um dos municípios na Bacia Hidrográfica do Rio Jaú.



**Figura 32:** Localização dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú

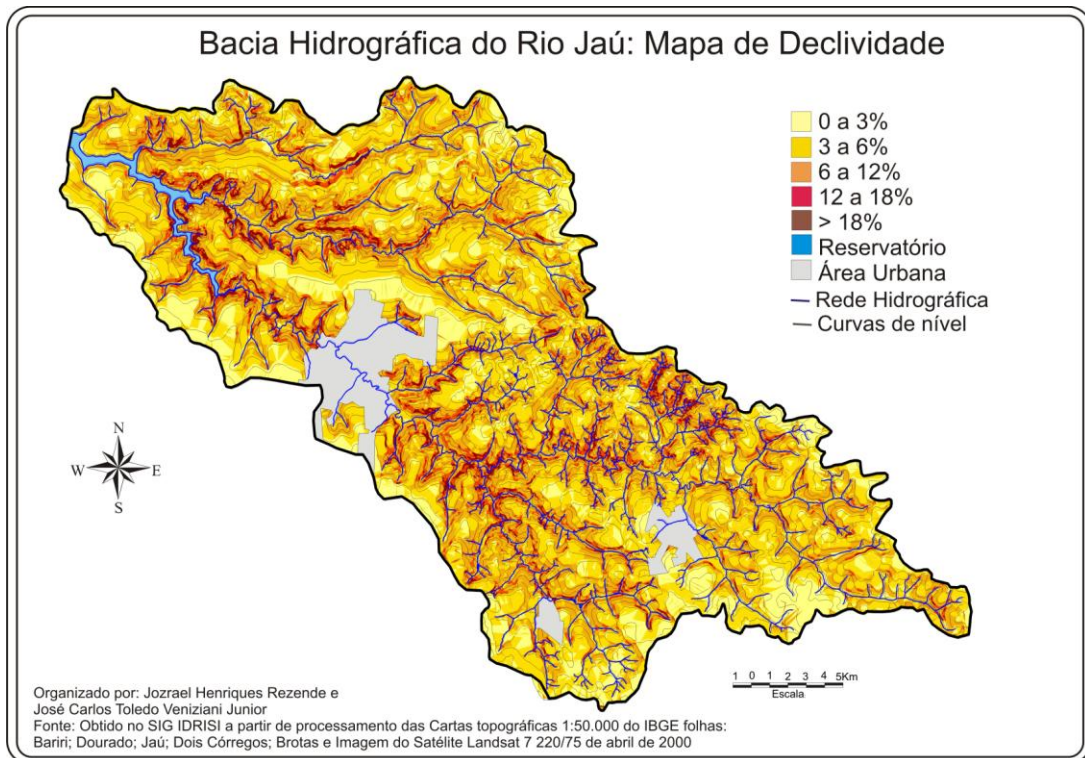
**Tabela 26:** Área dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú

Município	Área na bacia (km <sup>2</sup> )	%
Torrinha	7,65	1,0%
Dois Córregos	219,00	29,1%
Mineiros do Tietê	76,32	10,1%
Jaú	356,76	47,4%
Bocaina	43,00	5,7%
Itapuí	35,99	4,8%
Bariri	13,52	1,8%
<b>Área total da bacia</b>	<b>752,25</b>	<b>100,0%</b>

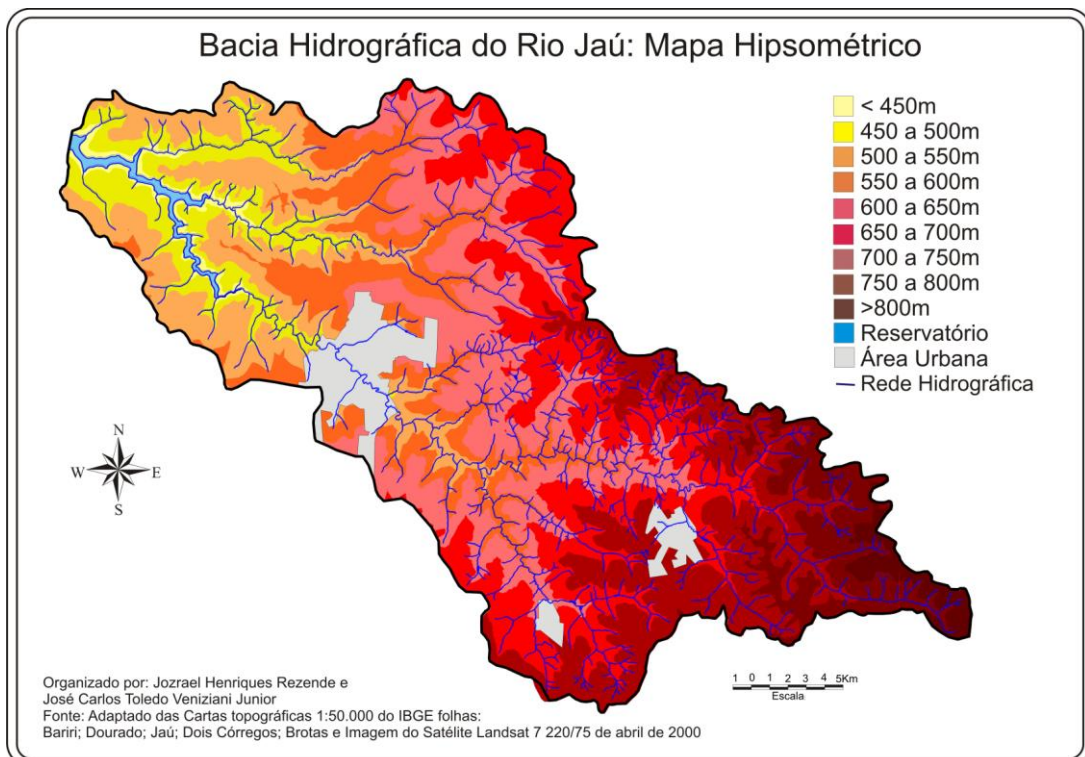
#### 4.2.3.3 Declividade e Hipsometria

Na Bacia do Jaú, a amplitude é de aproximadamente 400 metros e em 90% da área as declividades são inferiores a 12%, sendo que em mais de 55% as declividades são menores que 6%. A distribuição das classes da declividade pode ser observada na Tabela 23, no item 4.2.2. As Figuras 33 e 34 mostram,

respectivamente, o Mapa de Classes de Declividade e o Mapa Hipsométrico da Bacia do Jaú.



**Figura 33:** Classes de declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú



**Figura 34:** Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Jaú



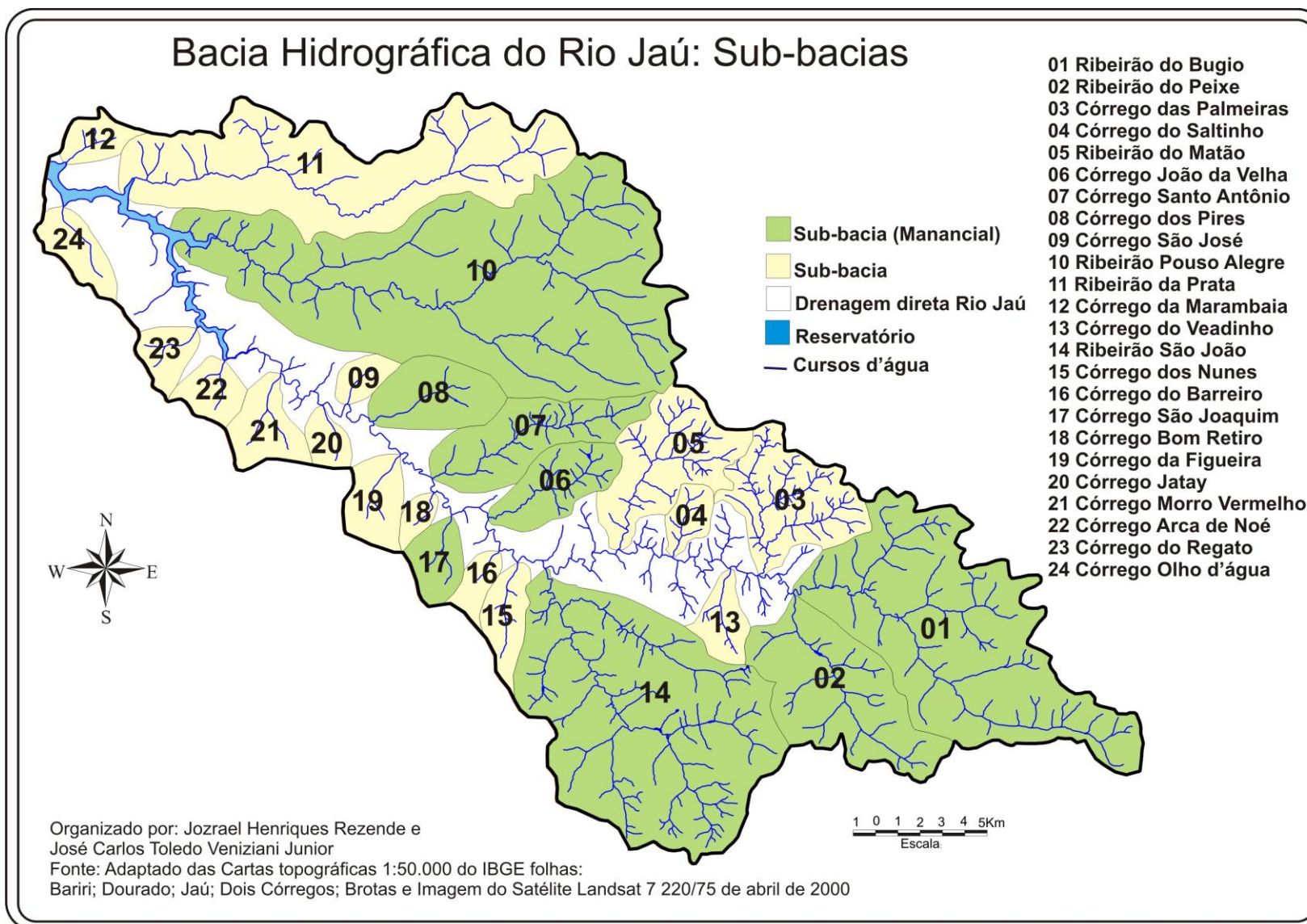
#### 4.2.3.4 Sub-bacias

Foram identificados 22 afluentes e 2 ribeirões formadores do Rio Jaú e definidas 24 sub-bacias. Além disso, existem 36 pequenos tributários, para os quais não foram delineadas sub-bacias. Estas áreas foram consideradas como de drenagem direta para o Rio Jaú. As áreas das sub-bacias variam de 2,7 a 148,0 km<sup>2</sup> e o comprimento dos talwegues principais varia entre 1,6 e 28,7 km. A densidade de drenagem varia de 0,4 a 1,6 km / km<sup>2</sup>, com média de 1,0 km / km<sup>2</sup> de bacia.

A Figura 35 mostra a delimitação das sub-bacias do Rio Jaú, identificando aquelas utilizadas como mananciais. A Tabela 27 descreve as seguintes características da Bacia Hidrográfica e de suas sub-bacias: comprimento e ordem do curso d'água principal, margem, área, perímetro, rede e densidade de drenagem, coeficiente de compacidade e índice de circularidade.

São 10 sub-bacias na margem direita e 12 na margem esquerda, além da da Sub-bacia do Ribeirão do Peixe e da Sub-bacia do Ribeirão do Bugio, onde está a nascente mais elevada no Rio Jaú, na Serra do Tabuleiro a quase 850 m de altitude,. A rede de drenagem dos ribeirões formadores do Rio Jaú é do tipo dendrítica, lembrando o desenho dos ramos de uma árvore e a rede de drenagem do rio Jaú é em treliça, ou seja, seus afluentes deságuam formando ângulos próximos a 90°.

Grande parte da água consumida na Bacia Hidrográfica do Rio Jaú vem de mananciais superficiais. A água para abastecimento público é captada em pequenos córregos e nascentes ao longo de toda a bacia e somam aproximadamente 850 l/s. São 7 as sub-bacias utilizadas como mananciais pelos municípios de Jaú, Mineiros do Tietê e Dois Córregos, além da Sub-bacia do Córrego dos Pires utilizada eventualmente.



**Figura 35:** Sub-bacias do Rio Jaú

**Tabela 27:** Características da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú e de suas sub-bacias

Nº	Curso d'água	Comprimento (km)	Ordem	Margem	Manancial	Área da Bacia (km²)	Perímetro da Bacia (km)	Rede de Drenagem (km)	Dd (km/km²)	Kc	Ic
1	Ribeirão do Bugio	21,0	4ª	Formador	sim	87,40	53,9	89,1	1,0	1,6	0,4
2	Ribeirão do Peixe	11,2	3ª	Formador	sim	38,70	30,8	35,7	0,9	1,4	0,5
3	Córrego das Palmeiras	6,9	3ª	Direita	não	25,05	24,6	51,7	2,1	1,4	0,5
4	Córrego do Saltinho	3,5	2ª	Direita	não	4,93	9,3	7,5	1,5	1,2	0,7
5	Ribeirão do Matão	9,1	3ª	Direita	não	25,38	26,7	39,7	1,6	1,5	0,4
6	Córrego João da Velha	6,9	3ª	Direita	sim	14,01	15,9	19,2	1,4	1,2	0,7
7	Córrego Santo Antônio	11,8	3ª	Direita	sim	23,37	25,1	29,7	1,3	1,5	0,5
8	Córrego dos Pires	5,1	2ª	Direita	eventualmente	15,73	15,5	7,7	0,5	1,1	0,8
9	Córrego São José	2,1	1ª	Direita	não	4,10	8,1	2,1	0,5	1,1	0,8
10	Ribeirão Pouso Alegre**	28,7	4ª	Direita	sim	147,86	69,9	119,9	0,8	1,6	0,4
11	Ribeirão da Prata ***	24,6	3ª	Direita	não	76,11	54,8	58,5	0,8	1,8	0,3
12	Córrego da Marambaia	2,6	2ª	Direita	não	5,49	10,6	4,2	0,8	1,3	0,6
13	Córrego do Veadinho	4,3	2ª	Esquerda	não	6,83	11,6	7,7	1,1	1,2	0,6
14	Ribeirão São João	19,0	4ª	Esquerda	sim	102,45	43,1	117,4	1,1	1,2	0,7
15	Córrego dos Nunes	4,6	2ª	Esquerda	não	8,22	14,4	6,2	0,8	1,4	0,5
16	Córrego do Barreiro	1,9	1ª	Esquerda	não	4,35	10,7	1,9	0,4	1,4	0,5
17	Córrego São Joaquim	3,0	2ª	Esquerda	não	7,59	10,7	4,8	0,6	1,1	0,8
18	Córrego Bom Retiro	2,0	1ª	Esquerda	não	2,71	7,0	2,0	0,7	1,2	0,7
19	Córrego da Figueira	3,7	2ª	Esquerda	não	9,66	12,7	4,6	0,5	1,1	0,8
20	Córrego Jatay	2,8	1ª	Esquerda	não	4,23	8,1	2,8	0,7	1,1	0,8
21	Córrego Morro Vermelho	3,8	2ª	Esquerda	não	10,05	14,1	5,9	0,6	1,2	0,6
22	Córrego Arca de Noé	1,6	2ª	Esquerda	não	6,66	10,5	3,3	0,5	1,1	0,8
23	Córrego do Regato	3,0	2ª	Esquerda	não	6,16	10,2	4,0	0,6	1,1	0,7
24	Córrego Olho d'água	4,0	1ª	Esquerda	não	8,19	12,8	4,0	0,5	1,3	0,6
Drenagem direto para o Rio Jaú						107,03					
Rio Jaú *		59,5	5ª	Talvegue principal	eventualmente	752,25	171,3	745,8	1,0	1,7	0,3

\* Rio Jaú: 43,7 km livre + 1,4 km de transição + 14,4 km de reservatório + 21,0 km (Rib. do Bugio) = 80,5 km

\*\* Rib. Pouso Alegre: 26,6 km livre + 2,1 km reservatório = 28,7 km

\*\*\* Rib. da Prata: 23,5 km livre + 1,1 km reservatório = 24,6 km

Área Inundada(Reserv. de Bariri): 5,72 km²

Rede de drenagem total da Bacia do Jaú = 59,5 km (RioJaú) + 629,5 km (sub-bacias)+ 56,8 km (outros) = 745,8 km

#### Sub-bacia do Ribeirão do Bugio:

O Ribeirão do Bugio é um dos formadores do Rio Jaú. É um curso d'água de 3ª ordem com praticamente 21 km de extensão e bacia hidrográfica de 87,40 km². Entre seus principais afluentes estão os Córregos do Bugio, da Queixada e da Prata. As águas desta bacia são captadas de um reservatório chamado de “Água do Felipão” (aproximadamente 15 l/s de vazão captada) para abastecer a cidade de Dois Córregos.

#### Sub-bacia do Ribeirão do Peixe:

O Ribeirão do Peixe é o outro formador do Rio Jaú. É um curso d'água de 3ª ordem com pouco mais de 11 km de extensão e bacia hidrográfica de 38,70 km². Um de seus principais afluentes é o Córrego do Lajeado. A vazão captada para abastecimento no Ribeirão do Peixe é de aproximadamente 55 l/s.

#### Sub-bacia do Córrego João da Velha:

O Córrego João da Velha é um afluente da margem direita do Rio Jaú. É um curso d'água de 3ª ordem com pouco menos de 7 km de extensão e 14,01 km² de bacia hidrográfica. O córrego é um dos mananciais de abastecimento de Jaú e tem uma vazão captada que varia de 55 l/s (estiagem) a 170 l/s (chuvas). Sua bacia encontra-se degradada, com baixo índice de vegetação remanescente e ausência de mata ciliar na maior parte das margens. A Figura 36 mostra o local da captação de água realizada pelo Serviço de Água e Esgoto do Município de Jahu – SAEMJA. A foto foi feita no final do período de estiagem, em outubro de 2002. Nos períodos de estiagem toda a água do córrego é captada, ou seja, ele seca a jusante.



**Figura 36:** Córrego João da Velha – captação de água, 22/10/2002

Sub-bacia do Córrego Santo Antônio:

O Córrego Santo Antônio é um afluente da margem direita do Rio Jaú. É um curso d'água de 3ª ordem com pouco menos de 12 km de extensão e bacia hidrográfica de 23,37 km². O córrego é um dos mananciais de abastecimento de Jaú e tem uma vazão captada que varia de 88 l/s (estiagem) a 267 l/s (chuvas). Veniziani (2004) estudando a proteção do solo pela cobertura vegetal na Sub-bacia do Córrego Santo Antônio estimou a cobertura vegetal remanescente em 4,7% da área total. As áreas antrópicas agrícolas ocupavam 91,2 % da sub-bacia, dominando a paisagem, que apresentava ainda 3,5% de área urbana e 0,6% de pequenos reservatórios utilizados para o desenvolvimento de atividades ligadas a piscicultura.

A Figura 37 mostra o local da captação de água realizada pelo SAEMJA. A foto foi feita no final do período de estiagem, no mesmo dia da figura anterior. Assim como ocorre no Córrego João da Velha, nos períodos de estiagem toda a água do córrego é captada, ou seja, ele seca a jusante.





**Figura 37:** Córrego Santo Antônio – captação de água, 22/10/2002

### Sub-bacia do Córrego dos Pires

O Córrego dos Pires é curso d'água de 2ª ordem, afluente da margem direita do Rio Jaú. Sua bacia hidrográfica possui área total de aproximadamente 1,6 km². Desse total, mais de 1,0 km², ou seja, praticamente 2/3 da área da Bacia, nos cursos médio e inferior do córrego encontra-se em área urbana, a grande maioria em área urbana efetivamente consolidada e, portanto, com elevado grau de impermeabilização. Ele é utilizado eventualmente como manancial através da captação da água de nascentes localizadas na cabeceira das bacias. A utilização destas nascentes como manancial apresenta problemas, principalmente no período de chuvas, pois nesta época a água apresenta elevado nível de turbidez, inviabilizando seu tratamento devido ao grau de antropização e nível de degradação, aspectos agravados pelas características naturais quanto a forma da bacia.

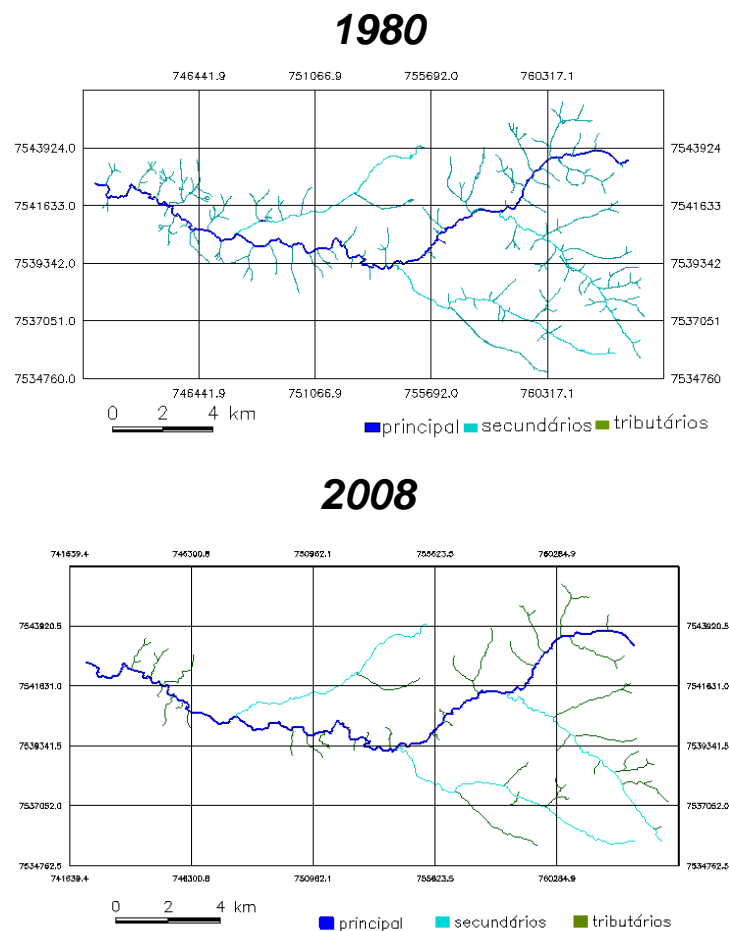
Rodrigues (2008) ao realizar o mapeamento geotécnico do município de Jaú como instrumento para o planejamento urbano-ambiental da cidade, constatou na sub-bacia alta restrição à ocupação ao longo da rede de drenagem, média densidade de sulcos e ravinas, além de alguns pontos com alta densidade de áreas inundáveis.

### Sub-bacia do Ribeirão Pouso Alegre:

O Ribeirão Pouso Alegre é um afluente da margem direita do Rio Jaú. É um curso d'água de 4ª ordem com pouco menos de 29 km de extensão e bacia hidrográfica de 147,86 km². O córrego é um dos mananciais de abastecimento de Jaú e tem uma vazão captada de 168 l/s. Castro (2008) realizou um diagnóstico dos recursos hídricos e ambientais da sub-bacia do Ribeirão Pouso Alegre. O uso da terra, segundo a autora, está distribuído da seguinte forma: 4,5% mata (1,4% de remanescentes e 3,1% em restauração e recomposição); 95,1% de áreas antrópicas agrícolas (82,5% de cana-de-açúcar); 0,3% de mancha urbana (Distrito de Pouso Alegre) e 0,1% de reservatório.

O diagnóstico constatou a redução da rede de drenagem da bacia. A rede de drenagem foi dividida em 3 categorias de cursos d'água: principal, secundários

e tributários. O rio principal é aquele que recebe os secundários que por sua vez recebem os tributários. Ao comparar a rede de drenagem da sub-bacia do Ribeirão Pouso Alegre em 1980, a partir das cartas topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico - IGC, escala 1:10000, com fotografias áreas de 2008 da Base Aerofotogrametria escala, 1:30000, a autora observou uma redução significativa na categoria “tributários”, que somavam 126 km em 1980 e apenas 55 km em 2008. O desaparecimento destes corpos d’água pode ser atribuído ao uso inadequado e indiscriminado do solo. A Figura 38 ilustra os resultados encontrados.



**Figura 38:** Rede de drenagem da sub-bacia do Ribeirão Pouso Alegre - 1980 e 2008 (Fonte: Castro, 2008)



#### Sub-bacia do Ribeirão São João:

O Ribeirão São João é um afluente da margem esquerda do Rio Jaú. É um curso d'água de 4ª ordem com quase 19 km de extensão e bacia hidrográfica de 102,45 km². Tem como afluentes, entre outros, o Córrego do Borralho e o Córrego do Campinho. As águas deste manancial são captadas para Mineiros do Tietê (aproximadamente 15 l/s de vazão captada da Mina do Sítio São João); Dois Córregos (aproximadamente 6 l/s de vazão captada do Córrego do Campinho) e Jaú (de 15 a 45 l/s de vazão captada do Córrego do Borralho) (SOUZA e CREMONESI, 2004).

O sistema de captação da Fazenda Borralho vem fornecendo água para Jaú desde 1911, quando a fazenda, localizada na divisa dos municípios de Dois Córregos e Mineiros do Tietê, foi comprada pela Prefeitura Municipal de Jaú para produzir água para cidade. Ele capta as águas de um conjunto de minas e percorre 23 km de tubulações por gravidade até chegar a Jaú. Atualmente as nascentes deste córrego estão preservadas, com vegetação densa, garantindo a produção de água de qualidade.

Attanasio (2004) estudando o uso da terra na Sub-bacia do Alto Ribeirão São João (36,56 km²) estimou em 8,7% a vegetação nativa remanescente e em 0,3% a área em regeneração em 2004. Os usos antrópicos agrícolas ocupavam 88% da área, a área urbana 2,8% e os reservatórios 0,2%. A área total de APP da sub-bacia é de 3,73 km², ou seja, 10,2% da área total. Segundo a autora 1,94 Km² (51,9% da APP) encontrava-se ocupada com agricultura ou outros usos.

#### Sub-bacia do Córrego São Joaquim:

O Córrego São Joaquim é um afluente da margem direita do Rio Jaú. É um curso d'água de 2ª ordem com pouco mais de 3 km de extensão e 7,59 km² de bacia hidrográfica. O córrego tem uma captação de 30 l/s, realizada em um pequeno reservatório, construído para esta finalidade, próximo a sua foz. Assim como os Córregos Santo Antônio e João da Velha, o Córrego São Joaquim, no final do período de estiagem, encontra-se normalmente seco a jusante da

captação. A Figura 39 mostra o local da captação de água realizada pelo SAEMJA no Córrego São Joaquim.



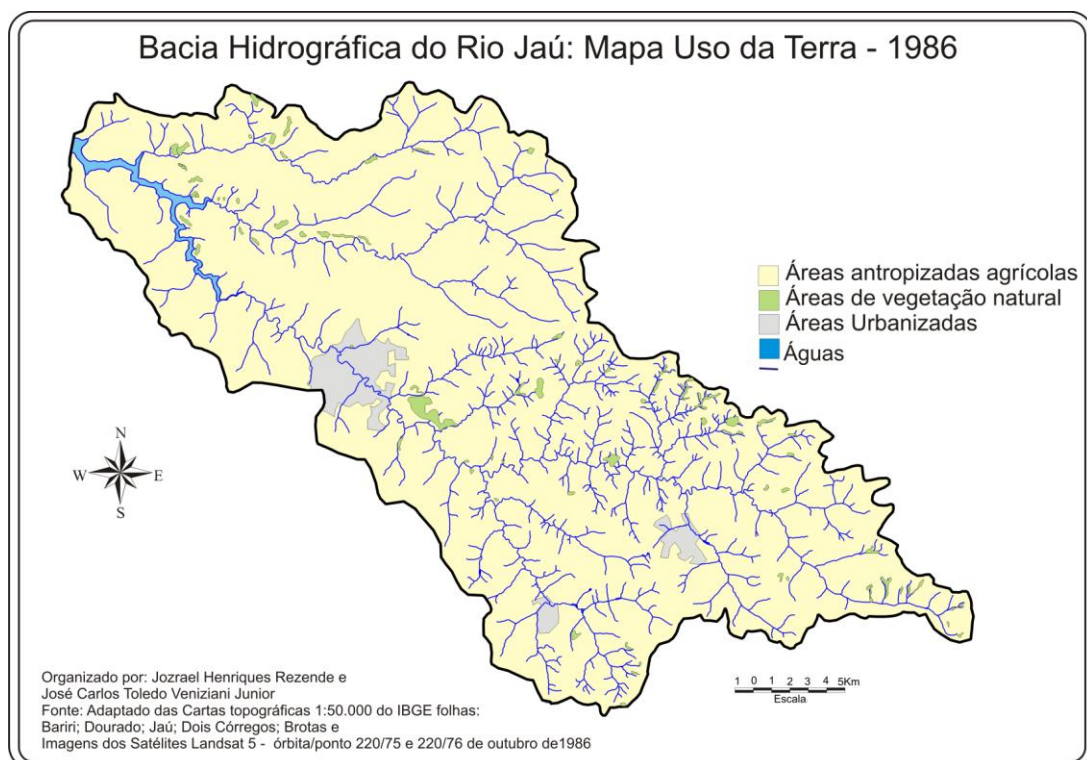
**Figura 39:** Córrego São Joaquim – captação de água, 22/10/2002

#### 4.2.3.5 Usos da terra e vegetação remanescente

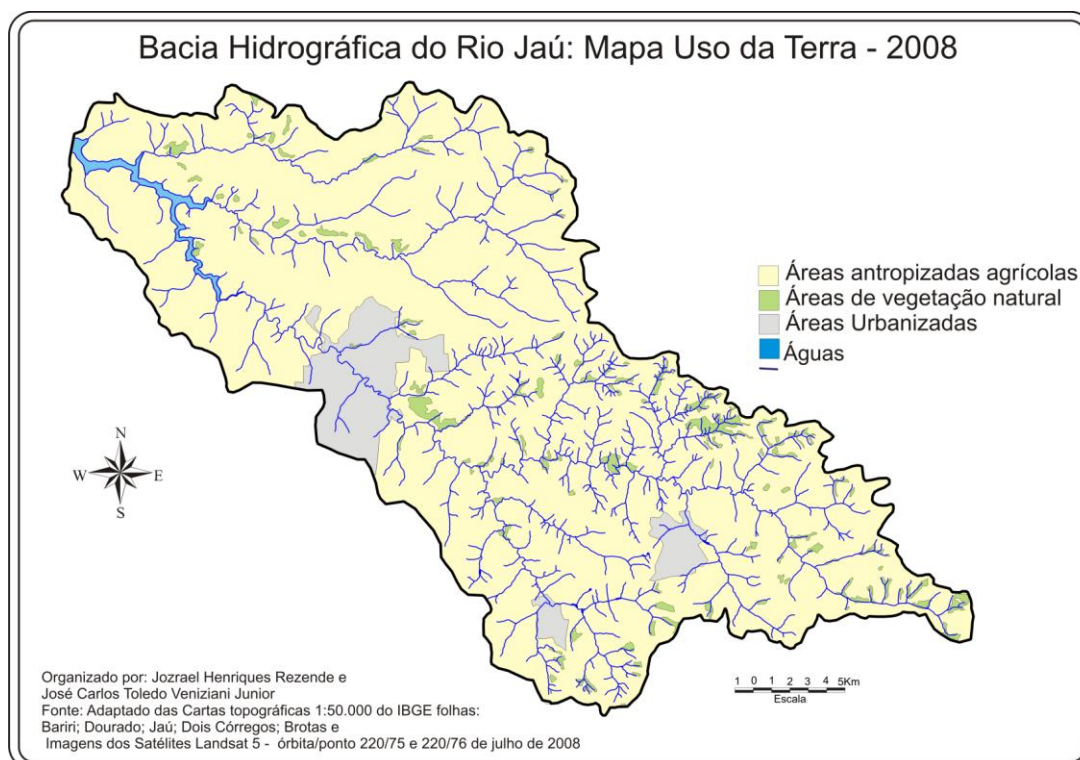
A ocupação da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú foi intensa durante a segunda metade do século dezenove e as primeiras décadas do século vinte. Em 1886 a comarca de Jaú era a maior produtora de café da região. A Companhia Paulista de Estradas de Ferro, a partir de Itirapina, seguiu rumo oeste e atingiu Jaú em 1887. Em 1920, além de Jaú a produção de café estendia-se pelos municípios de

Dois Córregos, Mineiros do Tietê, Bocaina e Bariri. Devido ao desmatamento em diversas bacias hidrográficas no estado principalmente para o plantio de café, entre elas a Bacia do Jaú, estima-se que a cobertura vegetal no estado de São Paulo tenha recuado de 70,5% em 1885 para 44,8% em 1920, chegando a 26,2% em 1935 (VICTOR, 1975).

A cultura de café avançou nas décadas seguintes, aumentando a área desmatada. A cultura dominou a paisagem da Bacia do Jaú até o final da década de 50, quando começou a ser substituída, de forma gradativa, pela cultura da cana-de-açúcar, até que a partir da década de 80 a cultura da cana-de-açúcar passou a ser predominante na bacia. As Figuras 40 e 41 mostram as classes de uso da terra na Bacia do Jaú nos anos de 1986 e 2008.



**Figura 40:** Uso da terra 1986 - Bacia Hidrográfica do Rio Jaú



**Figura 41:** Uso da terra 2008 - Bacia Hidrográfica do Rio Jaú

Em pouco mais de duas décadas as áreas urbanizadas na Bacia do Jaú mais que dobraram, passando de 21,65 km<sup>2</sup> para 47,14 km<sup>2</sup>, demonstrando o elevado índice de crescimento das zonas urbanas de Dois Córregos, Mineiros do Tietê e em especial de Jaú. As áreas de vegetação natural aumentaram de 8,55 km<sup>2</sup> em 1986 para 21,16 km<sup>2</sup> em 2008. Apesar deste aumento o índice de vegetação natural da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú ainda é um dos menores do estado de São Paulo. A Tabela 28 mostra as áreas e o percentual de cada uma das classes de uso da terra na Bacia do Jaú para os anos de 1986 e 2008.

**Tabela 28:** Classes de uso da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú - 1986 e 2008

Classe	1986		2008	
	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%
Áreas Antrópicas Agrícolas	709,79	94,4%	671,69	89,3%
Áreas de Vegetação Natural	8,55	1,1%	21,16	2,8%
Áreas Urbanizadas	21,65	2,9%	47,14	6,3%
Águas	12,26	1,6%	12,26	1,6%
<b>Total</b>	<b>752,25</b>	<b>100,0%</b>	<b>752,25</b>	<b>100,0%</b>

As áreas com ocorrência de vegetação natural são representadas principalmente por pequenos fragmentos florestais localizados de forma esparsa e desconectada. O percentual de áreas de vegetação natural é muito baixo em praticamente todas as sub-bacias conforme pode ser observado na Tabela 29.

**Tabela 29:** Área de Vegetação Natural em sub-bacias do Rio Jaú no ano de 2008

Curso d'água	Área da sub-bacia (km <sup>2</sup> )	Área de Vegetação Natural (km <sup>2</sup> )	%
Ribeirão do Bugio	87,4	4,9	5,6%
Ribeirão do Peixe	38,7	0,5	1,2%
Ribeirão do Matão	25,4	0,9	3,4%
Córrego João da Velha	14,0	1,1	7,7%
Córrego Santo Antônio	23,4	1,0	4,4%
Córrego dos Pires	15,7	0,3	1,8%
Ribeirão Pouso Alegre	147,9	2,1	1,4%
Ribeirão da Prata	76,1	1,8	2,4%
Ribeirão São João	102,4	2,4	2,4%
Córrego São Joaquim	7,6	0,1	1,2%

Antes da intensa exploração, a vegetação predominante era a Floresta Estacional Semidecidual e as manchas de cerrado e cerradão nas cabeceiras dos rios. A Floresta Estacional Semidecidual ou Floresta Mesófila Semidecídua ocorria no vale da Bacia devido à influência dos Latossolos Vermelhos e Nitossolos Vermelhos. As manchas de Cerrado localizadas nas cabeceiras dos rios eram encontradas sobre os Latossolos Vermelho Amarelos, característicos dessas áreas. Atualmente, os poucos fragmentos florestais que restaram são de Floresta Estacionais Semidecíduais e Florestas Estacionais Deciduais, estes últimos localizados geralmente nas cotas mais altas do terreno, em topos de morro, solos muito rasos e pedregosos, que armazenam pouca água e impróprios para a prática de atividades agropecuárias (SOUZA e CREMONESI, 2004).

Foram identificados 118 fragmentos remanescentes na bacia, dos quais 58 possuem área inferior a 10 ha, 54 tem entre 10 e 50 ha; 4 entre 50 e 100 ha e apenas 2 fragmentos possuem área maior que 100 ha. O maior desses fragmentos, localizado próximo a área urbana de Jaú na porção central da bacia,



possui aproximadamente 200 ha e foi transformado em Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN, denominada “Reserva Ecológica Amadeu Botelho” (Figura 42), em 2.000 através da Portaria IBAMA nº 19/00.

As Florestas Estacionais Semidecíduais apresentam ampla ocorrência no Brasil, desde o planalto ocidental paulista até o norte do Paraná, alcançando a Argentina e o sul do Paraguai de um lado e, de outro, indo até Goiás, Minas Gerais e também ao sul da Bahia. São florestas caracteristicamente sazonais, com um período de perda de folhas que vai de abril a setembro, (época fria e seca do ano) com eventual ocorrência de geadas (PINTO, 1992 apud SOUZA e CREMONESI, 2004).



**Figura 42:** RPPN “Reserva Ecológica Amadeu Botelho” - Jaú - SP (Fonte: SOUZA e CREMONESI, 2004)

Essas florestas apresentam um considerável número de famílias e diversidade florística alta com algumas espécies caracteristicamente bem representadas. Destacam-se as famílias: Leguminosae, Rutaceae, Meliaceae, Euphorbiaceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Lauraceae. Tais florestas apresentam, entretanto ao longo de sua extensão, trechos fisionômica e floristicamente distintos, decorrentes provavelmente, de variações ambientais, perturbações

naturais e principalmente de ações antrópicas ocorridas no passado (NAVE, 1999 apud SOUZA e CREMONESI, 2004).

Essas variações explicam as diferenças das feições do dossel da Floresta Estacional Semidecidual, ora contínuo em grandes extensões, ora descontínuo em alguns trechos, com limite superior apresentando alturas que variam de 15 até 30 m. Em alguns pontos é encontrado sobre esse dossel outro estrato bastante descontínuo de árvores emergentes que atingem 30 m de altura, como, por exemplo, o Jequitibá-vermelho (*Cariniana legalis* Mart.). A estrutura do sub-bosque apresenta variações fisionômicas importantes de diferentes densidades e altura média, de acordo com o dossel, formando assim, um mosaico de manchas compostas por diferentes espécies arbustivas e arbóreas, podendo essas manchas serem interpretadas tanto como fases de um ciclo de crescimento ou de regeneração da floresta ou como diferentes fases do processo de sucessão secundária (GANDOLFI, 2000).

Os Cerrados, caracterizados por uma vegetação de baixo porte, esparsa, com árvores tortuosas, apresentando um sistema radicular profundo com muitos arbustos, ocupam com mais de 2 milhões de km<sup>2</sup> e são o segundo Bioma em extensão territorial no país. As savanas do cerrado, entretanto, perderam 40% de sua cobertura nas últimas décadas com o desenvolvimento de novas técnicas de plantio que permitiram a produção agrícola nos solos sob o cerrado.

Essa vegetação tem como característica a adaptabilidade às condições climáticas, edáficas e ao fogo. É um ecossistema muito importante pela biodiversidade e por conferir estabilidade a solos intemperizados, ácidos e com elevados teores de alumínio. Uma das fisionomias do cerrado é o Cerradão ou Savana Florestada, com aspecto diferente do Cerrado típico, que tem árvores bem menores. O Cerradão é uma floresta com interior bastante iluminado, formado por árvores não muito altas, de 10 a 16 m de altura, de copas pequenas e com muitas espécies que perdem as folhas na estiagem (ATTANASIO et al, 2007).

Além do baixo índice dos remanescentes na bacia, grande parte deles encontra-se degradado. Attanasio (2004) estudando os tipos de vegetação remanescentes na Sub-bacia do Alto Ribeirão São João concluiu que além de apenas 48,1% da APP possuir vegetação remanescente, a maior parte dos fragmentos, entre os mais diversos tipos de fisionomias vegetais, encontra-se degradada ou muito degradada, conforme ilustra a Tabela 30.

**Tabela 30:** Tipos vegetacionais remanescentes da Sub-bacia do Alto Ribeirão São João, distribuição e nível de degradação dos fragmentos (Fonte: ATTANASIO, 2004)

Localização do Fragmentos		Tipo de Vegetação	Área (ha)	% da área de Vegetação Natural	% da APP	% da área da Sub-bacia
Em relação à APP	Isolamento					
Dentro da APP	isolado	Campos Úmidos Antropizados	22,0	6,9%	5,9%	0,6%
		Floresta Paudosa pouco Degradada	0,7	0,2%	0,2%	0,0%
		Floresta Paludosa Degradada	39,8	12,5%	10,7%	1,1%
		Floresta Paludosa muito Degradada	7,0	2,2%	1,9%	0,2%
		<b>Sub-Total</b>	<b>69,5</b>	<b>21,8%</b>	<b>18,6%</b>	<b>1,9%</b>
	não isolado	Campos Úmidos Antropizados	3,3	1,0%	0,9%	0,10%
		Floresta Paludosa pouco Degradada	0,3	0,1%	0,1%	0,01%
		Floresta Paludosa Degradada	12,4	3,9%	3,3%	0,34%
		Floresta Paludosa muito Degradada	1,9	0,6%	0,5%	0,05%
		Savana Florestada Degradada	5,6	1,8%	1,5%	0,15%
		Savana Florestada muito Degradada	2,5	0,8%	0,7%	0,01%
		Floresta Ribeirinha Degradada	11,4	3,6%	3,1%	0,31%
		Floresta Ribeirinha muito Degradada	65,8	20,7%	17,6%	1,80%
		Floresta Estacional Semidecidual degradada	5,7	1,8%	1,5%	0,15%
Floresta Estacional Semidecidual muito Degradada	0,8	0,2%	0,2%	0,02%		
<b>Sub-Total</b>	<b>109,7</b>	<b>34,5%</b>	<b>29,4%</b>	<b>2,9%</b>		
Fora da APP	Savana Florestada Degradada	35,0	11,0%		0,96%	
	Savana Florestada muito Degradada	29,0	9,1%		0,80%	
	Floresta Ribeirinha Degradada	8,1	2,6%		0,27%	
	Floresta Ribeirinha muito Degradada	41,5	13,0%		1,14%	
	Floresta Estacional Semidecidual degradada	17,4	5,5%		0,47%	
	Floresta Estacional Semidecidual muito Degradada	7,9	2,5%		0,21%	
<b>Sub-Total</b>	<b>138,9</b>	<b>43,7%</b>		<b>3,9%</b>		
<b>TOTAL</b>			<b>318,1</b>	<b>100,0%</b>	<b>48,1%</b>	<b>8,7%</b>



## 4.3 ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RESERVA LEGAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAÚ

### 4.3.1 Gerenciamento de Bacias Hidrográficas

A análise fluviológica do Rio Jaú demonstrou as conseqüências ambientais decorrentes do uso da terra e do uso múltiplo das águas no curso d'água, ou seja, na própria água, um dos componentes de suporte da vida. O uso da terra na bacia implica ainda em outros aspectos ambientais, tais como o lançamento de cargas poluidoras pontuais e difusas, que não foram abordados na análise ambiental. A carga orgânica de poluição pontual remanescente na Bacia do Jaú, por exemplo, é estimada em 2.300 kg de DBO<sub>5</sub>. dia<sup>-1</sup> (CPTI, 2008a), oriundas dos municípios de Dois Córregos e Mineiros do Tietê, que ainda não possuem sistema de tratamento de esgotos e de parte da zona urbana de Jaú, localizada na sub-bacia do Córrego da Figueira, cujos bairros não estão interligados ao sistema de tratamento de esgotos da cidade.

Lanna (2001) ilustra que a água, como outros recursos ambientais, têm caráter multifuncional, pois ela presta-se a atender demandas de múltiplas funções sociais, econômicas e ambientais. Estas funções podem ser classificadas em:

- ☞ Função de produção: quando os recursos ambientais são usados como bens de consumo final ou intermediário; por exemplo, água para consumo humano ou irrigação;
- ☞ Função de suporte: quando os recursos ambientais criam condições para a vida e as atividades produtivas; por exemplo, a água, como habitat natural e como meio de transporte;
- ☞ Função de regulação: quando os recursos ambientais limpam, acomodam, filtram, neutralizam ou absorvem resíduos ou ruídos: água para diluição, afastamento e depuração de resíduos;
- ☞ Função de informação: quando os recursos ambientais servem de indicadores sobre “estados ambientais”.

O gerenciamento de um recurso ambiental multifuncional, como a água, ainda mais quando em situações de escassez, deve ser realizado através de uma estrutura matricial na qual uma das dimensões trata do gerenciamento dos múltiplos usos e a outra do gerenciamento da oferta desse recurso. O gerenciamento da oferta de um recurso ambiental para os diferentes setores socioeconômicos visa a antecipar e dirimir conflitos entre demandas do mesmo setor e entre demandas de diferentes setores, além de conflitos entre o uso pela geração presente e pelas futuras.

Os diversos gerenciamentos das disponibilidades dos recursos ambientais não podem ser realizados de forma isolada já que o uso de um recurso pode comprometer quantitativa ou qualitativamente a oferta de outro e/ou alterar a demanda sobre o mesmo. É o caso típico da vinculação entre os recursos solo e água: o uso do solo pode aumentar a demanda por água e, em paralelo, diminuir sua disponibilidade, e vice-versa (TUCCI e MENDES, 2006).

Para promover a compatibilização entre as diversas demandas e ofertas de recursos ambientais a sociedade deve tomar decisões políticas e estabelecer sistemas jurídico-administrativos adequados, através de uma delimitação geográfica que contenha a maioria das relações de causa-efeito, sem tornar complexa a operacionalidade. Neste contexto surge o Gerenciamento de Bacia Hidrográfica como instrumento orientador das ações do poder público e da sociedade no controle do uso dos recursos ambientais naturais ou antrópicos pelo homem com vistas ao desenvolvimento sustentável.

No estudo de caso apresentado, as evidências indicam que o comportamento fluviológico do Rio Jaú, por exemplo, é consequência de problemas ao longo de toda a bacia nos mais variados níveis dos processos de uso do solo e da água. Este fato leva à reflexão sobre um dos grandes desafios ambientais da atualidade que é estabelecer o nível adequado das inter-relações entre os recursos naturais e a pressão crescente pelo desenvolvimento, de forma a compatibilizar o crescimento econômico com as questões sociais e com a capacidade de suporte dos ecossistemas. Definida a bacia hidrográfica como

unidade de gestão um dos instrumentos utilizados para garantir esta compatibilização é a legislação ambiental, principalmente através de normas para a restrição de uso da terra.

Outro instrumento fundamental é o planejamento ambiental, visando a elaboração de programas e projetos que possam ser executados com eficácia na resolução de problemas garantindo o atendimento pleno das necessidades do ser humano, o uso correto dos recursos naturais e a manutenção da qualidade ambiental. A primeira etapa no processo de Planejamento Ambiental consiste no conhecimento do ambiente, no caso a bacia hidrográfica. Esta fase é conhecida como Caracterização e Análise Ambiental, e exige tempo e recursos caracterização dos diversos componentes e aspectos ambientais da área de estudo para verificar se o sistema tem capacidade para absorver os diferentes usos antrópicos, considerando os riscos que cada atividade pode oferecer (PIRES, 1995).

O planejamento ambiental é um dos elementos da gestão ambiental, que pode ser definida como o processo de articulação das ações dos diferentes atores sociais que interagem em um dado espaço visando garantir a adequação dos modos de exploração dos recursos ambientais, naturais ou antrópicos, face às especificidades do meio ambiente, com base em princípios e diretrizes previamente acordados ou definidos (LANNA, 2001).

A gestão ambiental busca administrar o uso dos recursos naturais através de ações que visem manter ou recuperar a qualidade do meio ambiente (PIRES, 1995). É, portanto, uma atividade política voltada à formulação de princípios e diretrizes, à estruturação de sistemas gerenciais e à tomada de decisões que têm por objetivo final promover, de forma coordenada, o inventário, uso, controle, proteção e conservação do ambiente visando a atingir o objetivo estratégico do desenvolvimento (TUCCI e MENDES, 2006).

Fazem parte da Gestão Ambiental:

- ☐ Política Ambiental: Conjunto de princípios doutrinários que conformam as aspirações sociais e/ou governamentais no que concerne à regulamentação ou modificação no uso, controle, proteção e conservação do ambiente;
- ☐ Planejamento Ambiental: Estudo prospectivo que visa a adequação do uso, controle e proteção do ambiente às aspirações sociais e/ou governamentais expressas na Política Ambiental, através da coordenação, compatibilização, articulação e implementação de projetos de intervenções estruturais e não-estruturais, possibilitando a compatibilização da oferta e do uso dos recursos ambientais no espaço e no tempo;
- ☐ Gerenciamento Ambiental: Conjunto de ações destinado a regular a prática operacional de uso, controle, proteção e conservação do ambiente e a avaliar a conformidade da situação corrente com os princípios doutrinários estabelecidos pela Política Ambiental.
- ☐ Modelo de Gerenciamento Ambiental: Referencial teórico que orienta os procedimentos, os papéis e as participações dos diversos agentes sociais envolvidos no Gerenciamento Ambiental.
- ☐ Sistema de Gerenciamento Ambiental: Conjunto de organismos, agências e instalações governamentais e privadas, estabelecido com o objetivo de executar a Política Ambiental através do Método de Gerenciamento Ambiental adotado e tendo por instrumento o Planejamento Ambiental.

Apesar de tratadas de forma separada pela legislação (Lei Federal nº. 6.938/1.981 - Política Nacional do Meio Ambiente e Lei Federal nº. 9.433/1.997 Política Nacional de Recursos Hídricos), a integração entre a gestão ambiental e a gestão de recursos hídricos torna-se evidente quando as águas são consideradas um recurso natural e a bacia hidrográfica é tomada como unidade de gerenciamento. Nesse contexto, a gestão dos recursos hídricos também deve ser pautada nos mesmos constituintes da gestão ambiental, que mais especificamente incluem a política das águas, o plano de uso, controle e proteção das águas (plano de bacia) e o gerenciamento das águas (SMANIOTTO, 2007).

Cendrero (1982) define planejamento ambiental como a análise dos fatores físico-naturais, sócio-econômicos e políticos de uma área (país, região, bacia

hidrográfica, município, organização), incluindo aí os recursos hídricos, para o estabelecimento das formas de uso adequadas, definindo a amplitude e localização de cada uso. O planejamento envolve ainda recomendações sobre as normas que devem regular o uso do território e de seus recursos. Segundo o autor o planejamento ambiental, dependendo de seus objetivos pode ser realizado em três níveis distintos: macro ou estratégico, meso ou tático e micro ou operacional.

No nível macro, desenvolvem-se as atividades estratégicas de análise e diagnósticos dos componentes físicos, bióticos e sócio-econômicos-culturais, com a definição de prioridades de desenvolvimento, abrangendo, com igual importância, os objetivos ambientais, econômicos e sociais. No nível meso são definidas e caracterizadas as atividades através da descrição e representação, em mapas, das características e aptidões do território considerado e do inventário de seus recursos, visando gerar propostas alternativas de uso do território. No nível micro são selecionadas localizações específicas para os empreendimentos, através de projetos executivos detalhados.

Dentro do modelo de gerenciamento ambiental que adota a bacia hidrográfica como unidade geográfica de planejamento e intervenção, o Plano de Bacia, como o Plano da UGRHI - TJ, aprovado recentemente pelo Comitê da Bacia Hidrográfica Tietê - Jacaré (CBH - TJ), é um instrumento de planejamento ambiental da escala macro. A proposta de determinação de áreas prioritárias para implementação da Reserva Legal na Bacia Hidrográfica do Rio Jaú, resultado final deste trabalho, é um instrumento da escala meso e um projeto florestal de recomposição de Reserva Legal de uma sub-bacia do Rio Jaú, um instrumento da escala micro de planejamento ambiental.

As ações de recuperação de bacias hidrográficas degradadas devem ser definidas, portanto, de forma estratégica considerando os princípios e as diretrizes do planejamento ambiental, sendo realizadas segundo as premissas da gestão ambiental e em conformidade com a legislação pertinente. Entre outros objetivos, estas ações visam manter ou recuperar a capacidade dos ambientes em

prestarem os serviços ecossistêmicos. Em bacias degradadas atingir este propósito só é possível através da plena interação entre a legislação, o planejamento e a gestão.

#### **4.3.2 Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal**

A idéia de restringir a utilização da terra de parte da propriedade rural no Brasil é antiga: o embrião do conceito de reserva legal já estava presente no primeiro Código Florestal Brasileiro elaborado em 1934. Naquela época o conceito de reserva florestal surgiu com o objetivo de garantir o estoque de madeiras nas propriedades rurais e obrigava os fazendeiros a manter um percentual de matas em suas terras. A lei permitia, entretanto, que essa reserva fosse constituída por mata nativa ou por florestas homogêneas plantadas. A legislação florestal é, portanto, mais antiga que a consciência ambiental (DERIVI, 2008).

Décadas depois o segundo Código Florestal Brasileiro, de 1965, estabeleceu os limites para a exploração agropecuária das propriedades rurais visando preservar a vegetação nativa. A lei estabeleceu que as áreas preservadas fossem de 20% para as regiões sul, sudeste e parte do nordeste e centro-oeste e 50% para as áreas não desbravadas como a região Norte e o norte do Centro-Oeste (BRASIL, 1965).

O termo “Reserva Legal” teve destaque a partir de 1989, com a Lei Federal nº 7.803, que modificou o Código Florestal. Pela primeira vez a legislação preocupava-se efetivamente com a conservação da biodiversidade. A partir daí passou a ser obrigatória a averbação da reserva legal nos registros de imóveis e qualquer intervenção nestas áreas ficou condicionada à autorização do órgão ambiental (BRASIL 1989).

Em 1991 a Lei de Política Agrícola determinou a obrigatoriedade de reposição gradativa de mata nativa na reserva legal (BRASIL 1991). O resultado do endurecimento da legislação, porém, não foi o esperado. Apesar de existirem

poucos números sobre o assunto, um parecer publicado em 2005 pela ESALQ/USP estima que menos de 10% das propriedades rurais no país mantém a reserva legal e mesmo nessas, as áreas estão normalmente abaixo do mínimo exigido por lei (DERIVI, 2008).

De acordo com a Medida Provisória no 2.166-67 de 2001, Reserva Legal é a “área localizada no interior de uma propriedade ou de posse rural, excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais; à conservação e à reabilitação de processos ecológicos; à conservação da biodiversidade e ao abrigo e à proteção de fauna e de flora nativas”. Ela não inclui a área de preservação permanente, sendo possível considerá-las em conjunto apenas na posse familiar ou na pequena propriedade rural (Brasil, 2001).

As áreas definidas como Áreas de Preservação Permanente (APP), que segundo Gonçalves et al (2009) representam, em média, de 7 a 10% em cada bacia hidrográfica no Estado de São Paulo, compreendem:

- ☐ uma faixa ao longo de rios e córregos de largura variável (30 a 500 m) de acordo com a largura do curso em questão;
- ☐ uma faixa de 30, 50 ou 100 m ao redor de lagoas ou lagos naturais;
- ☐ uma faixa de 15, 30 ou 100 m ao redor de reservatórios artificiais
- ☐ um raio de 50 m ao redor de nascentes;
- ☐ o topo de morros e montanhas;
- ☐ as encostas ou parte destas com declividade superior a 45° (100 %);
- ☐ as restingas
- ☐ as bordas de tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa de 100 m;
- ☐ áreas acima de 1800 m de altitude.

O ponto de partida para a medição da APP ao longo dos cursos d’água, nascentes e reservatórios naturais (lagos e lagoas), deve corresponder ao nível atingido pelas águas durante as maiores cheias, ou seja, à cota mais alta do espelho d’água, correspondente ao “nível mais alto” definido no artigo 2º do Código Florestal, ou “leito maior sazonal” do curso d’água nos termos da

Resolução CONAMA nº 303 de 2002 (CONAMA. 2002a). Para os reservatórios de águas artificiais, o nível mais alto do espelho d'água é determinado pelo nível do extravasor lateral, equipamento de construção obrigatória de acordo com as exigências do órgão licenciador (Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE no âmbito estadual e Agência Nacional de Águas – ANA, no âmbito federal). Desta forma, o nível é constante durante toda a estação chuvosa e a medição da APP é feita de forma direta a partir da borda da represa (CONAMA. 2002b).

A partir da Lei Federal nº. 7.803/1989, a figura da Reserva Legal constituiu para o Estado de São Paulo 20% de cada propriedade rural, onde não é permitido o corte raso, que deve ser averbada à margem da inscrição de matrícula do imóvel (Brasil, 1989). A averbação da reserva legal no Estado de São Paulo é feita mediante assinatura, pelo proprietário, do “Termo de responsabilidade de preservação da Reserva Legal”, no Departamento Estadual de Proteção dos Recursos Naturais - DEPRN.

Entre os critérios considerados pelo DEPRN, destacam-se a presença de vegetação; a existência de vegetação que exerça função de proteção de mananciais e de prevenção e controle da erosão; a classe de capacidade de uso do solo; a conectividade com APP ou outras áreas de reserva legal ou ainda a conectividade com outros maciços de vegetação; o abrigo de flora e de fauna ameaçadas de extinção; a proteção de várzeas com fitofisionomia florestal, arbustiva ou herbácea; o Plano de Bacia Hidrográfica; o Plano diretor do município; o Zoneamento ambiental; a proximidade com unidades de conservação e outros espaços territoriais especialmente protegidos e as áreas de excepcional valor paisagístico ou protegidas por legislação municipal.

A Medida Provisória no 2.166-67 de 2001 prevê uma série de alternativas para averbação da reserva legal pelos proprietários rurais. No Estado de São Paulo estas alternativas foram regulamentadas através da Lei Estadual nº. 12.927/2008 e o Decreto Estadual nº. 50.889/2009 (São Paulo, 2008 e 2009). Estas normas são uma tentativa de aumentar o número de propriedades rurais



com Reserva Legal, visto que apesar da obrigatoriedade, apenas uma minoria de cumpre a norma no Estado de São Paulo, demonstrando a pequena efetividade do Código Florestal diante da ausência de estratégias eficazes que estimulem as ações ambientais dos atores sociais envolvidos.

Parte do setor produtivo e órgãos e instituições de pesquisa da área econômica alegam que a implantação da Reserva Legal diminuirá a área produtiva, afetando a geração de renda e de empregos no campo. Gonçalves et al (2009) estima que na UGRHI – TJ a perda de área plantada com cana-de-açúcar seja de aproximadamente 100 mil hectares para uma recomposição total da reserva legal de 260 mil hectares na bacia. O autor, entretanto, não considera que, tendo em vista o avanço da colheita mecanizada de cana, parte desta área tornar-se-á inviável para a cultura, devido a limitação pelo fator declividade. Além disso, o Decreto Estadual nº. 53.939/2009, que dispõe sobre a Reserva Legal permite, nestas áreas, a adoção de Sistemas Agroflorestais (SAF) onde são manejadas plantas lenhosas perenes em associação com plantas herbáceas, culturas agrícolas e forrageiras, desde que formem um arranjo espacial e temporal com alta diversidade de espécies e interações ecológicas entre estes componentes (São Paulo, 2009).

O Decreto Estadual nº. 50.889/2009 prevê ainda a alternativa de instituir a Reserva Legal em regime de condomínio entre mais de uma propriedade, permitindo desta forma a averbação de áreas maiores. O decreto determina ainda a possibilidade de compensar a Reserva Legal por outra área equivalente em importância ecológica e extensão ou mediante arrendamento de área sob regime de servidão florestal ou Reserva legal ou ainda através de aquisição de cotas de Reserva Legal. Estas alternativas possibilitam que as áreas destinadas a conservação da vegetação nativa através da Reserva Legal, sejam definidas para uma Bacia Hidrográfica como um todo e não para propriedades individualizadas, aumentando desta forma os ganhos ambientais.

### **4.3.3 Classificação de áreas prioritárias na Bacia Hidrográfica do Rio Jaú para Reserva Legal**

A definição de áreas prioritárias para a Reserva Legal no âmbito de uma Bacia Hidrográfica considerando critérios múltiplos tais como geologia, declividades, tipos de solo, áreas de mananciais, conectividade entre fragmentos, entre outros, pode contribuir, não apenas para garantir a produção agrosilvopastoril sustentável, mas também para otimizar a prestação de serviços ecossistêmicos fundamentais, como a produção de água. Além disso, a contribuição para a preservação da biodiversidade será maior tendo em vista o aumento da viabilidade das populações e espécies, pois fragmentos maiores são, geralmente, menos vulneráveis ecologicamente, principalmente quando conectados a outros fragmentos por “corredores” (PIRES, 1995).

A adoção de estratégias como a constituição de áreas de Reserva Legal em área contígua a APP, principalmente em sub-bacias utilizadas como mananciais pode aumentar a eficácia da utilização das áreas florestadas nas margens dos rios como corredores de conexão entre fragmentos, pois apesar da ausência de dados científicos suficientes para generalizações sobre as funções dos corredores, várias pesquisas mostram que o aumento da riqueza de espécies está diretamente relacionado a uma maior largura dos corredores (METZGER, 2003).

Borges et al (2005) concluíram que a maior largura das matas ciliares amplia a eficiência da retenção e reduz o pico do escoamento superficial para os rios, além de atender ainda parte do aumento da área florestada para equilibrar a retenção de água destinada à infiltração. Diante do exposto o primeiro critério a ser considerado visando a classificação para a priorização de áreas para a Reserva Legal nas sub-bacias do Rio Jaú utilizadas como mananciais foi a ampliação da faixa de mata ciliar.

Como todos os rios da bacia enquadram-se na primeira categoria definida pelo Código Florestal (até 10 m de largura), foi considerado fator preferencial para

compor a Reserva Legal uma faixa 70 metros contígua a APP, totalizando 100 metros de largura de mata ciliar. De maneira análoga, nestas sub-bacias, ao redor das nascentes foi considerada como área prioritária para compor a Reserva Legal a área adjacente a APP, acrescentando mais 50 m aos 50 m de raio, estabelecidos pelo Código Florestal, totalizando uma área circular com raio de 100 metros.

O segundo critério em importância para a classificação foi o Mapa de sub-bacias. As sub-bacias utilizadas como mananciais foram definidas como preferenciais. No mapa de classes de declividades as áreas determinadas como preferenciais foram aquelas com declividades acima de 12%. Para o mapa de geologia as áreas sobre as Formações Itaqueri e Botucatu foram definidas como prioritárias. Quanto aos mapas de susceptibilidade a erosão e de pedologia foram definidas como preferenciais aquelas classificadas como de alta susceptibilidade à erosão e as compostas por Latossolos Vermelho Amarelos e Neossolos, respectivamente. As restrições definidas foram: Área de Preservação Permanente, Áreas urbanizadas, Reservatórios e Rios. A Tabela 31 mostra os critérios, as preferências e as ponderações utilizadas na análise multi critério. Com os critérios e preferências ponderados, foi utilizada a função “*Image Calculator*” do SIG Idrisi Andes para processar a seguinte equação:

$$R = ((MAPP \times 4) + (MAN \times 3) + (DEC \times 2) + (GEO \times 2) + (SOL) + (ERO)) \times [URB] \times [APP] \times [RES] \times [RIO]$$

Onde:

R = Resultado Final;

(MAPPx4) = critério conexão Reserva Legal/APP em mananciais, ponderador 4;

(MANx3) = critério sub-bacia manancial, ponderador 3;

(DECx2) = critério declividade, ponderador 2;

(GEOx2) = critério geologia, ponderador 2;

(SOL) = critério tipo de solo, ponderador 1;

(ERO) = critério susceptibilidade à erosão, ponderador 1;

[URB] = restrição área urbanizada;

[APP] = restrição área de preservação permanente;

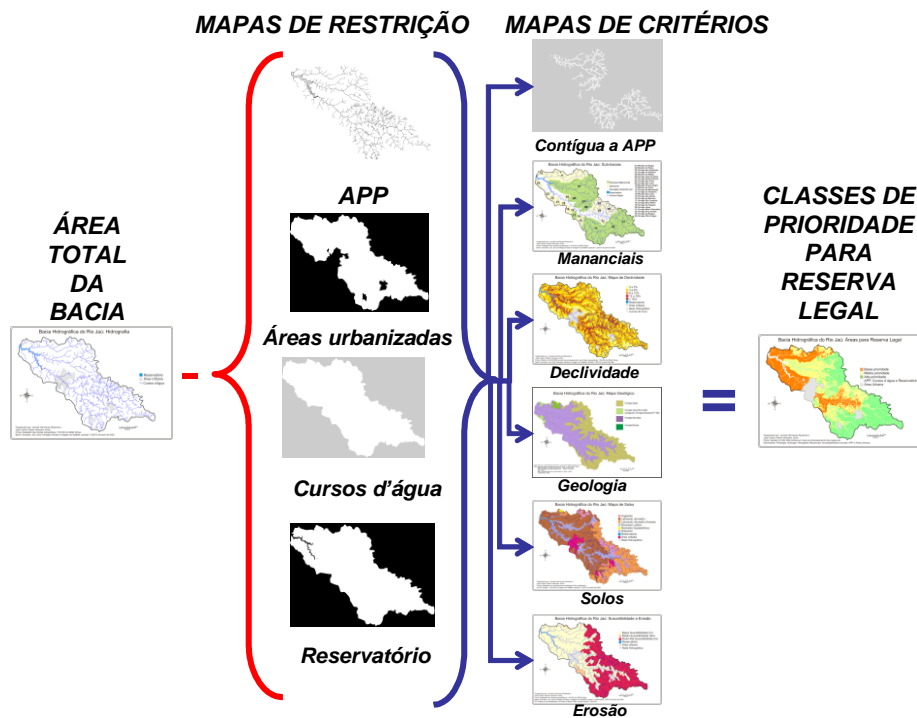
[RES] = restrição reservatório;

[RIO] = restrição rios.

**Tabela 31:** Critérios e ponderações utilizados para a classificação das áreas da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú quanto a priorização para a averbação e implementação da Reserva Legal visando a prestação de serviços ecossistêmicos essenciais

CÓDIGO	CRITÉRIO	PESO	Peso Normalizado	Função	Categorias	Gau de Preferência	Preferência Normalizada
MAPP	Área contigua a APP nos mananciais	4	0,31	Proteção dos corpos d'água e formação de corredores	Manancial	3	0,231
					Não manancial	1	0,077
MAN	Sub-bacia Manancial	3	0,23	Produção de água	Manancial	3	0,173
					Não manancial	1	0,058
DEC	Declividade	2	0,15	Áreas não mecanizáveis para a colheita da cana-de-açúcar	> 12%	2	0,103
					Até 12 %	1	0,051
GEO	Geologia	2	0,15	Recarga dos aquíferos e do fluxo de base	Itaqueri e Botucatu	2	0,103
					Serra Geral e Adamantina	1	0,051
SOL	Tipo de solo	1	0,08	Áreas com menor potencial agrícola	Latossolos Vermelho Amarelos	4	0,031
					Neossolos	3	0,023
					Argissolos	2	0,015
					Latossolos Vermelhos	1	0,008
					Nitossolos	0	0,000
ERO	Susceptibilidade à erosão	1	0,08	Conservação do solo e da água	Alta	3	0,038
					Média	2	0,026
					Baixa	1	0,013
SOMATÓRIA		13	1,00		SOMATORIA		1,000

O processamento foi realizado com os mapas restrições funcionando como máscaras, ou seja, excluindo da análise todas as áreas de preservação permanente, as áreas urbanizadas e as áreas ocupadas por cursos d'água e reservatórios. Nas áreas restantes os mapas critérios hierarquizaram as áreas que foram definidas em 3 classes: áreas de baixa, média e alta prioridade para a implementação de Reserva Legal. A Figura 43 ilustra a combinação dos mapas de restrições e de critérios utilizados para a classificação das áreas em relação ao grau de prioridade para implementação de Reserva Legal. A Tabela 32 apresenta os resultados da classificação expressos em quilômetros quadrados e percentuais da área da bacia.



**Figura 43:** Combinação de mapas de restrições e critérios para a classificação do grau de prioridade quanto a implementação de áreas de Reserva Legal

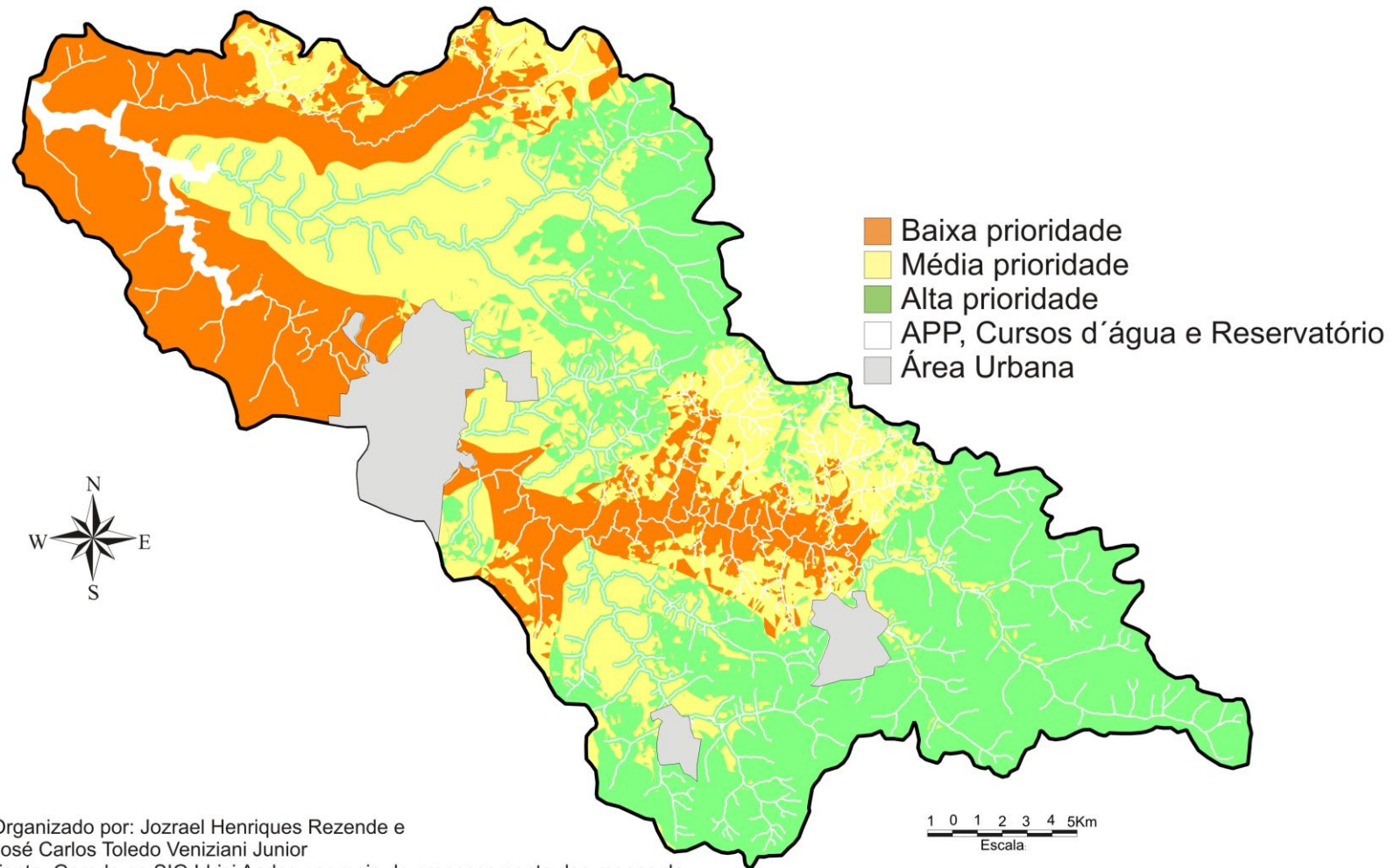
**Tabela 32:** Áreas da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú quanto ao grau de prioridade para implementação de Reserva Legal e áreas de restrição.

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS		km <sup>2</sup>	%
ÁREAS PARA RESERVA LEGAL	Baixa Prioridade	179,05	23,8%
	Média Prioridade	204,71	27,2%
	Alta Prioridade	262,63	34,9%
ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE		46,45	6,2%
ÁREAS URBANIZADAS		47,14	6,3%
RIOS		6,54	0,9%
RESERVATÓRIO		5,72	0,8%
<b>TOTAL</b>		<b>752,25</b>	<b>100,0%</b>

As áreas de alta prioridade concentraram-se nas porções leste, sudeste e nordeste da bacia. As áreas de alta prioridade estão concentradas nos mananciais, quase sempre coincidentes com a Formação Itaqueri e também com as áreas de maior susceptibilidade à erosão. As áreas contíguas aos cursos d'água das sub-bacias utilizadas como mananciais (Sub-bacias do Bugio, Peixe, São João, Pouso Alegre, João da Velha, Santo Antônio, São Joaquim e Pires) também foram classificadas como de alta prioridade.

As áreas classificadas como de baixa e média prioridade são as de maior aptidão agrícola, principalmente no que diz respeito aos tipos de solos. A Figura 44 mostra a localização das áreas quanto as classes de prioridade para implementação de Reserva Legal e as áreas de restrição. Entre as restrições as áreas de APP na Bacia do Jaú representam 6,2% do total, valor ligeiramente inferior a média estimada para as bacias do Estado de São Paulo.

## Bacia Hidrográfica do Rio Jaú: Áreas para Reserva Legal



**Figura 44:** Classificação de áreas da Bacia do Jaú quanto prioridade para a implantação de Reserva Legal

## 5. CONCLUSÕES

O comportamento da vazão de um rio retrata suas condições hidrológicas, ou seja, representa o estado do corpo de água quanto a quantidade de água, portanto a existência de dados consistentes que possam ser integrados e transformados em indicadores e índices é de fundamental importância para o planejamento e o gerenciamento de bacias hidrográficas. Dados fluviológicos processados e analisados permitem entender e quantificar o comportamento de um rio e de todo o sistema hídrico interligado. Embora a Regionalização Hidrológica possa otimizar as informações existentes em regiões com poucos dados, nenhum modelo, técnica matemática ou estatística é capaz de criar informações e, portanto, quanto maior a disponibilidade de dados, maior a consistência do modelo.

Este estudo, por exemplo, analisou dados de uma série temporal curta (15 anos), entre 1984 a 1998, por inexistência de dados oficiais de vazão a partir de meados de 1999 devido a desativação dos postos fluviométricos nas Bacias Hidrográficas dos Rios Jaú e Jacaré-Pepira. Estas bacias, cujas áreas somadas ultrapassam 3.300 km<sup>2</sup>, não dispõem de dados de vazão diária há dez anos. Este fato determina que o planejamento, o gerenciamento e o licenciamento do uso múltiplo das águas, ou seja os processos de tomadas de decisão, sejam baseados em métodos de regionalização e em estatísticas hidrológicas obtidas a partir de séries curtas, que muitas vezes não são representativos do comportamento hidrológico da bacia hidrográfica.

O trabalho demonstra que análises estatísticas relativamente simples, com a aplicação de conceitos básicos de hidrologia, permitem selecionar e integrar variáveis e estabelecer um conjunto de critérios objetivos verificáveis no tempo e no espaço, permitindo a determinação de indicadores para avaliar a situação dos rios quanto as características de suas vazões, desde que existam dados hidrológicos disponíveis em quantidade suficiente. Foi possível verificar, através de diversas técnicas de análise do comportamento fluviológico de rios, a partir dos dados existentes, que é possível comparar as principais variáveis de vazão ou do pulso de rios localizados em regiões com características



climáticas semelhantes, principalmente no que diz respeito as características das precipitações.

No estudo de caso apresentado foi possível verificar a maior instabilidade do pulso do Rio Jaú quando comparado aos Rios Jacaré-Pepira; Jacaré-Guaçu e Boa Esperança através dos indicadores apresentados. Na análise a partir das séries diárias de vazão, por exemplo, constatou-se que o Rio Jaú apresentou as menores vazões mínimas específicas na limnofase (estiagem) e as maiores vazões máximas na potamofase (cheia). Foi demonstrado também que as vazões de permanência do Rio Jaú, garantidas em 70% do tempo ou mais, são nitidamente menores que as dos demais rios, além do mesmo apresentar o maior coeficiente de variação (resultado do quociente entre o desvio padrão e a média).

A comparação entre o comportamento hidrológico de cada um dos rios em relação às vazões previstas pela Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo mostra que o Rio Jaú apresentou o dobro de dias com vazão abaixo da média prevista em relação aos demais rios, foi o único rio que teve vazão mínima menor que a vazão garantida em 95%, estimada pelo método de regionalização e também foi o único rio no qual a vazão mínima atingiu a vazão crítica de estiagem de 7 dias consecutivos para 10 anos de tempo de retorno, estimada pela referida metodologia.

A análise do hidroperíodo dos rios através do software “Pulso” mostrou que a estacionalidade da potamofase e da limnofase foi respectivamente de 4 meses e 8 meses para os Rios Jaú e Jacaré-Pepira e de 6 meses e 6 meses para o Jacaré-Guaçu. Os Rios Jaú, Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu apresentaram predominantemente vazões em baixa e o Rio Jaú foi o que passou o maior número de dias em baixa. Os resultados obtidos com a aplicação do software demonstraram ainda que o fluviograma do Rio Jaú no período foi o mais instável e o menos previsível, apresentando o maior número de pulsos, a maior tensão máxima, a menor amplitude média. Isto significa que a perturbação hidrológica foi maior o que, certamente, ocasionou condições menos favoráveis à renovação e ao funcionamento dos ecossistemas

aquáticos e de transição do rio, à manutenção da estrutura e das principais funções ecológicas e à resiliência do sistema.

A análise ambiental indica que a maior instabilidade do pulso do Rio Jaú está diretamente relacionada aos aspectos ambientais uso da terra e uso múltiplo das águas na bacia. Os usos consuntivos de água na bacia já consomem mais de 80% da vazão crítica de estiagem e o índice de cobertura vegetal natural arbórea da Bacia do Jaú é menor que 3%. Este quadro reflete a inexistência de estratégias de planejamento e de gerenciamento das disponibilidades dos recursos ambientais no âmbito da bacia hidrográfica e mostra o comportamento fluviológico do Rio Jaú como consequência de problemas ao longo de toda a bacia nos mais variados níveis dos processos de uso do solo e da água.

A solução para os problemas e conflitos gerados por este estado depende de estratégias de gestão capazes de compatibilizar o crescimento econômico com as questões sociais e com a capacidade de suporte dos ecossistemas. É preciso estabelecer o nível adequado das inter-relações entre os recursos naturais e a pressão crescente pelo desenvolvimento para que se possa garantir a prestação de serviços ecossistêmicos essenciais como a produção de água. Os resultados encontrados demonstram a urgência de medidas que limitem as outorgas de águas superficiais e que restaurem a vegetação arbórea de forma significativa na bacia.

Medidas como a suspensão temporária das outorgas de águas superficiais na bacia, até que as outorgas existentes sejam revistas e a verificação de captações clandestinas através de um detalhado e rigoroso processo de fiscalização é imperioso e urgente, afinal o percentual de águas superficiais utilizado é muito maior que o valor adotado pelo DAEE para a vazão máxima outorgável por bacia que é de 50% da  $Q_{7,10}$  (MMA/ANA, 2007). A adequação da demanda, porém, não será suficiente para garantir a revitalização do Rio Jaú e de seus afluentes. Somente a recuperação das áreas florestadas poderá levar a impactos ambientais positivos modificando os processos envolvidos no ciclo hidrológico da bacia. Por isso a restauração

florestal deve ser adotada como estratégia prioritária de manejo dos recursos naturais no âmbito da Bacia Hidrográfica do Jaú.

A recuperação das matas ciliares ao longo de rios e nascentes é fundamental, entretanto as áreas de preservação permanente representam apenas 6,2% da área total da bacia, conforme estimado por este estudo, ou seja, recuperar estas áreas não será suficiente para garantir a qualidade ambiental. A recuperação ambiental da bacia demandará também a restauração florestal da área de Reserva Legal. Diante deste fato e considerando a inobservância e inoperância da legislação ambiental federal que trata do assunto, a determinação de áreas prioritárias para a implementação de Reserva Legal no âmbito da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú., aproveitando as possibilidades existentes principalmente a partir do Decreto Estadual nº. 53.939, de 06 de janeiro de 2009, é uma estratégia que pode ser empregada no gerenciamento da bacia para tomar decisões.

O uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) nos processos de tomada de decisão é de utilização recorrente em estudos ambientais diversos. A agilidade de interpretações e avaliações envolvendo a interação e ponderação de inúmeros critérios permite a simulação de diversos cenários e respostas, contribuindo para apresentar um conjunto de alternativas para a resolução de um problema. Ao hierarquizar a importância das áreas em relação a Reserva Legal, através da utilização de um SIG, este estudo contesta o paradoxo criado pela exigência de reservar 20% de cada propriedade rural para a conservação de florestas. O estudo propõe que este percentual seja considerado no âmbito da bacia hidrográfica, pois certamente os benefícios ambientais serão maiores quando da efetivação destas novas florestas.

Será preciso criar mecanismos de compensação para aquelas propriedades rurais localizadas integralmente em áreas de alta prioridade para Reserva Legal, que optarem por reservar um percentual maior que o previsto em lei. Esta compensação pode ser financiada por aquelas propriedades que, considerando o zoneamento proposto, não se encontram em áreas de alta prioridade e que, portanto, terão um percentual menor ou até nenhum

percentual de Reserva Legal. Estas definições demandam políticas públicas de âmbito regional que determinem, incentivem e apoiem estratégias de racionalização e sustentabilidade do uso da terra e do uso múltiplo das águas.

Para o caso apresentado as definições de políticas públicas e a elaboração de um plano de ação devem ser realizadas através de um colegiado intermunicipal, envolvendo os sete municípios que compõem a bacia, com o apoio e a participação do Comitê da Bacia do Tietê – Jacaré. Esse colegiado deve ser conduzido pelo poder público, tendo a frente os municípios de Jaú, Dois Córregos e Mineiros do Tietê, que representam praticamente 87% da área da bacia e quase a totalidade da população. É fundamental, como ocorre nos Comitês de Bacia, garantir neste colegiado a representação e o envolvimento das instituições de ensino e pesquisa, do setor produtivo e da sociedade civil organizada, nos processos de decisão, construindo, desta forma, políticas públicas regionais pró-ativas e descentralizadas.

É fundamental ainda avançar na determinação das relações de causa-efeito da alteração do regime de pulsos dos rios. O desenvolvimento de modelos que determinem os índices de vegetação arbórea necessários para a manutenção ou para a recuperação da resiliência, da estrutura e das funções ecológicas do sistema formado por rio, zona ripária e área de drenagem em bacias hidrográficas pode contribuir para a orientação da distribuição espacial e temporal das ações de restauração ecológica. Estes estudos podem servir ainda para a elaboração de indicadores de qualidade ambiental, através da comparação entre a situação ideal de vegetação e vazão e a existente na bacia, servindo como referência para a valoração da prestação de serviços ambientais relacionados à produção de água.

Em relação ao cenário estudado, é preciso prosseguir os trabalhos, avaliando as alterações na cobertura vegetal e no uso da terra nas bacias ocorridas na última década e o comportamento hidrológico dos rios, pois foi notório o aumento das áreas cultivadas com cana-de-açúcar em toda a sub-bacia do Alto Jacaré-Pepira e nas cabeceiras da sub-bacia do Rio Jaú, em substituição as pastagens e a outras culturas.

## 6. REFERÊNCIAS

ATTANASIO, C. M. **Planos de Manejo Integrado de Microbacias Hidrográficas com uso agrícola: Uma abordagem hidrológica na busca da sustentabilidade.** 2004. 193 p. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), Piracicaba, SP.

ATTANASIO, C. M.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Manual de recuperação de Matas Ciliares para Produtores Rurais.** Campinas - SP: Secretaria de Agricultura e Abastecimento - Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI. 2007. 52 p. il.

BACELLAR, L.A.P. **O papel das florestas no regime hidrológico de bacias.** Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. 39 p. Disponível em: <http://www.degeo.ufop.br/geobr>. Acesso em: 17jan2008.

BARRELA, W.; PETRERE JR, M.; SMITH, W. S.; MONTAG. L. F. A. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H.F. **Matas Ciliares: conservação e recuperação.** São Paulo: Edusp. p. 1187-207, 2001.

BENDA, L.; POFF, L.; MILLER, D.; DUNNE, T.; REEVES, G.; PESS, G.; POLLOCK, M. The Network Dynamics Hypothesis: How Channel Networks Structure Riverine Habitats. **Bioscience**, vol. 54, no. 5. p 413-427, 2004.

BERTOLINI, D. et al. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água. Volume II: Potencialidades agrícolas das terras do Estado de São Paulo.** Campinas: CATI, 1994. 168p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** São Paulo: Ícone. 1985.

BINDER, W. **Rios e Córregos, Preservar - Conservar - Renaturalizar: A Recuperação de Rios, Possibilidades e Limites da Engenharia**

**Ambiental** Rio de Janeiro: SEMADS, Cooperação Técnica Brasil-Alemanha, Projeto PLANÁGUASEMADS / GTZ. 1998. 41p. il.

BITTENCOURT, M. M.; AMADIO, S. A. Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões-Amazonas nas proximidades de Manaus. **Acta Amazônica**. Vol. 37(2), p. 303-308, 2007.

BORDAS, M. P.; SEMMELMANN, F. R. Engenharia de Sedimentos. In: TUCCI, C.E.M. (Org.), **Hidrologia - ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS, ABRH, 1993. p 915-943.

BORGES, M. J.; PISSARRA, T. C. T.; VALERI, S. V.; OKUMURA, E. M. Reflorestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo da bacia hidrográfica do Córrego Palmital, Jaboticabal, SP. **Scientia forestalis**, n. 69, p.93-103, dez. 2005.

BRAGA, R A P. A Água e a Mata Atlântica. In: **Anais do VII Seminário Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica**. CNRBMA, Ilhéus , p. 01-10. 1999.

BRASIL. **Lei Federal nº. 4.771, de 15 de setembro de 1965** – Institui o Código Florestal Brasileiro. 1965.

BRASIL. **Lei Federal nº. 7.803, de 18 de julho de 1989** – Altera a redação da Lei nº. 4771 de 15 de setembro de 1989.

BRASIL. **Lei Federal nº. 8.171, de 17 de janeiro de 1991** – Dispõe sobre a Política Agrícola. 1991.

BRASIL. **Medida Provisória nº. 2166-67, de 24 de agosto de 2001**. Altera artigos e acresce dispositivos à Lei nº. 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal Brasileiro. 2001.

BRETSCHKO, G. River/Land Ecotones: Scales and Patterns. **Hydrobiologia**, vol. 303, p. 83-91, 1995.

BRUIJNZEEL, L.A., **Hydrology of Moist Tropical Forests and Effects of Conversion: A State of Knowledge Review**. IHP. IAHS. UNESCO. 1990. 224p.

CALDER, I. R. **Water - resources and Land - Use issues Sri Lanka**. Sri Lanka International Water Management Institute (Technical Report). 1998. 33 p.

CALHEIROS, R. O. et al. **Preservação e Recuperação das Nascentes**. Piracicaba: Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ - CTRN, 2004. 40 p. il.

CASCO, S.L.; NEIFF, M. e NEIFF, J. J. Biodiversidad en ríos del litoral fluvial. Utilidad del software Pulso In: Aceñolaza, F.G. (Ed.) **Temas de la Biodiversidad del Litoral Fluvial Argentino II**. Insugeo, Miscelánea 14: 105-120, 2005.

CASTRO, L. I. S. **Diagnóstico dos Recursos Hídricos e Ambientais da Microbacia do Ribeirão Pouso Alegre através da utilização de um SIG**. Relatório FEHIDRO. 2008.

CENDRERO, A. Técnicas e instrumentos de análise para evaluación, planificación y gestión del médio ambiente. **Seminário sobre Ciência, investigação y Médio Ambiente**, Colômbia: Bogotá. p 25-30, jan. 1982.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980, 188p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002, 236p.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução nº. 302, de 20 de março de 2002** - Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. 2002a.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução nº. 303, de 20 de março de 2002** - Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. 2002b.

COOPERATIVA DE SERVIÇOS, PESQUISAS TECNOLÓGICAS E INDUSTRIAIS - CPTI do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. **Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Tietê/Jacaré (UGRHI 13) - Relatório Final (Relatório Técnico nº 340/08)**. São Paulo, 2008a.

COOPERATIVA DE SERVIÇOS, PESQUISAS TECNOLÓGICAS E INDUSTRIAIS - CPTI do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. **Revisão do Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Tietê/Jacaré (UGRHI 13) - Relatório Final (Relatório Técnico nº 402/08)**. São Paulo, 2008b.

COSTA, A. L. C. **Estado da vulnerabilidade à erosão com a aplicação da Equação Universal de Perda de Solo na Alta Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré-Pepira utilizando SIG/SPRING**. 2005. 168 p. Dissertação de mestrado. Rio Claro: UNESP.

CRUZ, R. C. **Prescrição de vazão ecológica: Aspectos ambientais e técnicos para bacias com carência de dados**. 2005. 122 p. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

CRUZ, R. C.; PORTO, M. L.; SILVEIRA, G. L. Relação entre Padrões e Processos em Pequenas Bacias Hidrográficas: a Interface entre Ecologia de Paisagem e Hidrologia através do Geoprocessamento e da Geometria Fractal. In: Anais. **I Fórum de Geo-Bio-Hidrologia, Estudos em Vertentes e Micro-Bacias Hidrográficas**. Curitiba, UFPR, v.1, p. 184-189. 1998.

CRUZ, R. C.; PORTO, M. L.; SILVEIRA, G. L.; CRUZ, J. C. O papel do regime de pulsos hidrológicos na definição da vazão de proteção ambiental: proposta metodológica e estudo de caso (Bacia do Rio Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil). In: **XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 8º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de**



**Língua Oficial Portuguesa**, 2007. São Paulo. Anais. Porto Alegre: ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2007 v. CD. p. 1-20.

DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE. **Sistema de informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo**. 2000. Disponível em CD.

DERIVI, C. A floresta repartida. **Página 22 - Informação para o novo século**. Centro de Estudos em Sustentabilidade da EAESP-FGV. Fev, 2008. 38-43.

GANDOLFI, S. **História natural de uma floresta semidecidual no município de Campinas (São Paulo, Brasil)**. 2000. Volumes I e II. 404 p, Tese de Doutorado. Instituto de Biologia da UNICAMP, Campinas.

GONÇALVES, J. S.; CASTANHO FILHO, J. S.; SOUZA, S. A. M. **Reserva Legal em São Paulo: obrigatoriedade, impactos e proposta de aprimoramento da legislação**. São Paulo, Instituto de Economia Agrícola – IEA: Textos para discussão n.6; 2009. 74p.

HEWLETT, J.D.; HIBBERT, A.E. Factors affecting the response of small watersheds to precipitation in humid areas. **International Symposium on Forest Hydrology**. Pergamon Press: 275-290. 1967.

HODNETT, M. G.; DA SILVA L. P.; DA ROCHA H. R.; SENNA, R. C. Seasonal soil water storage changes beneath central Amazonian rainforest and pasture. **Journal of Hydrology**. v. 170, p. 233-254, 1995.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology New York: **Geological Society of American Bulletin**, v. 56, p. 807-813, 1945.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE - Diretoria de Geociências - Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual Técnico de Pedologia (Manuais Técnicos em Geociências n°. 4)**. 2 ed. Rio de Janeiro: 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE - **Manual Técnico de Uso da Terra**. 2 ed. Brasília: 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE **Censo Agropecuário 2006 – Resultados preliminares**. 2008. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropcuaria/censo>. Acesso em 15dez2008.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do plano da bacia hidrográfica do Tietê – Jacaré**. São Paulo: 2000 (Relatório IPT n° 40674/00).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. 1999. **Base de dados geoambientais do Estado de São Paulo em SIG como subsídio à avaliação e regulamentação de Áreas de Proteção Ambiental, planejamento e gerenciamento de bacias hidrográficas e zoneamento ambiental**. São Paulo: 1999 (Relatório IPT n° 39295).

INSTITUTO FLORESTAL – SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE – IF-SMA **Levantamento da vegetação natural e reflorestamento e constituição de base georreferenciada da Bacia Hidrográfica do Tietê - Jacaré**. Relatório Técnico: Contrato FEHIDRO n°. 094/2002. fev, 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Áreas de cana safra e reforma na Região Centro Sul 2007-2008**. CANASAT: Mapeamento da Cana via imagens de satélite. 2008. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/canasat>. Acesso em 12dez2008.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE - IUCN. (União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais) **Estratégia Mundial para a Conservação**. 49 p. São Paulo: CESP, 1984.

JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The flood concept in river-floodplain systems. In: Dodge, D. P. (Ed.) - **Proceedings of the**

**International Large River Symposium (LARS).** Canadian Special Publication of Fisheries Aquatic Sciences. v. 106. p. 110-127, 1989.

JUNK, W. J.; WANTZEN, K. M. The Flood Pulse Concept: New Aspects, Approaches and Applications – An Update. In: WELCOMME, R.L. e PETR, T. (eds.) **Proceedings of the Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries. Volume II.** WELCOMME R.; PETR, T. (Eds.), FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand. RAP Publication 2004/17. p. 117-140.

LANNA, A. E. **Economia dos Recursos Hídricos - Parte 1.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Apostila de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. 2001. 167p.

LATUF, M. O. **Mudanças no uso do solo e comportamento hidrológico nas Bacias do Rio Preto e Ribeirão entre Ribeiros.** 2007. 84 p. Dissertação de mestrado. UFV, Viçosa-MG.

LIAZI, A.; CONEJO, J. L.; PALOS, J. C. F.; CINTRA, P. S. **Regionalização Hidrológica no estado de São Paulo.** São Paulo: Revista Águas e Energia Elétrica – DAEE, ano 5, nº 14. p.4-10. 1988.

LIMA, W. P. **Floresta natural protege e estabiliza os recursos hídricos** Visão Agrícola, Piracicaba, v. 4, p. 30-33, 2005.

LIMA, W. P. **Função hidrológica da mata ciliar. Simpósio sobre Mata Ciliar.** Fundação Cargill: 1989. p.25-42.

LIMA, W.P. **Princípios de Hidrologia Florestal para o manejo de bacias hidrográficas.** São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1986. 242p.

LIMA, W.P.; ZAKIA, M. J. B. **Hidrologia de matas ciliares.** Disponível em: <http://www.ipef.br>. 2004. Acesso em 19 de jun. de 2006.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. **Hidrologia de matas ciliares**. In: RODRIGUES & LEITÃO FILHO (Ed.). **Matas Ciliares – Conservação e Recuperação**. São Paulo: EDUSP/FAPESP: 2000. p. 33-44.

LINO, C. F.; DIAS, H. **Subsídios para uma Política de Gestão Integrada de Recursos Hídricos e Florestais da Mata Atlântica**. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica - Fundação SOS Mata Atlântica. São Paulo – CNRBMA/SOS. 2003.

MARCOMIN F. E. **Análise ambiental da bacia hidrográfica do Rio Pinheiros (municípios de Orleans e São Ludgero, SC) com base na caracterização e diagnóstico dos elementos da paisagem e da perda de solo por erosão laminar**. 2002. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais - Universidade Federal de São Carlos.

MARGALEF, R. **Ecología**. 2.ed. Barcelona: Ed. Omega. 1977. 951 p.

MENDIONDO, E M.; MACEDO, R F. **Balanço Hídrico; cenários de disponibilidade e demanda de água para o UGRHI 13 - Tietê - Jacaré**. In: CPTI (org) Relatório Interno, Plano de Bacia da UGRHI 13 - Tietê - Jacaré. 2007. 56 p.

MENDIONDO, E. M.; TUCCI, C. E. M. **Escalas hidrológicas II: Diversidade de processos na bacia vertente**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, ABRH, v.2, n.1, p.59-79, 1997.

METZGER, J. P. Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas. In: KAGEYAMA, P. Y; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; GANDARA, F. B. **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. ed. Fepaf, Botucatu, pp. 49-76. 2003.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (MMA/ANA). **GEO Brasil - Recursos Hídricos: Componentes da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil**. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA/ANA, 2007. 264 p. il.

MOSCA, A.A.O. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental do manejo de florestas plantadas.** 2003. 96f. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), Piracicaba, SP.

MOSCHINI, L. F. **Zoneamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Médio Mogi-Guaçu Superior.** 2008. 132 p. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais - Universidade Federal de São Carlos.

NAGHETTINI, M; PINTO, E. J. A. **Análise preliminar de dados hidrológicos.** In- Hidrologia Estatística, Ed. CPRM, Belo Horizonte, 2007. p. 17-35

NEIFF, J. J. **Ideas para la interpretación ecológica del Paraná.** Interciência, v.15, n. 6, p. 424-441. 1990.

NEIFF, J. J. Large rivers of South America: toward a new approach. Verh. International. Verein. **Limnology.** v. 26. p. 167-180. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Vg. 1996.

NEIFF, J. J. El régimen de pulsos en ríos y grandes humedales de Sudamérica. In: **Tópicos sobre grandes humedales sudamericanos.** Malvárez, A.I. y P. Kandus (eds.), ORCYT-MAB (UNESCO), Montevideo, Uruguay. P, 99-149, 1997.

NEIFF, J. J.; CASCO, S. L e ORFEO, O. Método para la medición de la conectividad entre procesos hidrológicos y geomorfológicos en ríos entrelazados. **Rev. Brasileira de Geomorfologia.** v.6 (1). P. 75-83, 2005.

NEIFF, J. J.; NEIFF, M. **Pulso: Software para Analizar Fenómenos Recurrentes.** 2003. Disponível em <http://www.neiff.com.ar>. Acesso em 12/11/2007.

ODUM, E. P. **Ecologia.** Tradução de RIOS, R. I.; TRIBE, C. J. Rio de Janeiro: 1988. Editora Guanabara.

OLIVEIRA, J. B.; PRADO, H.; ALMEIDA, C. L. **Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de Brotas**. Escala 1: 100.000. Campinas, IAC, 1981.

OLIVEIRA, J. B.; PRADO, H.; ALMEIDA, C. L. **Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de Jaú**. Escala 1: 100.000. Campinas, IAC, 1982.

PALANCA, R. T. S.; KOFFLER, N. F. **Avaliação agrícola das terras da Bacia do Rio Jaú - SP através das técnicas de geoprocessamento**. Fundação Educacional "Dr. Raul Bauab" de Jaú-SP. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (FAFIJA). Jaú, 1996.

PIRES, J. S. R. **Análise ambiental voltada ao planejamento gerenciamento do ambiente rural: Abordagem metodológica aplicada ao município de Luiz Antônio - SP**. 1995. 166 p. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais - Universidade Federal de São Carlos.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; DEL PRETTE, M. E. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: Shiavetti, A.; Camargo, A (Orgs). **Conceito de Bacia Hidrográfica: Teorias e Aplicações**. ed. Editus/UESC, Ilhéus, p. 17-35. 2002.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; PIRES, A. C. R. Aspectos conceituais para a Gestão Biorregional. In: BAGER, A (Ed) áreas Protegidas: **Conservação no âmbito do Cone Sul**. Universidade Católica de Pelotas. Ed Pallti, Capítulo 8. p, 119-131, 2003.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; PIRES, A. C. R.; MANTOVANI, J. E.; PAESE. Estratégia "inter situ" de conservação: Elaboração de cenários regionais para a conservação da biodiversidade. In: **Anais do V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros: Conservação**. Vitória - ES: Universidade Federal do Espírito Santo. Volume I. p. 61-69, Publicação ACIESP nº 109-1. 2000.

PONÇANO, W. L. et al. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**, IPT, São Paulo, 1981.

POSTEL, S.; RICHTER, B. **Rivers for Life: Managing Water for People and Nature**. Washington, D.C.: Island Press. 253 p. 2003.

PRUSKI, F. F.; PEREIRA, S. B.; NOVAES, L. F.; SILVA, D. D. E RAMOS, M. M. **Comportamento hidrológico na foz do Rio São Francisco durante o período de 1950 a 1999**. Viçosa-MG: Engenharia na Agricultura, v. 13, n. 2. p. 118-123, 2005.

RODRIGUES, V. L. **Mapeamento geotécnico como base para o planejamento urbano e ambiental - Município de Jaú - SP**. 2008. 153p. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

ROMANOVSKI, Z. **Morfologia e aspectos hidrológicos para fins de manejo da microbacia da Rua Nova, Viçosa - MG, para fins de manejo**. 2001. 99 p. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ROMERA E SILVA, P. A.; LEIS, W. M. S. V. **Curso de capacitação em Recursos Hídricos**. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica - FCTH/USP. Contrato Fehidro n° 05/03. 2004.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos; 2006.

SÃO PAULO - CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS-CRH. **Plano Estadual de Recursos Hídricos: 2004/2007 - Resumo**. São Paulo: DAEE, 2006. 92p.

SÃO PAULO - **Lei Estadual n°. 12.927, de 23 de abril de 2008**. Dispõe sobre a recomposição da reserva legal no âmbito do Estado de São Paulo. 2008.

SÃO PAULO - **Decreto Estadual nº. 53.939, de 6 de janeiro de 2009.** Dispõe sobre a manutenção, recomposição, condução da regeneração natural, compensação da área de Reserva Legal de imóveis rurais no Estado de São Paulo e dá providências correlatas. 2009.

SÃO PAULO - SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS SANEAMENTO E OBRAS - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. **Síntese do Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo.** São Paulo: DAEE, 2002. 53p.

SAUNDERS, D.A., HOBBS, R.J., MARGULES, C.R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. **Conservation Biology**, v. 7. p. 18-32, 1991.

SCHÄFER, A. 1984. **Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das Águas Continentais.** Porto Alegre: Ed. da Universidade/GTZ. 532 p.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE – SMA **Relatório de Qualidade Ambiental do Estado de São Paulo - 2006.** Disponível em CD ROOM. 2007.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE - SMA. **A água no olhar da história.** São Paulo: SMA. 144 p. 1999.

SHARMA, R. H.; SHAKYA, N. M. Hydrological changes and its impact on water resources of Bagmati Watershed, Nepal. **Journal of Hydrology**. 11051, p. 315-322, 2006.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas.** São Paulo: Editora RiMa; 2004. 140 p.

SILVEIRA, G. L.; ROBAINA, A. D.; GIOTTO, E.; DEWES, R. Outorga para uso dos recursos hídricos: aspectos práticos e conceituais para o estabelecimento de um sistema informatizado. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 3, n. 3, Jul/Set. p. 5-16, 1998.



SMANIOTTO, M. **Análise Ambiental de Bacias Hidrográficas com base na fragmentação da paisagem: Município de Getúlio Vargas - RS.** 2007. 78 p. Dissertação de mestrado. Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais - Universidade Federal de São Carlos.

SOUZA, A. M.; CREMONESI, F. L. **Jaú - Imagens de um rio.** Piracicaba: Copiadora Luiz de Queiroz. 2 ed. 79 p. 2004.

SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R. **Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e gestão sustentáveis das atividades rurais.** : DETEC/EMATER, Belo Horizonte. 2006.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. **Geological Society of America Bulletin.** v. 63, n. 10. p. 1117-1142, 1952.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transacions: American Geophysical Union**,v. 38. p 913-920, 1957.

TOLEDO, P. E. N. **Cobrança do uso da água e pagamento de serviços ambientais.** São Paulo: SMA, 2005.

TONELLO, K. C. **Análise hidroambiental da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães - MG.** 2005. 69 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. **Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica.** Brasília: MMA, 2006. 302p.

TUCCI, C. E. M. **Regionalização de Vazões.** 1a ed. Rio Grande do Sul: Editora da Universidade, 2002. 256p.

TUCCI, C. E. M. Regionalização de vazões. In: TUCCI, C.E.M., (Org.) **Hidrologia.** Porto Alegre, EDUSP, ABRH, 1993. p. 573-611 (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 4).

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre, RS: Editora da Universidade (UFRGS)/Edusp/ABRH, 2001. 943p.

TUNDISI, J. G.; TUNDIDI, T. M. PARESCHI, D. C.; LUZIA, A. P.; VON HAELING, P. H.; FROLLINI, E. H. A Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré: estudo de caso em pesquisa e gerenciamento. **Estudos Avançados** 22 (63), 2008.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI T. M.; ROCHA, O. Ecossistemas de águas interiores e Limnologia de águas interiores. Impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil**. ed. Escrituras, São Paulo, pp.195-225. 1999.

VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. The River Continuum Concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 37. p. 130-137, 1980.

VENIZIANI JÚNIOR, J. C. T. **Utilização de Índices de Vegetação para Estimativa da Proteção do Solo pela Cobertura Vegetal: Uma Contribuição para o uso da Equação Universal das Perdas de Solo**. 2004. 139p. Dissertação de Mestrado. Rio Claro: UNESP.

VIANA, V. M., MENDES, J. C. **Conservação da Biodiversidade em paisagens fragmentadas: o caso da Bacia do Corumbataí**. Rio Claro - SP: Revista Holos - Edição Especial, p. 92-98. 1999.

VICTOR, M. A. M. **A devastação florestal**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura. 48 p. 1975.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

WELLCOME, R.L. **River fisheries**. FAO Fisheries Technical Paper (262), 330 p. 1985.

# **ANEXOS**

**ANEXO I: Áreas de vegetação natural e áreas para Reserva Legal por município na Bacia Hidrográfica do Rio Jaú**

Áreas de vegetação natural por município na Bacia Hidrográfica do Rio Jaú

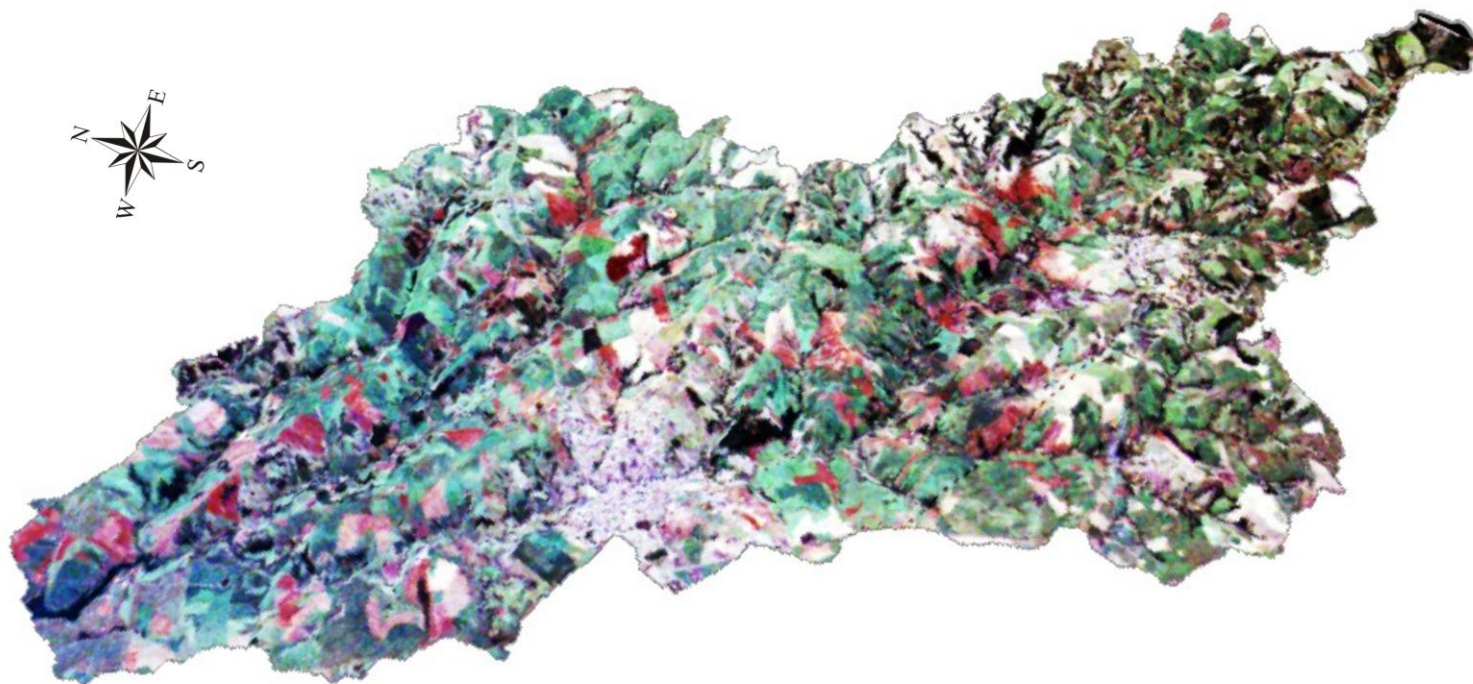
Município	Área na bacia (km <sup>2</sup> )	Vegetação natural (km <sup>2</sup> )	%
Bariri	13,52	0	0,0%
Bocaina	43,00	0,95	2,2%
Dois Córregos	219,00	10,18	4,6%
Itapuí	35,99	0	0,0%
Jaú	356,76	7,16	2,0%
Mineiros do Tietê	76,32	1,53	2,0%
Torrinha	7,65	1,34	17,5%
<b>ÁREA DA BACIA</b>	<b>752,25</b>	<b>21,16</b>	<b>2,8%</b>

Áreas para Reserva Legal por município na Bacia Hidrográfica do Rio Jaú

Município	Área na bacia (km <sup>2</sup> )	ÁREAS PARA RESERVA LEGAL					
		Baixa prioridade	%	Média prioridade	%	Alta prioridade	%
Bariri	13,52	11,15	82,5%	0,00	0,0%	0,00	0,0%
Bocaina	43,00	20,56	47,8%	19,81	46,1%	0,10	0,2%
Dois Córregos	219,00	23,95	10,9%	47,72	21,8%	120,15	54,9%
Itapuí	35,99	31,76	88,2%	0,00	0,0%	0,00	0,0%
Jaú	356,76	91,62	25,7%	120,83	33,9%	84,52	23,7%
Mineiros do Tietê	76,32	0,00	0,0%	16,36	21,4%	50,88	66,7%
Torrinha	7,65	0,00	0,0%	0,00	0,0%	6,99	91,3%
<b>Área total da bacia</b>	<b>752,25</b>	<b>179,05</b>	<b>23,8%</b>	<b>204,71</b>	<b>27,2%</b>	<b>262,63</b>	<b>34,9%</b>

**ANEXO II: Modelo tridimensional da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú**

**Bacia Hidrográfica do Rio Jaú: Modelo tridimensional  
sobreposição da composição colorida de imagens Landsat TM 1,2,3**

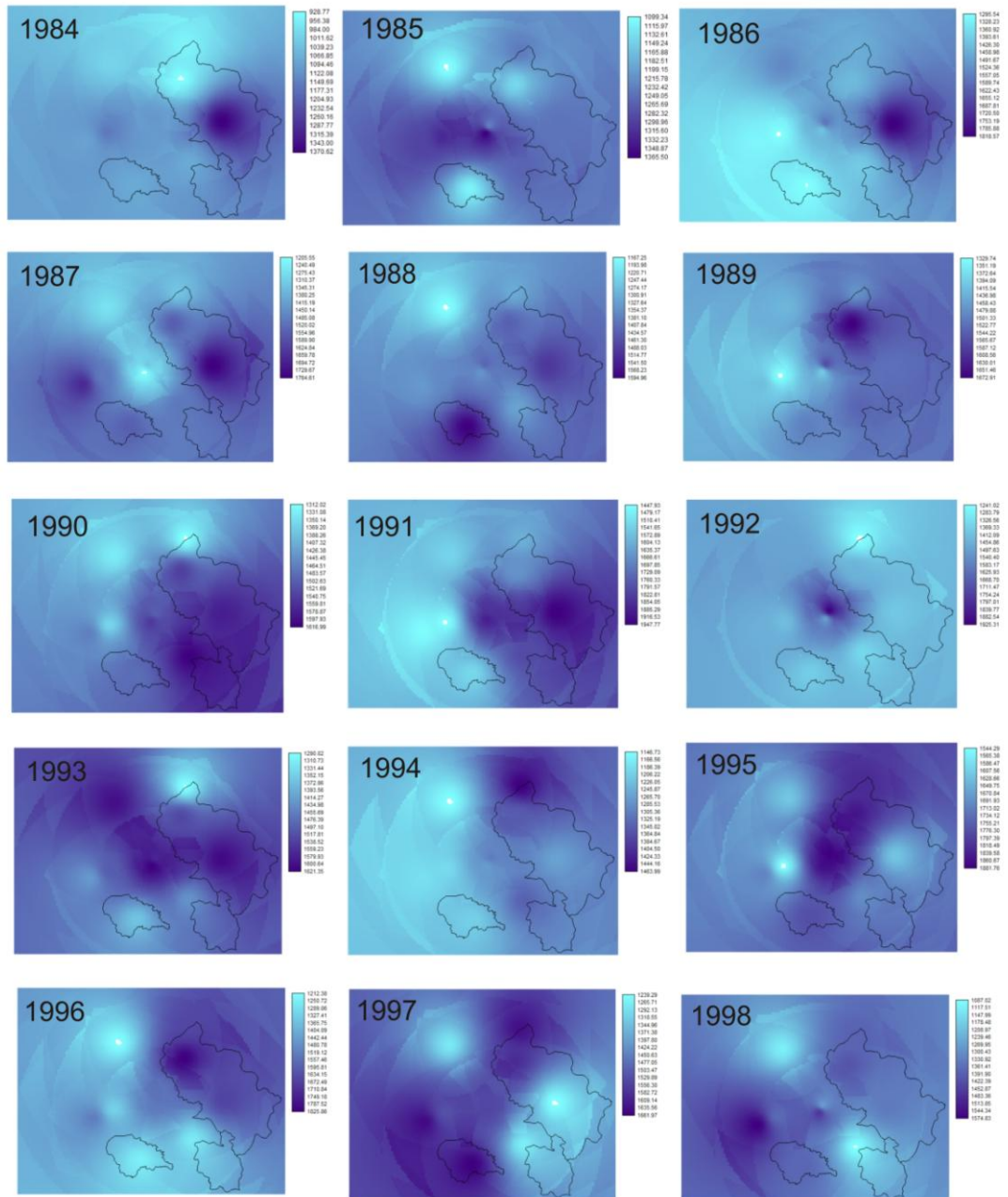


Organizado por: Jozrael Henriques Rezende e  
José Carlos Toledo Veniziani Junior

Fonte: Adaptado das Cartas topográficas 1:50.000 do IBGE folhas:  
Bariri; Dourado; Jaú; Dois Córregos; Brotas e Imagem do Satélite Landsat 7 220/75 e 220/76 de abril de 2008

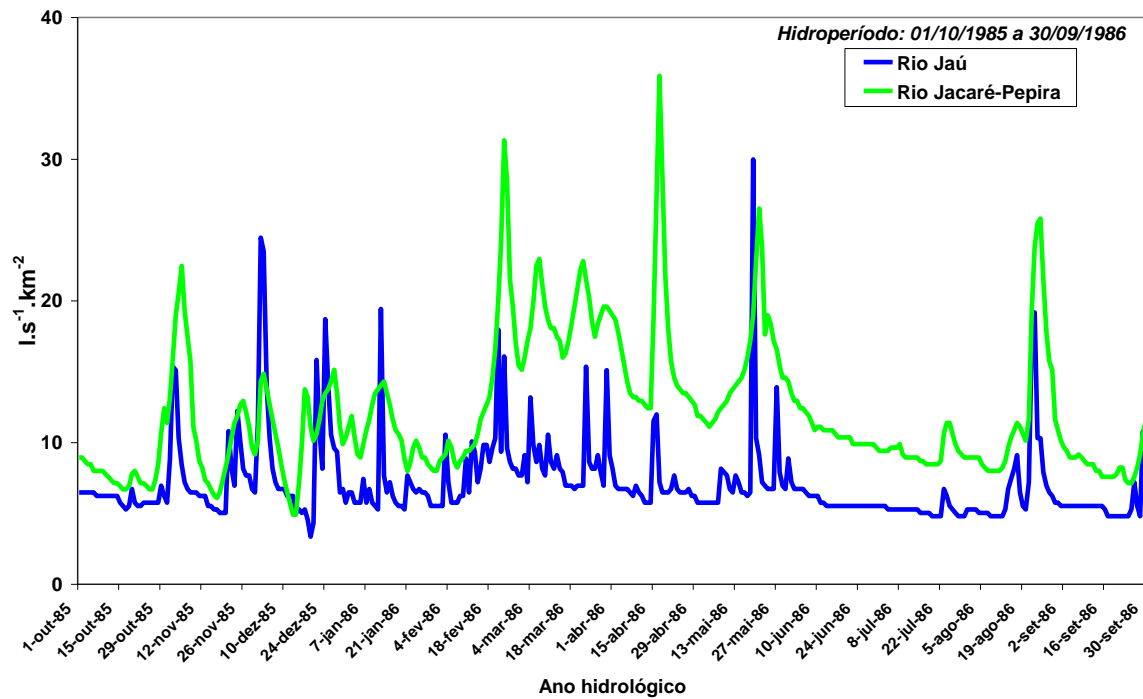
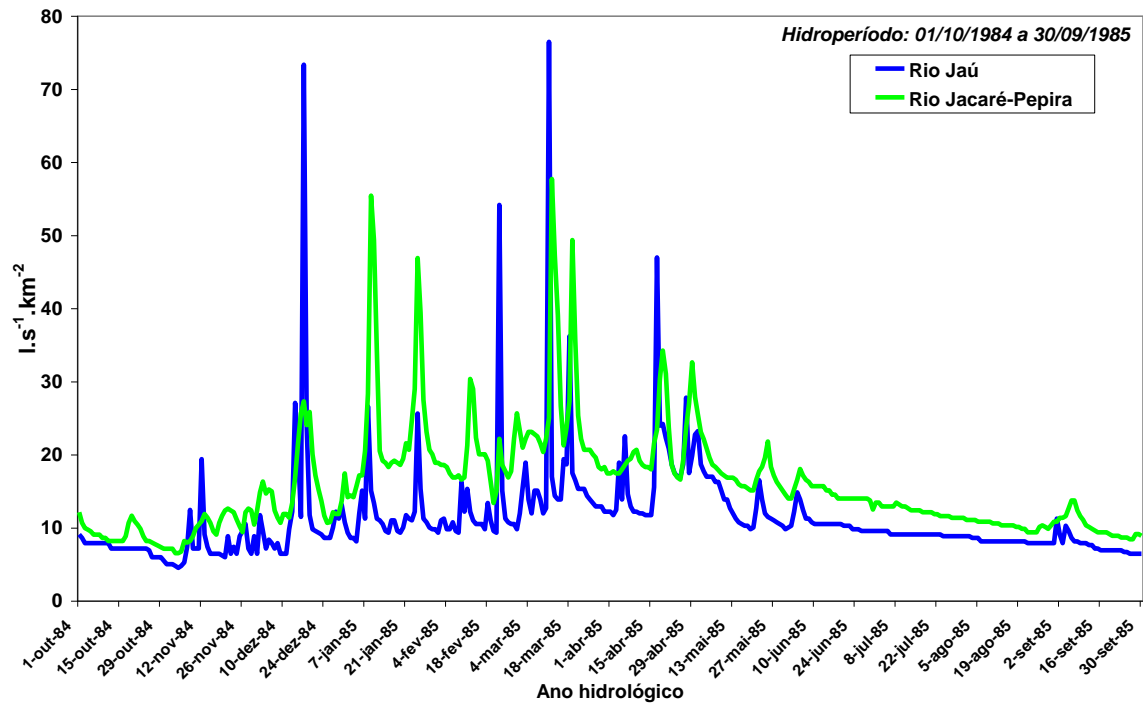
**ANEXO III: Distribuição das precipitações de 1984 a 1998 nas sub-bacias do Médio Jaú, Alto Jacaré-Pepira e Médio Jacaré-Guaçu**

Mapas de distribuição das chuvas para os anos 1984 a 1998

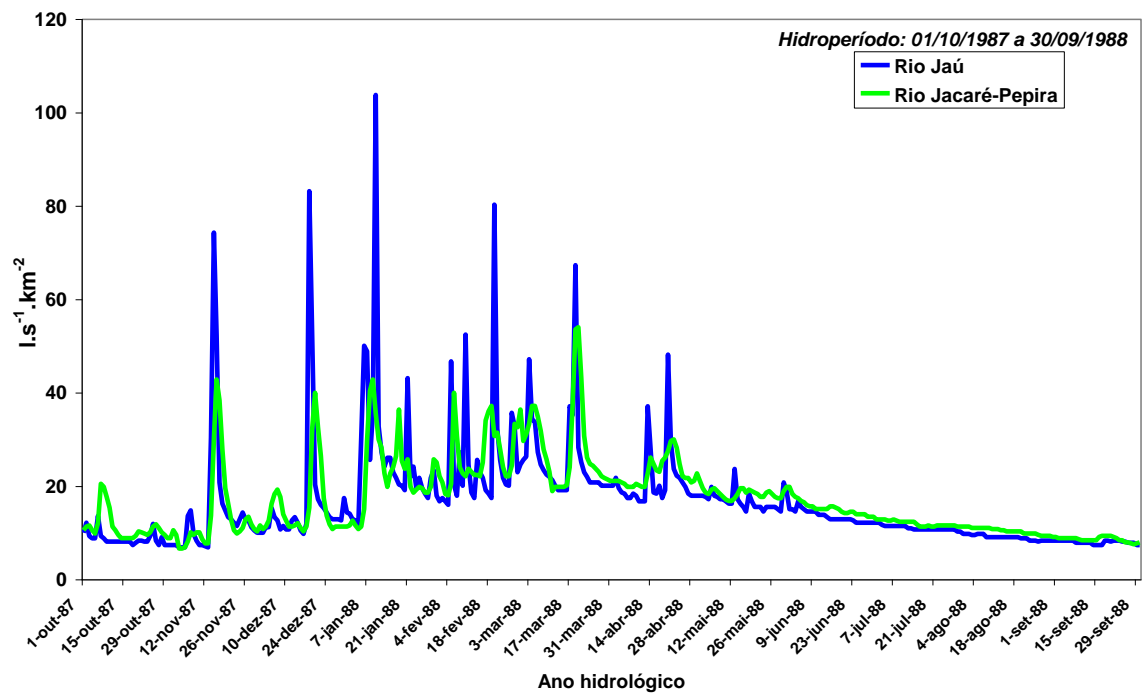
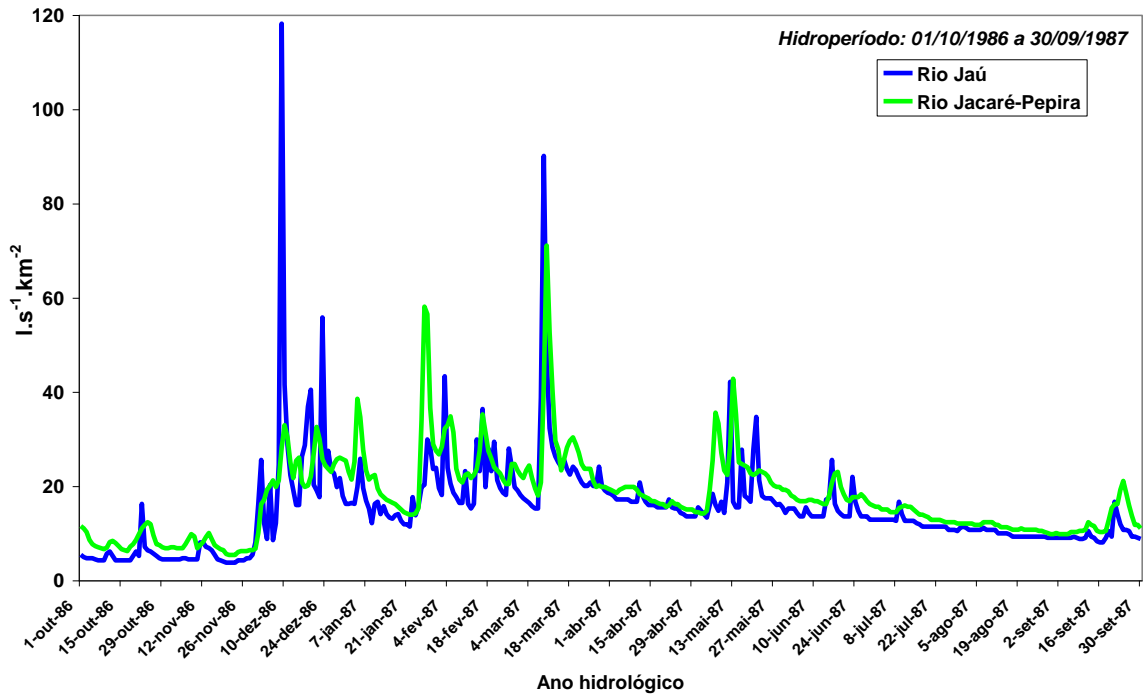


Organizado por: Jozrael Henriques Rezende e José Carlos Toledo Veniziani Junior  
 fonte: interpolação das médias anuais dos dados das estações pluviométricas do DAEE presentes na área de estudo

**ANEXO IV: Hidroperíodos anuais dos Rios Jaú e Jacaré-Pepira de 01 de outubro 1984 a 31 de setembro de 1998**

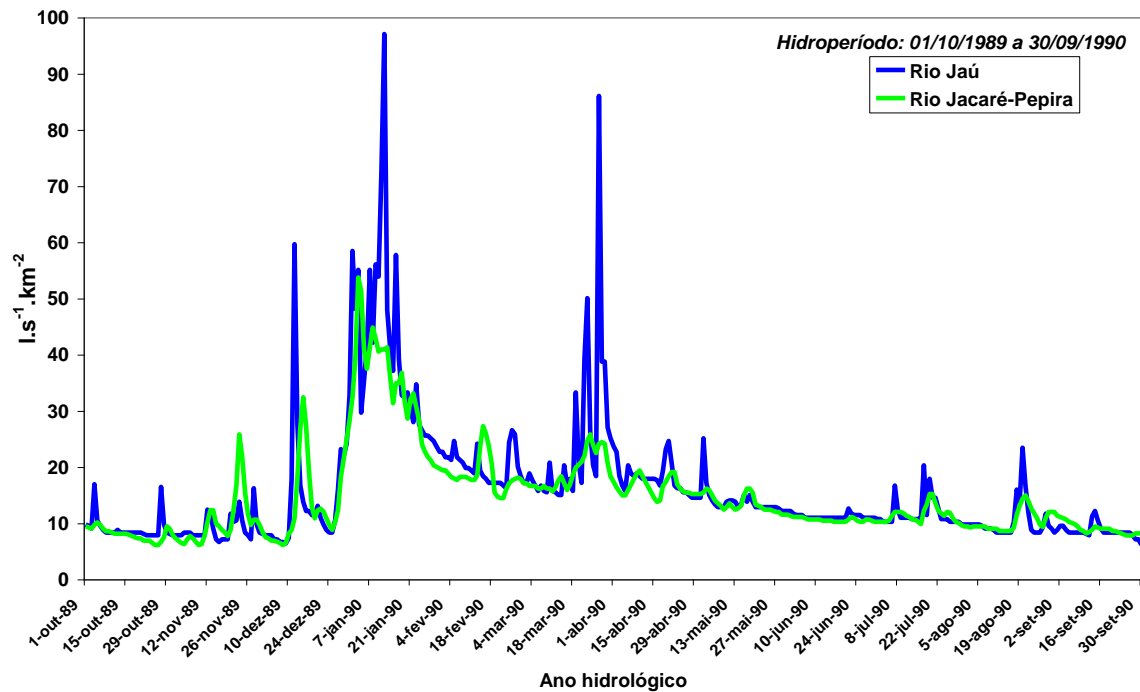
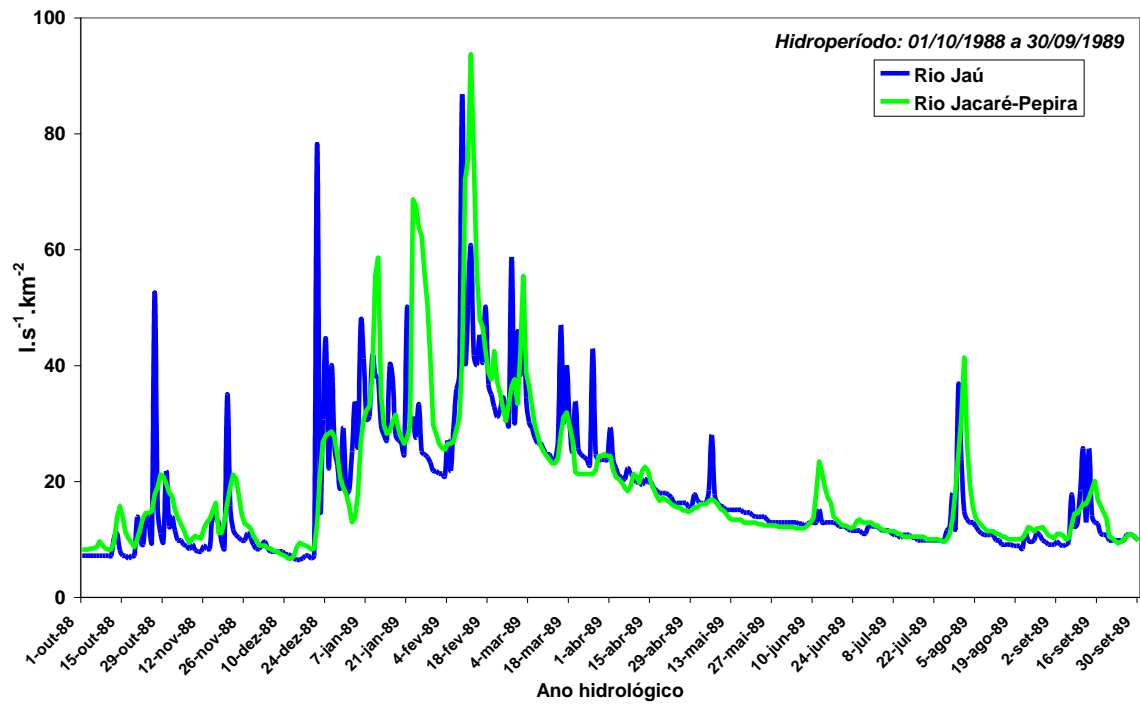


## ANEXO IV: Hidroperíodos anuais dos Rios Jaú e Jacaré-Pepira (cont.)

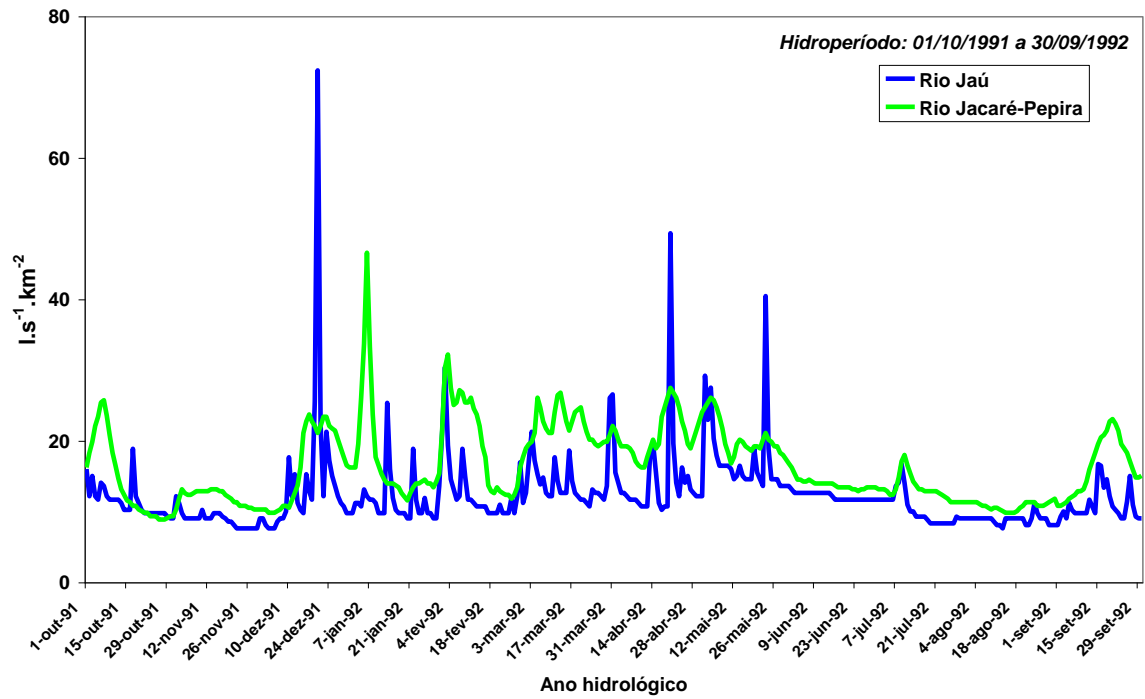
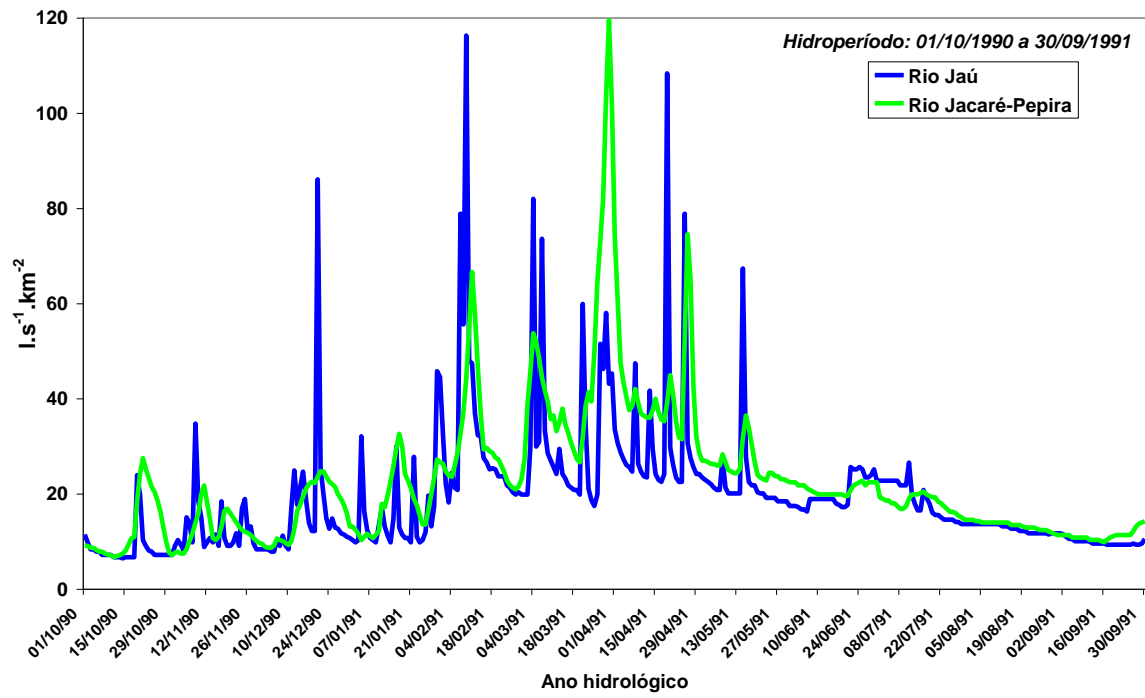




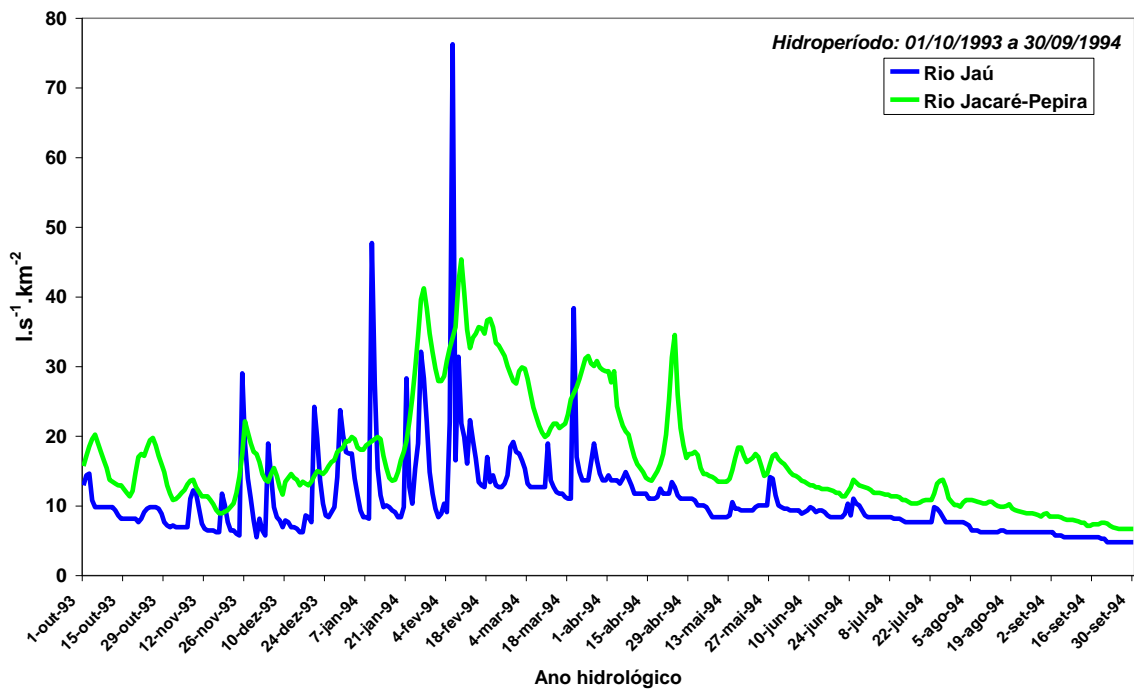
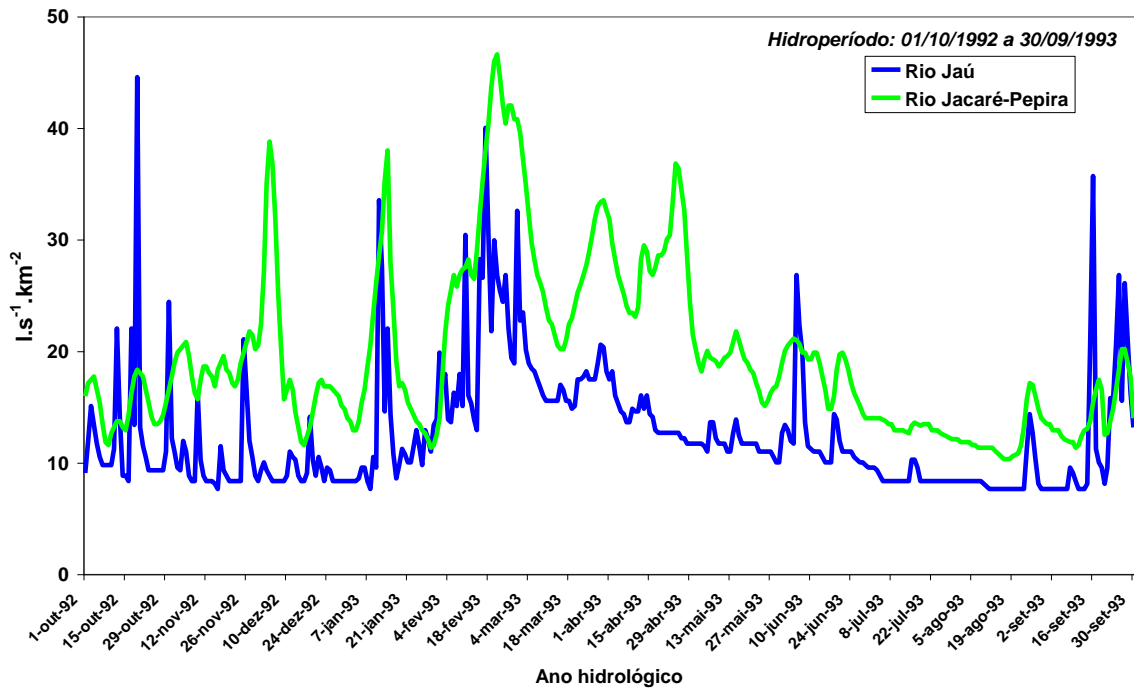
## ANEXO IV: Hidroperíodos anuais dos Rios Jaú e Jacaré-Pepira (cont.)



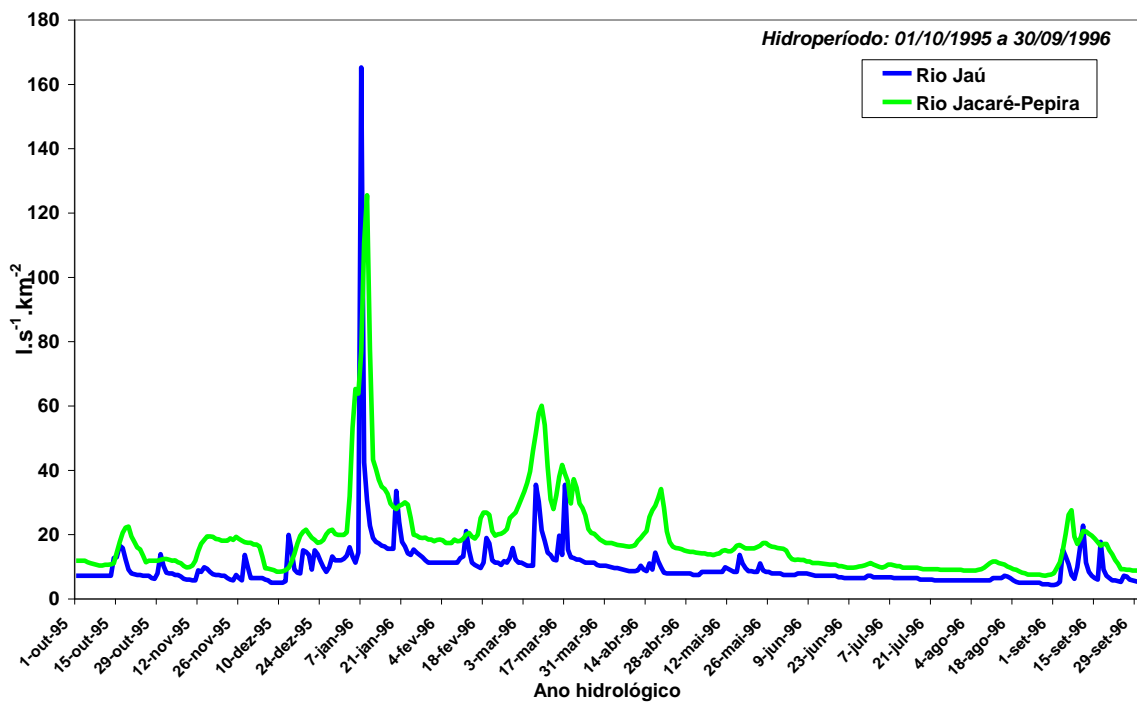
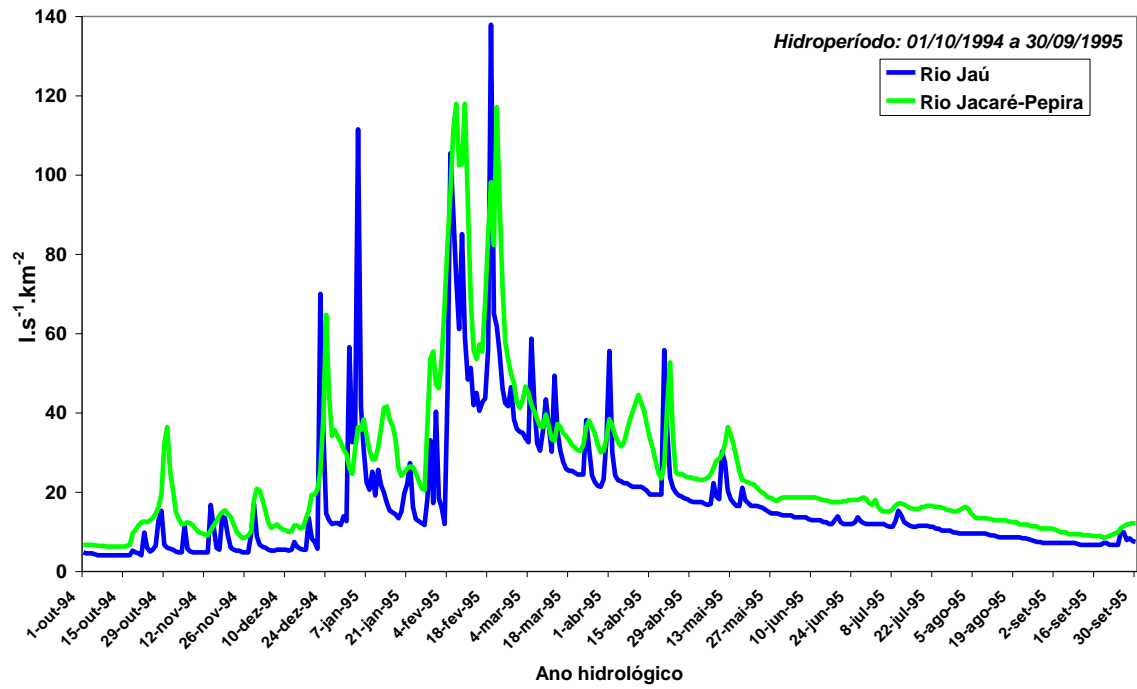
## ANEXO IV: Hidroperíodos anuais dos Rios Jaú e Jacaré-Pepira (cont.)



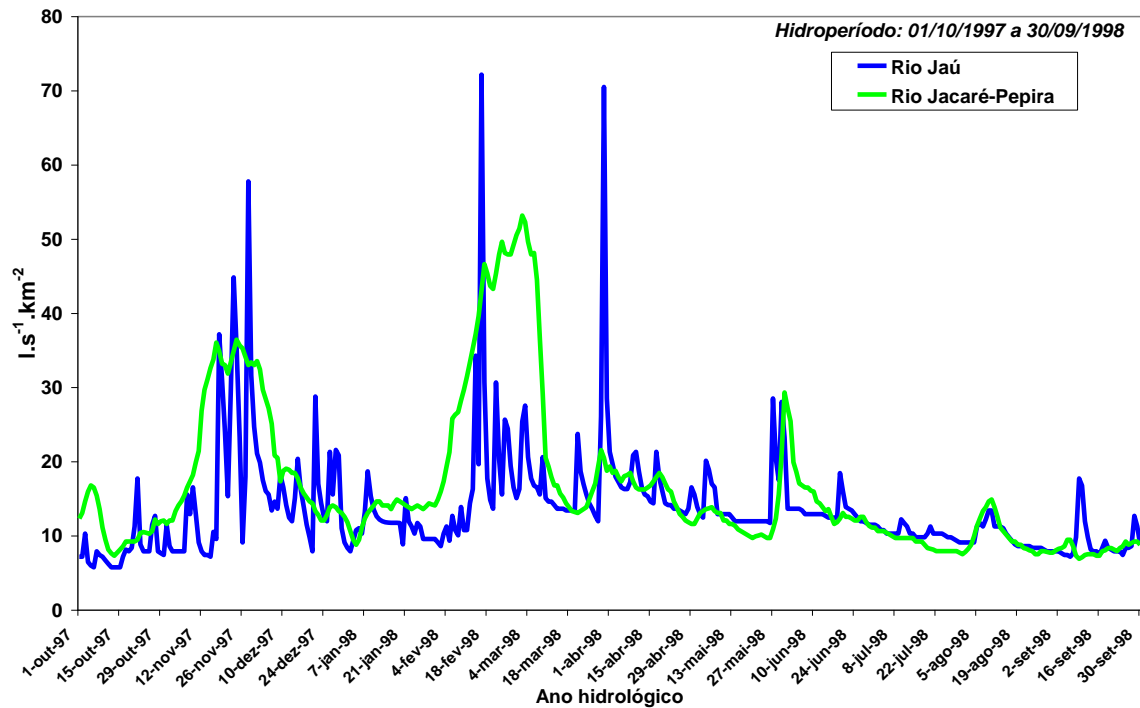
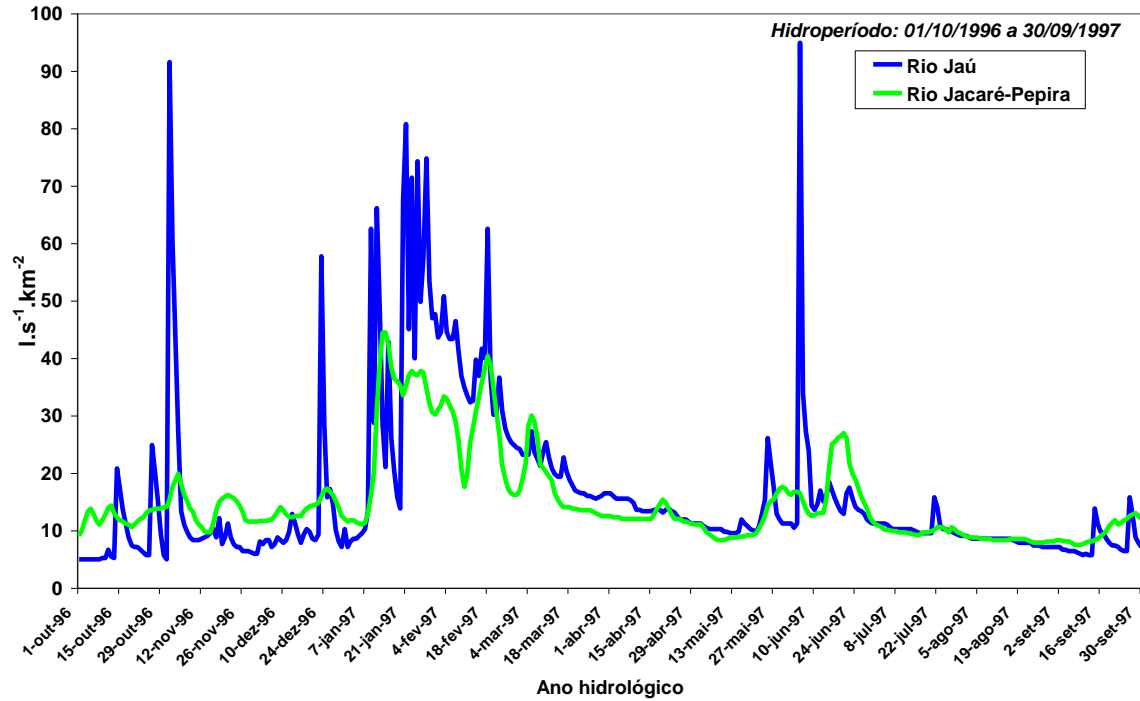
## ANEXO IV: Hidroperíodos anuais dos Rios Jaú e Jacaré-Pepira (cont.)



## ANEXO IV: Hidroperíodos anuais dos Rios Jaú e Jacaré-Pepira (cont.)



## ANEXO IV: Hidroperíodos anuais dos Rios Jaú e Jacaré-Pepira (cont.)



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)