

Geomorfologia Fluvial Aplicada ao Planejamento Ambiental : O exemplo do PEI – Parque Estadual Intervales/SP.

Rodrigues, C. - Professora Doutora do DG – FFLCH/USP, cleidrig@usp.br

Moroz, I. C. – Doutoranda do DG – FFLCH/USP, icmoroz@usp.br

Santana, C. L. – Mestrando do DG – FFLCH/USP, claupler@yahoo.com

Abstract

Fluvial Geomorphology Applied To Environmental Planning. The example of São Paulo State Park Intervales.

This study purposes to take in account specific procedures and parameters of fluvial geomorphology to identify and evaluate geographic units and utilize those units in environmental planning methodologies, mainly those that have to achieve conservation goals in humid tropical environments. It was developed in the Management Plan of Intervales Estadual Park – São Paulo-Brazil that involved the upper basins of Ribeira de Iguape River and Paranapanema River. Hydrographic, morphological, morphometric, sedimentary, hydrologic data related to fluvial systems such as drainage basin, river net, valleys, river channel, flood plains, were produced, systematized and interpreted. Specific evaluations related to fluvial dynamic were developed also: fluvial regime, channel dynamics, potential of water resources are examples. The study demonstrates how those parameters, that have been frequently neglected in brazilian environmental planning procedures can be useful to identify operational units, evaluate the different potentialities and vulnerabilities of physical systems and how this knowledge can deal with environmental zoning and management programs.

Key-words: fluvial geomorphology; environmental planning; conservation; applied geomorphology; drainage basin.

Resumo

Este estudo demonstra como determinados procedimentos e parâmetros da Geomorfologia Fluvial podem ser aplicados à identificação e avaliação de unidades espaciais de planejamento ambiental, especialmente em processos de gestão que objetivam a conservação da diversidade ambiental em áreas do meio tropical úmido. Desenvolveu-se por ocasião da elaboração da proposta de Zoneamento e de Programas do Plano de Manejo do Parque Estadual Intervales e de sua Zona de Amortecimento, envolvendo partes superiores de duas bacias hidrográficas do estado de São Paulo: a bacia do rio Ribeira de Iguape e a bacia do rio Paranapanema. Consistiu na geração, sistematização e em interpretações de informações hidrográficas, morfológico-morfométricas, sedimentológicas, hidroclimatológicas e hidromorfodinâmicas de sistemas como: bacias hidrográficas, rede de drenagem, vales, canais fluviais e planícies fluviais. Da dinâmica fluvial foram considerados : regime fluvial, regime de fluxos fluviais, dinâmica de inundações, hidrodinâmica de canais e potencial de produção de água. Demonstram-se como esses parâmetros, habitualmente ausentes nesses estudos, serviram à definição de Unidades Espaciais Homogêneas e como essas, por sua vez, auxiliaram na identificação de vulnerabilidades e potencialidades do meio físico, contribuindo com critérios fundamentais para o Zoneamento Ambiental e para o Programa de Manejo dessa Unidade de Conservação.

Palavras Chaves: Geomorfologia Fluvial, Planejamento Ambiental, Conservação, Geomorfologia Aplicada, Bacia Hidrográfica.

1. Introdução

Os estudos aqui apresentados foram desenvolvidos para auxiliar em Proposta de Zoneamento e de Programas do Plano de Manejo do Parque Estadual Intervales¹, situado na região do Vale do Ribeira, no estado de São Paulo. (**Figura 1**)

¹ O Plano de manejo do PEI – Parque Estadual Intervales, foi elaborado em 2007, através de convênio entre a Fundação Florestal, da Secretaria de meio Ambiente do Estado de São Paulo e o Departamento de Geografia (FFLCH-USP)

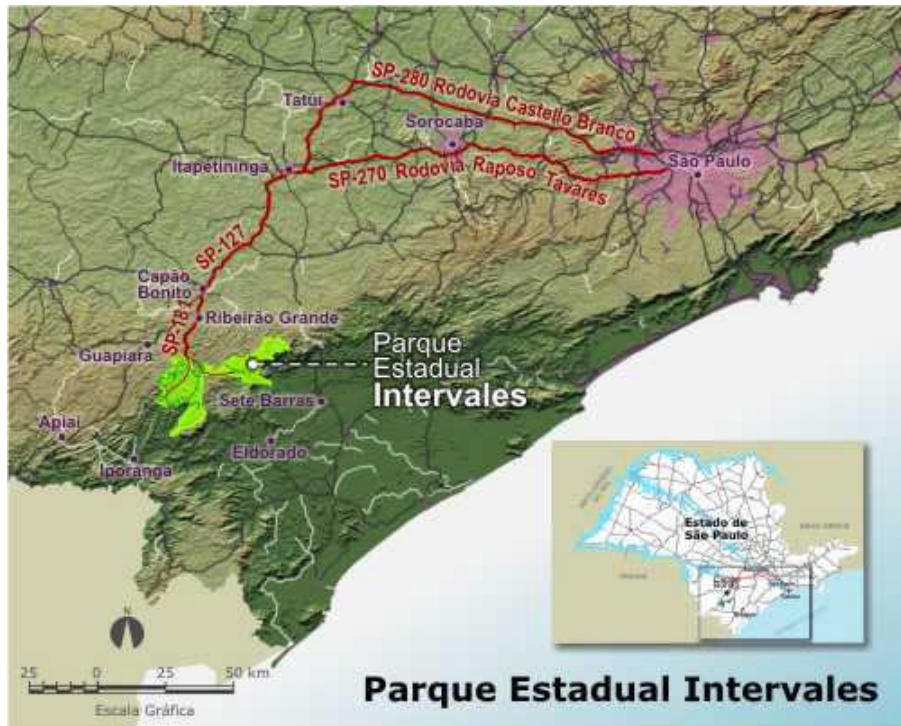


Figura 1 - Mapa de Localização da Área

Fonte: http://www.geografia.fflch.usp.br/mapas/Atlas_Intervales/oparque.html

Visaram fundamentalmente, a geração e a sistematização de informações relativas a *aspectos hidrográficos, morfológico-morfométricos e hidromorfodinâmicos de sistemas fluviais* como: bacias hidrográficas, rede de drenagem, vales, canais e planícies fluviais, dentre outros.

Esses tipos de dados e análises, compondo uma compartimentação hidrogeomorfológica, subsidiaram a definição de unidades homogêneas do meio físico, na perspectiva de sua dinâmica atual e de suas fragilidades e potencialidades, auxiliando assim a metodologia geral adotada no Plano, em suas etapas de Zoneamento de definição de Programas do Plano de Manejo.

Os estudos desenvolvidos não se limitaram à realização de um capítulo descritivo acerca de aspectos hidrográficos de uma determinada área. Também não se constituíram apenas em instrumentos auxiliares aos estudos geomorfológicos dos padrões interfluviais do Plano de Manejo. Sobretudo, revelaram-se como elementos indispensáveis para a definição das unidades homogêneas do meio físico, passos necessários para a concepção dos Programas, do Zoneamento e da Gestão.

Assim, os referidos estudos apontam tanto para uma perspectiva metodológica dessa especialidade de geomorfologia, como para a necessidade de uma incorporação explícita

de análises da geomorfologia fluvial em estudos ambientais. Essa necessidade é ainda maior em um país como o Brasil, em que a maior parte de seu território insere-se no meio tropical úmido, cujos processos superficiais são, em grande parte, regidos por sistemas fluviais.

2. Metodologia

O presente estudo apoiou-se em referências teórico-metodológicas tanto da Geomorfologia Fluvial quanto da Hidrologia, dentre as quais podem ser citadas as seguintes : Kondolf & Piégay (2003); Leopold, Wolman & Miller (1964); Christofolletti (1969, 1977 e 1980); Rodrigues & Adami (2005); Brasil/Eletronorte (1989); Tucci (2001) e Villela & Mattos (1975).

Na pesquisa bibliográfica realizada para a área de estudo e seu entorno, constatou-se a ausência quase que completa de informações e análises voltadas especialmente aos sistemas fluviais, com exceção de análises regionais ou algumas realizadas para o terço inferior da bacia hidrográfica do Rio Ribeira do Iguape.

Assim, os documentos da cartografia de base, aerofotográficos e de imagens de satélite levantados, viabilizaram a produção de conhecimento de *aspectos hidrográficos e morfológico-morfométricos dos sistemas fluviais* em escala 1:50.000 e em escalas maiores para alguns parâmetros morfométricos de áreas amostrais. Esse conhecimento cartográfico preliminar também subsidiou a análise de parâmetros morfométricos, morfológicos e sedimentológicos de campo que, por sua vez, orientaram as interpretações sobre tendências espaciais hidrodinâmicas.

Uma vez estabelecidos cartograficamente os principais elementos e limites hidrográficos, procedeu-se à análises dos padrões fluviais, resultando na compartimentação morfológica-morfométrica da área do Parque e da Zona de Amortecimento. Essas análises e compartimentações basearam-se principalmente em dois parâmetros hidrográficos, considerados combinadamente: os padrões de drenagem e a densidade de drenagem. Esses parâmetros combinados permitiram a identificação de *padrões morfológicos fluviais* que, uma vez correlacionados aos estudos dos padrões morfológicos interfluviais - equipe de geomorfologia - ofereceram maior precisão na tarefa de caracterizar as unidades geomorfológicas e, eventualmente, seu mapeamento.

Após a identificação visual das combinações mais recorrentes (densidade de drenagem X padrão de drenagem), foram realizadas foto-leituras, fotointerpretações e vistorias

de campo em algumas áreas amostrais para conferência e aprofundamento da caracterização desses padrões.

A fotointerpretação das áreas, em fotografias aéreas em escala 1:25.000, de 1962, permitiu a cartografia dos cursos d'água, interpretação e análise dos padrões de drenagem, das formas dos vales, dos interflúvios e de vertentes, cálculo da densidade de drenagem e cálculo de coeficiente de manutenção. Todos esses aspectos foram levantados para melhor caracterização dos padrões até então identificados.

Os padrões identificados em gabinete passaram por vistorias de campo, nas quais agregaram-se outras informações, principalmente de natureza morfológico-morfométrica, tais como: padrões de vales, gradiente hidráulico de cursos fluviais, larguras dos canais, profundidades médias dos canais, caracterização da carga do fundo do leito e regime de fluxo fluvial. Além disso, foram realizadas observações sobre a cor e a turbidez da água e levantamento de velocidades para estimativas de vazão. Em campo, também foram realizadas entrevistas para obtenção de informações sobre a frequência das inundações, níveis d'água em eventos extremos e tendências de regime de fluxo. Todas essas informações foram articuladas às unidades espaciais identificadas previamente e correlacionadas às informações sobre o embasamento geológico, hierarquia de drenagem e posição na bacia hidrográfica correspondente.

Os estudos relativos aos *aspectos hidromorfo-dinâmicos* foram subsidiados por esses estudos já relatados e pela elaboração de : perfis longitudinais dos rios Quilombo (Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira do Iguape) e Almas (Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema); e de análises de dados fluviométricos e pluviométricos de série temporal de aproximadamente 20 anos.

Para a caracterização do regime fluvial anual das bacias hidrográficas do PEI, em termos da variabilidade temporal sazonal dos débitos, foram analisados dois postos fluviométricos. Dada a inexistência de postos fluviométricos no perímetro do Parque (ou mesmo em sua área de influência), optou-se por trabalhar com os postos fluviométricos relativamente próximos, sendo um no rio Quilombo (Vertente Atlântica) e outro no rio das Almas (Vertente do Paranapanema).

Para a caracterização do regime fluvial e do potencial de produção de água das duas bacias hidrográficas analisadas, representativas da área do Parque e Zona de Amortecimento,

foram utilizados parâmetros estatísticos simples e produzidas representações gráficas das tendências espaciais.

3. Análise dos Dados

3.1. Aspectos Hidrográficos

A geração e sistematização de informações relativas aos **aspectos hidrográficos** consistiram: na identificação e delimitação espacial de bacias e sub-bacias hidrográficas (que resultou num produto cartográfico denominado Mapa Hidrográfico), na hierarquização da rede de drenagem ; na identificação das zonas de nascentes (Mapa da Hierarquia Fluvial) e na identificação de áreas de Influxos e Efluxos (Mapa dos Fluxos dos Sistemas Hidrográficos – **Figura 2**).

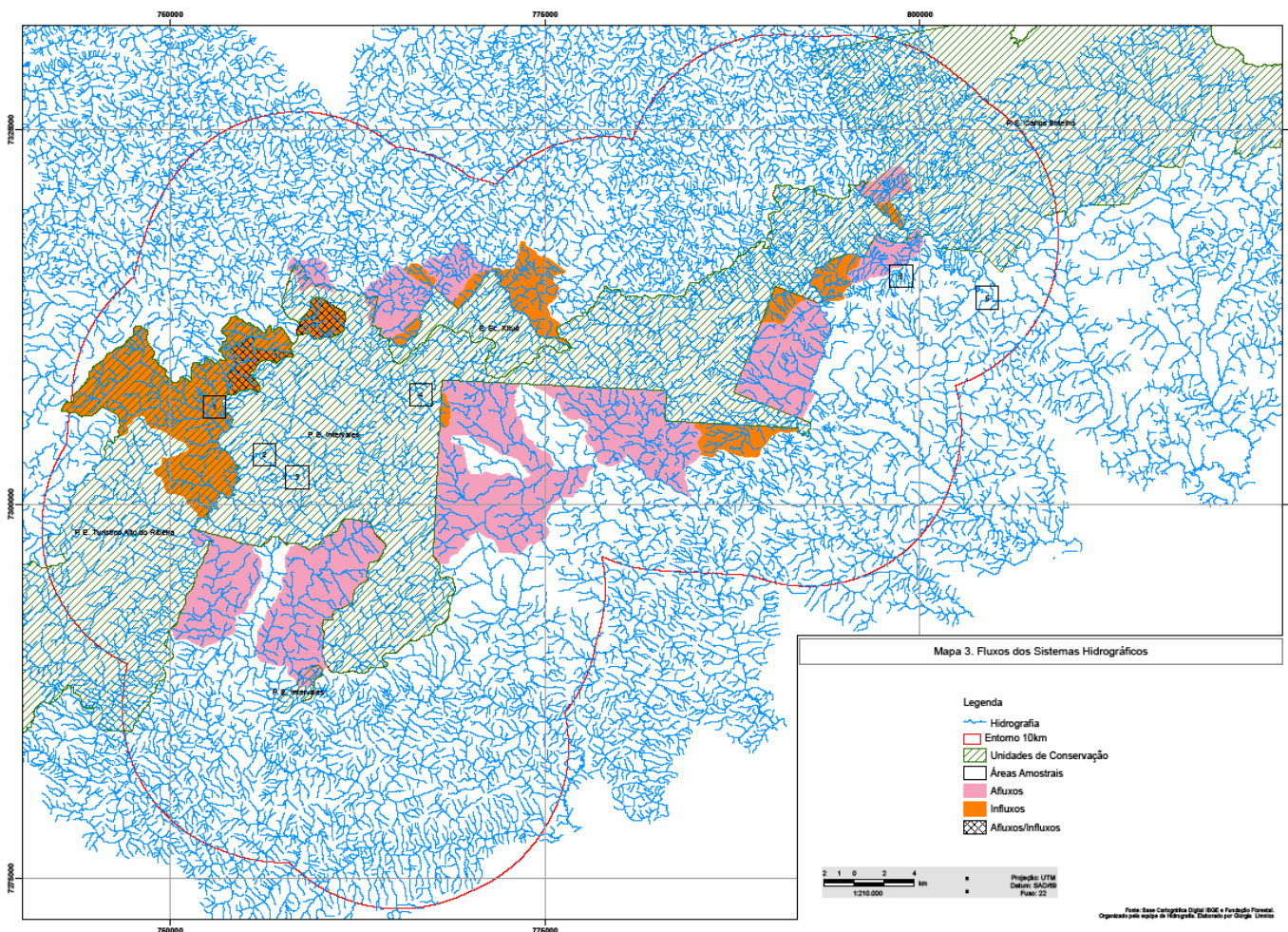


Figura 02 - Mapa dos Fluxos dos Sistemas Hidrográficos.
Obs: Onde se lê “Afluxos” (na legenda), leia-se “Efluxos”.

A *delimitação espacial de Bacias e Sub-bacias Hidrográficas* possibilitou uma visão geral da compartimentação da área, estabelecendo-se os divisores topográficos das bacias e sub-bacias hidrográficas². O divisor de águas das duas grandes bacias hidrográficas (Rio Paranapanema e Rio Ribeira de Iguape), nos interflúvios da Serra de Paranapiacaba, coincide com os limites norte e nordeste do Parque. Assim, quase toda a área do parque é drenada em direção ao Rio Ribeira de Iguape, sendo que apenas uma pequena porção, a noroeste, contribui para a bacia do rio Paranapanema. Nessa primeira correlação de dados hidrográficos fica evidente que a denominação do Parque – Intervalles – ou, entre os vales, é coerente apenas por abrigar uma parte desses divisores, mas não abrange áreas igualmente relevantes para ambas as bacias. O mapa auxiliou na interpretação do valor, em termos de singularidade, da Unidade de Conservação caracterizada por conservar área divisora de duas das maiores bacias hidrográficas do Estado de São Paulo.

A *hierarquização da rede de drenagem e identificação das zonas de nascentes* foram realizadas com a função de facilitar e tornar mais objetivos os estudos morfométricos (análise linear, areal e hipsométrica) sobre as bacias hidrográficas. Resultou na obtenção da ordem hierárquica de cada sub-bacia anteriormente delimitada e na identificação visual das áreas com maior presença de nascentes.

As informações referentes às *áreas de Influxos e Afluxos, nascentes e cursos de ordens inferiores* foram correlacionadas espacialmente aos limites do Parque e sua Zona de Amortecimento e às áreas territoriais de outras Unidades de Conservação contíguas ao Parque Estadual Intervalles. Esses elementos - *inputs* (Influxos) e *outputs* (Efluxos) - de simples identificação cartográfica revelaram-se indispensáveis para definições espaciais do Zoneamento e Manejo da Unidade, inclusive quanto ao próprio desenho da Unidade, hierarquizando a Zona de Amortecimento e sua relevância para a preservação do PEI.

O Parque Estadual Intervalles têm seus limites contíguas ao Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR) à oeste; Parque Estadual Carlos Botelho à noroeste; e, Estação Ecológica Xitué ao norte. Essas Unidades de Conservação têm parte de suas áreas, ou estão integralmente inseridos na Zona de Amortecimento de Intervalles.

² Os estudos aqui efetuados restringiram-se à delimitação de divisores topográficos, ou seja, superficiais. As áreas demarcadas por esses divisores dificilmente coincidem exatamente com os limites dos divisores freáticos. Portanto, para a tomada de decisões acerca de ações no meio físico que possam interferir nos processos hidrodinâmicos sub-superficiais e subterrâneos, recomendou-se a execução de alguns estudos detalhados de geomorfologia cárstica.

A sobreposição dessas Unidades de Conservação às áreas de influxos, efluxos e nascentes indicaram subcategorias diferenciadas, em termos de manejo. Por exemplo, as áreas de influxo para o PEI, inseridas dentro dos limites de uma outra Unidade de Conservação, não se apresentam como áreas de risco emergente de contaminação ou de perturbação, diferentemente daquelas similares localizadas fora de áreas protegidas.

Quanto às áreas de efluxos, ressaltou-se a importância das Unidades de Conservação em termos de serviços ambientais oferecidos às áreas do entorno. A ausência de usos conflitantes e a presença de cobertura vegetal nessas Unidades garantem a manutenção da qualidade e quantidade dos recursos hídricos disponíveis às áreas contíguas. As funções hidrológicas exercidas pela floresta dos Parques interferem positivamente para regularização da vazão dos cursos d'água e diminuição do impacto de inundações, manutenção da capacidade de armazenamento nas micro-bacias amenizando as baixas vazões nos períodos de estiagens, controle de processos erosivos que implicam em perdas de solos agricultáveis e assoreamento de cursos d'água.

Assim, a simples identificação e análise espacial desses aspectos, já contribuíram de forma substancial para o Zoneamento Ambiental e Manejo das Unidades de Conservação, inclusive fornecendo novos parâmetros a serem considerados para o desenho de áreas protegidas. Esse nível de análise demonstrou constituir-se em um instrumental indispensável para a elaboração de políticas públicas nas esferas municipal, estadual ou federal, promovendo ações mais integradas para as áreas de entorno, posto que considerou áreas e sistemas do *Continuum Ecológico de Paranapiacaba*³.

A análise e sistematização de *dados morfológicos e morfométricos* consistiu na interpretação e análise dos padrões de drenagem, das formas dos vales, dos interflúvios e de vertentes, além de cálculos da densidade de drenagem e de coeficiente de manutenção.

A identificação dos padrões e densidades de drenagem foi, inicialmente, realizada a partir de uma base em escala 1:100.000, contendo poucas informações planimétricas (rede hidrográfica, limites do PEI e Zona de Amortecimento, e sistema viário), justamente para realçar os parâmetros selecionados.

³ O Parque Estadual Intervalles, juntamente com Parque Estadual Carlos Botelho, Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR) e Estação Ecológica de Xitué, localizados dentro da APA da Serra do Mar e da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, compõe o *continuum ecológico de Paranapiacaba*, um corredor de Mata Atlântica que supera cerca de 120.000 ha de área. (fonte: Fundação Florestal – Secretaria de Meio Ambiente do estado de São Paulo).

Através da identificação visual das combinações mais recorrentes (densidade de drenagem X padrão de drenagem), foram identificados os seguintes padrões hidrográficos, na escala 1:100.000 :

1. Padrão em treliça de baixa e média densidade de drenagem
2. Padrão em treliça de alta e média densidade de drenagem
3. Padrão caracteristicamente pinado, de média densidade de drenagem
4. Padrão pinado pouco característico, de alta densidade de drenagem
5. Padrão dendrítico-treliça, de média à alta densidade
6. Padrão caracteristicamente dendrítico, de média a alta densidade
7. Padrões e drenagens anômalos

Dos sete padrões identificados inicialmente, na escala 1:100.000, foram detalhadas áreas amostrais, através de foto-análises e fointerpretações em fotografias aéreas em escala 1:25.000, confirmando-se as características morfométricas de apenas 5 delas, a saber:

- Padrão em treliça de alta e média densidade de drenagem
- Padrão pinado pouco característico, de alta densidade de drenagem
- Padrão dendrítico, de média a alta densidade
- Padrão dendrítico-treliça, de média à alta densidade
- Padrões de drenagens anômalos

As menores correspondências entre os dos grupos de unidades definidas visualmente em escala 1:100.000, correspondem às unidades de baixa à média densidades. Essas corresponderam, de fato, à altas densidades de drenagem, comprovadas pelas fotoleituras e fointerpretações das áreas amostrais.

A identificação de setores com características morfométricas-morfológicas próprias, correlacionadas às informações sobre as características geomorfológicas, embasamento geológico, hierarquia de drenagem e posição em relação à bacia hidrográfica correspondente subsidiaram a delimitação de Unidades Espaciais e permitiram a interpretação sobre a hidrodinâmica.

Um exemplo bastante singular refere-se ao comportamento hidrodinâmico torrencial tipo *flash-flood* que ocorre com certa frequência, nos períodos chuvosos, na sub-bacia hidrográfica do rio Quilombo. Tal comportamento pode ser explicado, dentre outros aspectos, em função da mudança de padrão morfológico fluvial que a microbacia do rio Saibadela, tributário do rio Quilombo apresenta. As áreas de vales em “V” com grande amplitude topográfica e padrão de drenagem dendrítico-pinado de alta densidade de drenagem, com perfis longitudinais fluviais

extensos e declivosos e baixo coeficiente de manutenção, favorecem um comportamento hidrodinâmico caracterizado pela torrencialidade. Por outro lado, imediatamente à jusante, as áreas de Planícies Fluviais, desempenham um comportamento hidrodinâmico de amortecimento de cheias, com severos eventos de *flash-floods*.

3.2 Interpretações Hidrodinâmicas

Para a análise hidromorfodinâmica do PEI, foram realizados levantamento, tabulação e a sistematização de dados pluviométricos, fluviométricos e morfométricos que resultaram em produtos intermediários. Dentre estes, são relevantes: a caracterização dos regimes pluviais e fluviais de série histórica de 20 anos em média, a análise têmporo-espacial da produção das águas por bacia hidrográfica e a elaboração de dois perfis longitudinais dos rios representativos das duas vertentes (Atlântica, rio Quilombo e da bacia do Paranapanema, rio das Almas). Tais produtos colaboraram na setorização do PEI e da área de amortecimento, conforme a singularidade, potencialidades, fragilidades e a produção de águas, valorizações espaciais relevantes para as etapas de zoneamento e definição de programas.

Dentro do perímetro do parque e da Zona de Amortecimento existe apenas um posto pluviométrico (Intervalos/ F5-046). Mesmo conscientes de que se deva trabalhar com postos fluviométricos e pluviométricos próximos, devido à impossibilidade da rede de observação, trabalhou-se com um posto pluviométrico a sudoeste dos postos fluviométricos, a uma distância aproximada de 55 km. Assim, pode estar sendo gerada artificialmente uma defasagem temporal entre o regime pluvial (registrado mais a sudoeste) do regime fluvial, uma vez que as máximas pluviométricas são observadas em novembro, justamente nos postos mais a sudoeste da bacia do rio Ribeira de Iguape, pois os registros das máximas pluviais vão migrando rumo ao nordeste da bacia, conforme vão se passando os dias de verão (Gutjahr, 1993).

3.2.1. Comportamento dos regimes pluvial e fluvial

Foram realizadas análises sobre o *comportamento das médias das Vazões Máximas (Q Máx), Vazões Médias (Q Méd) e Vazões Mínimas (Q Mín)* Mensais, Bimestrais, Trimestrais e Semestrais, que podem ser visualizadas na **Tabela 01**.

Da mesma forma, foram realizadas análises sobre o comportamento do regime pluviométrico. As médias de precipitação Mensais, Bimestrais, Trimestrais e Semestrais são apresentadas na **Tabela 02**.

	Posto	Mês	Vazão (m ³ /s)	Bimestre	Vazão (m ³ /s)	Trimestre	Vazão (m ³ /s)	Semestre	Vazão (m ³ /s)
Máx	5E-014	Fev	31,63	Jan-Fev	30,32	J-F-M	29,8	Out-Mar	25,69
	4F-038	Fev	50,6	Fev-Mar	50,1	J-F-M	49,52	Nov-Abr	42,62
Méd	5E-014	Fev	15,64	Jan-Fev	14,74	J-F-M	14,43	Nov-Abr	11,89
	4F-038	Fev	26,65	Fev-Mar	26,46	J-F-M	25,39	Nov-Abr	42,62
Mín	5E-014	Set	4,51	Ago-Set	4,61	J-A-S	4,85	Jul-Dez	5,08
	4F-038	Ago	5,25	Ago-Set	5,42	J-A-S	5,68	Jun-Nov	6,34

Tabela 01 – Médias de Vazões Máximas, Médias e Mínimas

Posto	Mês	Chuva (mm)	Bimestre	Chuva (mm)	Trimestre	Chuva (mm)	Semestre	Chuva (mm)
F5-046	Jan	249,89	Dez-Jan	237,55	D-J-F	228,87	Out-Mar	192,35

Tabela 02. Precipitação Média Histórica (1990-2003) Mensal, Bi, Tri e Semestral

Quanto ao *Regime Anual (características sazonais)*, o rio das Almas apresenta o seguinte comportamento fluvial: as médias *mensais máximas de QMax, QMéd e QMín* ocorrem em Fevereiro. As *médias bimestrais máximas de QMax e QMéd* se dão no primeiro bimestre e a *média mínima de QMín* ocorre em setembro. Assim, os eventos de cheia e inundação ocorrem principalmente nos meses de janeiro e fevereiro, com vazões mínimas em setembro.

Levando-se em consideração que a *média histórica (1980-2001) de vazão* observada no posto Cerradinho é de **12,29 m³/s**, entende-se que as médias das vazões máximas sempre estão acima da média histórica. Da mesma forma ocorre com as vazões médias nos meses de dezembro a março. Nota-se que os meses mais chuvosos são os de dezembro a março.

O rio Quilombo apresenta o seguinte comportamento fluvial: as *médias mensais máximas de QMax e QMéd* ocorrem em Fevereiro. As *médias bimestrais máximas de QMax e QMéd* se dão em F-M e a *média mínima de QMín* ocorre em agosto.

Para o rio Quilombo, a *média histórica (1981-1997) de vazão* observada no posto de mesmo nome é de **19,19 m³/s**. As *médias das vazões máximas quase sempre estão acima da média histórica* (apenas em agosto a média das vazões máximas foi de 15,30 m³/s). Com relação às *vazões médias mensais*, apenas os meses dos dois primeiros bimestres apresentam médias superiores à média histórica. No sexto bimestre, apesar das médias mensais não alcançarem a média histórica, chega muito próximo. Como já observado para o rio das Almas, o comportamento fluvial do rio Quilombo também se orienta de forma paralela ao regime

pluvial, sendo também o trimestre J-J-A o que se apresenta como o de menor débito médio mensal.

3.2.2. Produção de água nas duas vertentes do PEI

Foram elaboradas *estimativas* – simplificadas - *de produção de água* nas duas vertentes: Atlântica e Paranapanema, utilizando-se da relação das seguintes variáveis: vazão média de séries históricas por bacia (perto de 20 anos), área da bacia hidrográfica, precipitação média anual por bacia, relação Q/A (m³/s/área) por bacia.

A bacia do rio Quilombo tem 270 km² de área, produzindo uma vazão média (histórica) no trecho onde o posto está implantado é de 19,19 m³/s (série histórica é de 18 anos - 1981-1998). Já a bacia do rio das Almas possui uma área de 534 km² e vazão histórica média é de 12,29 m³/s (série histórica de 21 anos - 1980 a 2001). Vale ressaltar aqui que a área da bacia do rio Quilombo é 50% menor, com uma produção de água 35% maior que a bacia do rio das Almas.

O único posto pluviométrico instalado no parque é o Intervalles (F5-046), tendo sido monitorado no período compreendido entre 1990 e 2003. Apresenta média anual histórica de 1630,77 mm.

Sabendo-se que o processo chuva-vazão de uma bacia é complexo e engloba uma gama de fatores e que entrada e circulação de água distribuem-se de maneira irregular no tempo e no espaço, observou-se que, mesmo em áreas de precipitação anual média com valores semelhantes, pode haver diferenças substanciais na relação Q/Área. Constataram-se diferenças significativas entre as vertentes Atlântica e Paranapanema, o que significa dizer que cada bacia hidrográfica em questão, não só apresenta entrada de água com valores diferentes, como essa matéria circula e responde de forma diversa, conforme as diferentes características geomorfológicas.

A seguir são apresentadas as relações encontradas (**Tabela 03**):

Rio	Vazão Média histórica (Q)	Área (A)	Precipitação (mm)	Relação Q/A (m ³ /s/km ²)
Alma	12,29	534	1630,8	0,023011305
Quilombo	19,19	270	1630,8	0,071083057

Tabela 03 - Relação entre Vazão Média Histórica e Área

Para a Bacia do rio das Almas, a relação Q/A (m³/s/km²) foi de 0,023 m³/s/km². Já a Bacia do rio Quilombo apresenta relação Q/A pouco mais elevada (0,071 m³/s/km²). Analisando-se a média de vazão para cada mês do ano, pode-se obter, para o mês de fevereiro,

o mês que apresenta a maior vazão em ambos os rios, os seguintes valores de Q/A: - Rio das Almas: 0,034 m³/s/km² e Rio Quilombo: 0,011 m³/s/km².

Já para as maiores vazões observadas nos dois postos, podem-se observar os valores: Rio das Almas: 0,107 m³/s/km² e Rio do Quilombo: 0,278 m³/s/km².

3.2.3. Perfis Longitudinais

A análise e comparação dos perfis longitudinais dos rios das Almas e Quilombo forneceram importantes informações acerca do *comportamento hidromorfodinâmico* dos canais fluviais. Foi possível observar não só nítidas diferenças entre as duas bacias hidrográficas, como tecer algumas interpretações sobre a dinâmica predominante em diversos trechos de cada canal.

A **Figura 3** apresenta os perfis longitudinais de ambos os rios.

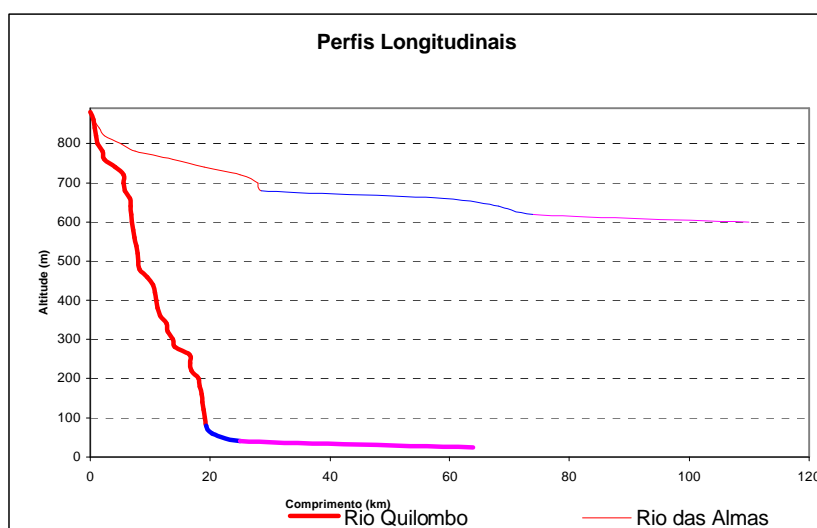


Figura 03 – Perfis Longitudinais Rio das Almas e Rio Quilombo

Abaixo, a **Tabela 04** apresenta as relações entre gradiente topográfico com os trechos de cada rio.

RIO	QUILOMBO			ALMA		
	Trecho	Comprimento	Gradiente	Relação m/km	Comprimento	Gradiente
Superior	17	660	38,82	28,5	180	6,32
Médio	8	180	22,50	39,7	46	1,16
Inferior	39	15	0,38	41,8	36	0,86

Tabela 04 - Relações entre gradiente topográfico com setores topográficos dos rios Quilombo e Almas

Analisando-se apenas essa informação morfométrica – perfil longitudinal dos rios principais - já se pode inferir sobre significativas diferenças geomorfológicas entre as duas bacias hidrográficas estudadas.

O gradiente hidráulico, ou seja, a declividade do perfil longitudinal do rio Quilombo, na vertente atlântica, é bastante elevada nos vinte primeiros quilômetros, sendo superior a 800m. Tal fato permite interpretar que os processos erosivos e de transporte aí presentes, são generalizadamente mais intensos e que a dinâmica fluvial aí predominante é torrencial e em regime de fluxo encachoeirado. Nesses setores, os rios devem apresentar, em sua maioria, leitos compostos por material coerente, com predominância de blocos e matações (validação de campo). Esse conjunto de informações coloca a questão da grande vulnerabilidade dos trechos de jusante dessa bacia, quanto à ocorrência de eventos de vazão de pico e de magnitude das inundações. As áreas de montante, com fluxos de alta energia e de grande magnitude, caso não preservadas, irão impor às áreas de jusante, uma ampliação em suas vazões de pico e em seus níveis de inundação, além, de ampliarem a ocorrência dos *flash-floods*, presentes até mesmo em áreas de extensas planícies fluviais meândricas.

Para a vertente do Paranapanema, há apenas dois curtos trechos encachoeirados, sendo que a maior parte deve apresentar regime de fluxo turbulento, em leitos de rochas coerentes e não-coerentes. Nesta vertente, a amplitude topográfica é menos significativa, apresentando 250 m para 120 quilômetros do perfil longitudinal.

A análise da fluviométrica também confirmou significativas diferenças: o Rio das Almas (posto 5E-014 Cerradinho) cujos dados disponíveis compreendem uma série histórica de 21 anos (1980- 2001) apresenta uma *vazão histórica média de 12,29 m³/s*, enquanto que a *vazão média histórica* calculada para o rio Quilombo (posto 4F-038 Quilombo) neste trecho é de 19,19 m³/s, calculados a partir da série histórica de 18 anos (1981-1998). Do ponto de vista da produção de águas, os cálculos revelaram que a bacia do rio Quilombo (com 270 km² de área) produz 35% de água a mais que a bacia do rio das Almas, possuindo apenas 50% da área da bacia do rio das Almas (com 534 km² de área). Tal fato pode ser explicado não só pelo fenômeno de chuvas orográficas na serra do Paranapiacaba, mas também, dentre outros aspectos já relatados, pelas diferenças significativas da própria morfologia, colaborando para uma hidrodinâmica fluvial do tipo torrencial, com presença significativa de *flash-floods* e inundações de grande amplitude ou variação de N. A. (interpretação confirmada em campo).

Assim, constatou-se que, para além da diversidade física e conseqüentemente, ecológica das duas vertentes, a vertente atlântica é, do ponto de vista da dinâmica fluvial, significativamente *mais frágil* que a do Paranapanema devido às características geomorfológicas e de sua dinâmica pluvial e fluvial, além de possuir maior *potencialidade* na

produção de água. A conjugação de tais características aponta para um manejo que considere níveis mais restritivos de uso e ocupação do solo nesta vertente do PEI.

4. Resultados

Para o Zoneamento e proposições realizadas no Plano de Manejo, essa representação de áreas com diferentes atributos geomorfológicos e hidrológicos apresentaram-se como componentes estruturadores das unidades do meio físico, e de condições abióticas relevantes, a partir da qual interpretações sobre a dinâmica, potencialidade, vulnerabilidade ou restrições de uso foram passíveis de realização.

A delimitação das Unidades Hidro-Geomorfológicas, à partir da análise das características dos sistemas fluviais e tendências hidromorfodinâmicas e suas correlações espaciais, possibilitou o estabelecimento de níveis de priorização de conservação para cada unidade, sub-unidade ou sistema. **(Figura 4)**

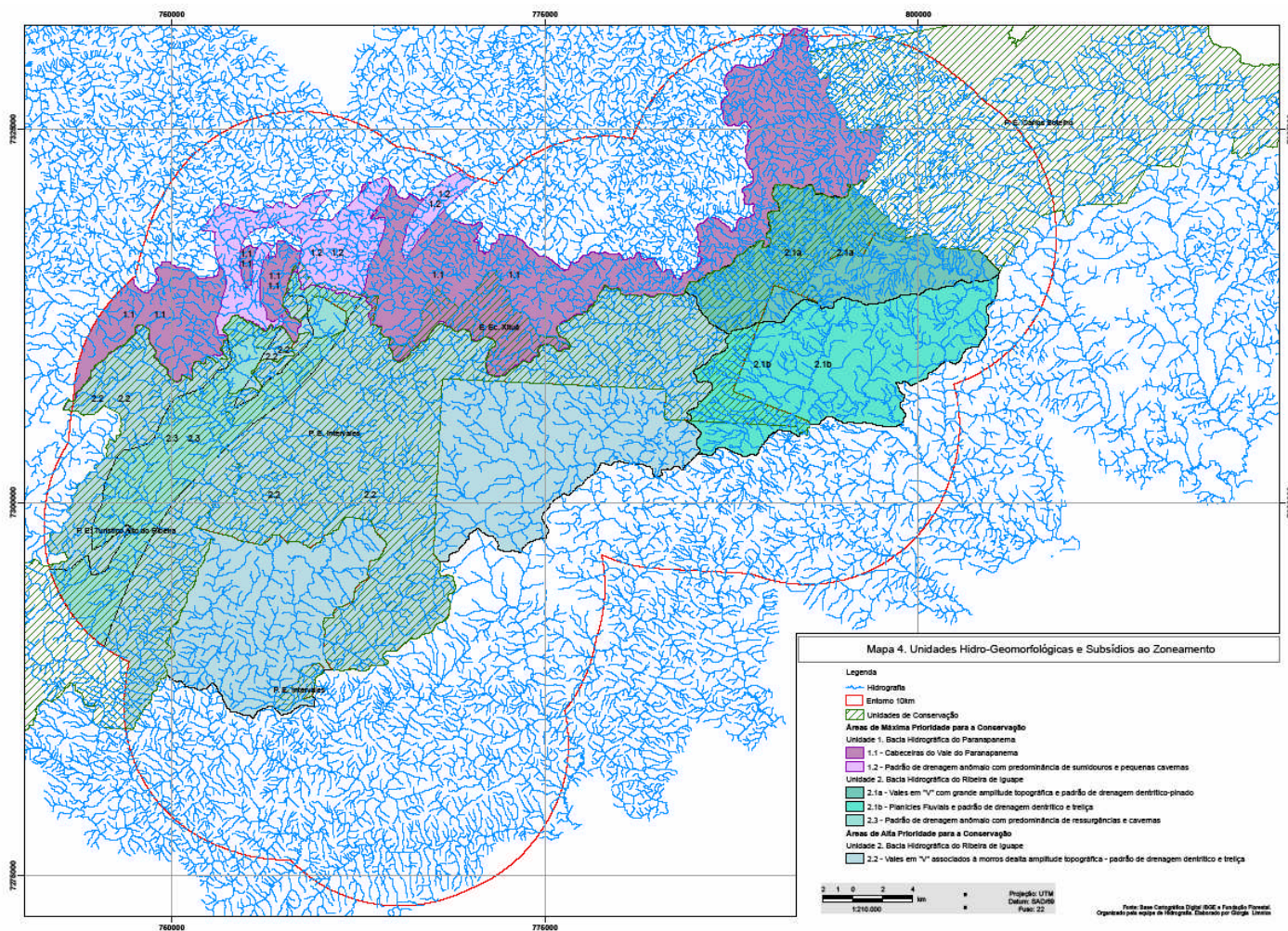


Figura 4 – Unidades Hidro-Geomorfológicas e Recomendações para o Zoneamento

Considerou-se, nesse estudo, apenas dois níveis de prioridade para a conservação, obtidos em função tanto da fragilidade potencial como de seu significado quanto à diversidade ambiental dentro de parâmetros físicos hidro-geomorfológicos: **Prioridade Máxima** e **Alta Prioridade** para a conservação.

As áreas consideradas **de Prioridade Máxima** e **Alta Prioridade** para a conservação, correspondem às áreas nas quais o zoneamento deverá estabelecer categorias de uso de **alta restrição**, compatíveis com a manutenção das taxas e balanços dos processos hidro-geomorfológicos hoje atuantes. No caso de constatarem-se usos conflitantes já existentes, deverão adequar-se às características intrínsecas da unidade hidro-geomorfológica por meio de manejo e intervenções de restauração.

Considera-se, para efeito desse estudo, que as fragilidades potenciais (altas e muito altas) estejam associadas a intervenções que tenham potencial para alterar taxas e balanços dos processos atuantes. Dentre essas podem ser citadas: - desvios ou canalizações de cursos d'água; construção ou remodelação de sistema viário; instalação de edificações; e, usos e atividades que possam alterar a produção e qualidade de recursos hídricos (atividades agrícolas com emprego de agrotóxicos ou pecuárias com alto potencial poluente; disposição inadequada de lixo e esgotos; atividades tais como piscicultura, ranicultura, etc. que implicam em desvios e represamento de cursos d'água; desmatamentos uma vez que alteram os processos fluviais, acelerando o escoamento superficial e o assoreamento de canais; reflorestamento com espécies cuja demanda hídrica seja superior à da cobertura vegetal original; e, atividades de exploração de recursos minerais que possam interferir nos níveis dos lençóis freáticos).

Diante dessas considerações, chegou-se à seguinte síntese (**Tabela 5**):

UNIDADES HIDRO-GEOMORFOLÓGICAS	SUB-UNIDADES	CARACTERÍSTICAS	NÍVEIS DE PRIORIDADE DE CONSERVAÇÃO
1. BACIA DO PARANAPANEMA	1.1 Cabeceiras do Vale do Paranapanema	Áreas localizadas na Zona de Amortecimento. Embora não drenem superficialmente para a área do PEI, apresentam importância pela função de mantenedoras de um setor de produção de água com presença significativa de nascentes e sistemas geomorfológicos correspondentes (nichos, anfiteatros, colos/ sistemas concentradores). A preservação ou manejo adequado dessas áreas colabora para a manutenção da diversidade biológica, conectando as áreas de cabeceiras da Bacia do Paranapanema às áreas da Bacia do Rio Ribeira de Iguape, ampliando e fazendo jus ao nome Intervalles, e protegendo os limites e divisores de águas internos das duas grandes bacias hidrográficas.	Prioridade Máxima Fragilidade Muito Alta
	1.2 Padrão de drenagem anômalo com presença de sumidouros, pequenas cavernas e caneluras	Em função da imprecisão e desconhecimento da circulação subterrânea nessa sub-unidade, os usos e ocupações do solo podem acarretar no rebaixamento do lençol freático e alterações nas recargas subterrâneas das áreas adjacentes, além de risco de contaminação dos lençóis por infiltração de poluentes. São ainda, áreas sujeitas a colapsos e desabamentos. Em termos de geodiversidade, representam singularidade paisagística e incorporam maior diversidade de áreas de carste, tendo em vista a importância do “exocarste” presente nessa região.	Prioridade Máxima Fragilidade Muito Alta
2. BACIA DO RIBEIRA DE IGUAPE.	2.1 Planícies Fluviais associadas à morros de alta amplitude topográfica	Essa sub-unidade, apresenta singularidade em função da associação de padrões fluviais e geomorfológicos distintos que, combinados, conferem a área um comportamento hidrodinâmico característico. As áreas de vales em “V” com grande amplitude topográfica e padrão de drenagem dendrítico-pinado de alta densidade de drenagem e baixo coeficiente de manutenção, associado à grande amplitude topográfica da área, favorece um comportamento hidrodinâmico caracterizado por extrema torrencialidade. Imediatamente à jusante, as áreas de Planícies Fluviais, desempenham um comportamento hidrodinâmico de amortecimento de cheias, com severos eventos de <i>flash-floods</i> .	Prioridade Máxima Fragilidade Muito Alta
	2.2 Vales em “V” associados à morros de alta amplitude topográfica - padrão de drenagem dendrítico e treliça	Essa sub-unidade apresenta maior recorrência tanto na área do Parque Estadual Intervalles, quanto na Zona de Amortecimento, embora seja caracterizada pela diversidade acentuada de formas fluviais internas. É considerada como de Fragilidade Alta, em função de suas características geomorfológicas e fluviais - grandes amplitudes topográficas tanto das vertentes quanto dos perfis longitudinais dos rios – que implicam em um comportamento hidrodinâmico torrencial. Essa sub-unidade incorpora ainda áreas de afluxos das sub-bacias do rio Pilões e Taquari, na Zona de Amortecimento. O manejo e ordenamento adequado das áreas de afluxos do rio Pilões colabora para a manutenção da diversidade biológica do PEI e do PETAR, aumentando a conectividade entre as duas unidades de conservação, além de promover a conservação integral da sub-bacia do rio Pilões, uma vez que os demais setores dessa sub-bacia encontram-se dentro de Unidades de Conservação. As áreas de afluxos do rio Taquari, colaboram para a manutenção da diversidade biológica do PEI, por conectar o setor ocidental e oriental do parque, além de atenuar o desenho estreito do PEI, em sua porção central.	Alta Prioridade Fragilidade Alta
	2.3 Padrão de drenagem anômalo com predominância de ressurgências e cavernas	Assim como a sub-unidade 1.2, essa também apresenta fragilidade Muito Alta, face à imprecisão e desconhecimento da circulação subterrânea nessa sub-unidade. Em termos de geodiversidade, apresentam grande importância paisagística, pois constituem-se em áreas de endocarste com grande diversidade de cavernas e ressurgências.	Prioridade Máxima Fragilidade Muito Alta

Tabela 5 - Unidades Hidro-Geomorfológicas e Recomendações para o Zoneamento

Bibliografia

- Christofoletti, A. (1969) Análise morfométrica de bacias hidrográficas. Notícias Geomorfológicas, n. 18:35-64.
- Christofoletti, A. (1970) Análise morfométrica de bacias hidrográficas no Planalto de Poços de Caldas. Tese (Livre Docência) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 375 p
- Christofoletti, A. (1977) A mecânica do transporte fluvial. Geomorfologia, n.51:1-42.
- Christofoletti, A. (1978) Morfologia de bacias de drenagem. Notícias Geomorfológicas, n. 18:130-132.
- Christofoletti, A. (1980) Geomorfologia. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 188 p.
- Christofoletti, A. (1981) Geomorfologia Fluvial: O Canal Fluvial. São Paulo Editora Edgard Blücher, 313 p.
- FIBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1995) Introdução à Interpretação Radargeológica. Série Manuais Técnicos em Geociências. Rio de Janeiro: IBGE.
- Gutjahr, M. (1993) Critérios Relacionados a Compartimentação Climática de Bacias Hidrológicas: A Bacia do Rio Ribeira de Iguape. Dissertação de Mestrado. FFLCH-USP, São Paulo, 180p + anexos.
- Horton, R.E. (1945) Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. Geological Society of America Bulletin, v. 56, p. 807-813.
- Kondolf, F., Mathias, G. & Piégay, H. (2003) Tools in Fluvial Geomorphology. Chichester: Ed. Wiley,
- Leopold, L. B., Wolman, M. G. e Miller, J. P. (1964) Fluvial Process in Geomorphology, San Francisco: W. h. Freeman and Co.
- Monteiro, C. A. F. (1973) A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo. Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo.
- Rodrigues, C. & Adami, S. (2005) Técnicas Fundamentais para o Estudo de Bacias Hidrográficas, in VENTURI, L. A. B. (org) Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório. São Paulo: Oficina de Textos, p. 147-166.
- Ross, J. L. S. & Moroz, I. C. (1997) Mapa Geomorfológico do estado de São Paulo escala 1:500.000. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia, Departamento de Geografia FFLCH – USP/IPT/FAPESP: vols. I e II .
- Sant’anna Neto, J. L. (1990) Ritmo Climático e a Gênese das Chuvas na Zona Costeira Paulista. Dissertação de Mestrado. FFLCH-USP. São Paulo..168p.
- SMA – Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (1988) Plano de Gestão Ambiental, fase I. Parque Estadual Intervales. São Paulo.
- Souza, C.R. de G. (coord.) Sistema Integrador de Informações Geoambientais para o Litoral do Estado de São Paulo/ Aplicado ao Gerenciamento Costeiro - SIIGAL Fase II. 3º Relatório Científico, FAPESP no 1998/14277-2. 2003.163 p. + anexos (inédito).
- Strahler, A.N. (1957) Quantitative analysis of watershed geomorphology. Transaction of American Geophysical Union, p. 913-920.
- Strahler, A.N. (1952) Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. Geological Society of America Bulletin, v. 63:1117-1142.
- Tucci, C.E.M. (2001) Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: UFRGS/Edusp/ABRH, 943p.
- Villela, S. M.; Mattos, A. (1975) Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 245p.