

**FUNDAÇÃO ARMANDO ALVARES PENTEADO – FAAP**

**Centro Superior de Aperfeiçoamento Profissional – CENAP**

**MDG Consultores Associados**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

924/98 – 7ª TURMA – CONTROLE DA POLUIÇÃO AMBIENTAL

**RIO PARAÍBA DO SUL,  
DEGRADAÇÃO AMBIENTAL PROVOCADA  
PELA MINERAÇÃO DE AREIA.**

**José Eduardo Jendiroba Teixeira, Eng.º Mec.**

**Patrícia Cardoso Santiago, Eng.ª Mec.**

**Kelly Fabiana Chacim Tronchini, Eng.ª Mec.**

Coordenação do curso: Prof. Carlos Eduardo Tirlone

Orientação metodológica: Prof. Eduardo Ehlers

São José dos Campos, novembro de 1.999.

**FUNDAÇÃO ARMANDO ALVARES PENTEADO – FAAP**

**Centro Superior de Aperfeiçoamento Profissional – CENAP**

**MDG Consultores Associados**

A monografia:

**RIO PARAÍBA DO SUL,  
DEGRADAÇÃO AMBIENTAL PROVOCADA  
PELA MINERAÇÃO DE AREIA;**

elaborada por:

**José Eduardo Jendiroba Teixeira, Eng.º Mec.**

**Patrícia Cardoso Santiago, Eng.ª Mec.**

**Kelly Fabiana Chacim Tronchini, Eng.ª Mec.**

e aprovada por todos os membros da Banca Examinadora, foi aceita pelo Centro Superior de Aperfeiçoamento Profissional e homologada como requisito à obtenção do Título de Pós-Graduado em Engenharia de Controle da Poluição Ambiental.

Data:

Nota final:

Banca examinadora:

---

---

---

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a colaboração:

Associação Comercial e Industrial de São José dos Campos  
Sindicato das Indústrias Extratoras de Areia do Estado de São Paulo  
Secretarias do Meio Ambiente de S. J. Campos e Jacareí  
Câmaras Municipais de São José dos Campos e Caçapava  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Taubaté

## SINOPSE

Esta monografia apresenta e discute a origem, desenvolvimento e estágio em que se encontra a degradação ambiental decorrente da mineração de areia no rio Paraíba do Sul, no trecho Jacareí – Caçapava. Incursiona pela história do Vale do Paraíba para encontrar a origem da devastação ambiental e analisar quais os principais estudos realizados para a região. Faz uma apresentação dos fenômenos geomorfológicos que afetam a bacia hidrográfica e conseqüentemente o rio Paraíba do Sul a fim de poder diferenciar fenômenos naturais de atividades antrópicas. Verifica a dependência da região metropolitana de São Paulo em relação aos minerais do Vale do Paraíba. Dimensiona o negócio areia para a construção civil. Para avaliar o nível de consciência ecológica dos empresários da areia, foi-lhes aplicada uma pesquisa sobre gestão ambiental. Os conflitos originados da atividade mineral são apresentados e as imagens do satélite confirmam a motivação da sociedade na luta por um ambiente restaurado e equilibrado.

**Palavras chave:** mineração de areia, degradação ambiental, rio Paraíba do Sul, Vale do Paraíba, mata ciliar, construção civil.

## ABSTRACT

This monograph presents and discusses the origin, development and state in which one finds the environmental degradation due to the sand mining in Paraíba do Sul river, in the Jacareí – Caçapava section. It makes an incursion into the history of the Paraíba Valley to find out the origin of the environmental degradation and analyse which are the most important studies done for the region. It presents the main geomorphological phenomena that affect the hidrographic basin and consequently the Paraíba do Sul river in order to differentiate natural phenomenon from antropic activities. It verifies the dependency of the metropolitan region of São Paulo in relation to the Paraíba Valley minerals. It quantifies the business of sand to the civil construction. To appraise the level of the ecological conscientiousness of the sand entrepreneurs, a survey on environmental administration was undertaken. The conflicts originated from the mining activity are presented and the satellite images confirm the motivation of society in the fight for a restored and balanced environment.

**Uniterms:** sand mining environmental degradation, Paraíba do Sul river, Paraíba Valley, ciliary forest, civil construction.

## SUMÁRIO

§	TÍTULO	p.
1	INTRODUÇÃO	7
1.1	Metodologia de elaboração desta monografia	7
	CAPÍTULO I	11
2	Generalidades	11
2.1	Classificação das condições do ecossistema	11
2.2	Água, recurso limitado	13
2.3	Apresentação da bacia do Paraíba do Sul	21
2.4	Histórico da região	25
2.5	Caracterização dos recursos hídricos superficiais	39
2.6	Descrição da área de trabalho	40
2.7	Clima	43
2.8	Vegetação	44
	CAPÍTULO II	46
3	Geomorfologia	46
3.1	Introdução	46
3.2	Geomorfologia fluvial	47
	CAPÍTULO III	64
4	O <i>construbusiness</i> e a indústria de construção civil	64
4.1	Introdução	64
4.2	A importância econômica do Vale do Paraíba	65
4.3	O consumo de agregados na construção civil	66
	CAPÍTULO IV	68
5	O negócio mineração	68
5.1	O ambiente econômico	68
5.2	Indicadores da produção mineral	68
5.3	A mineração de areia	69
5.4	A engenharia mineral	74
5.5	Localização de jazidas de areia	77
5.6	Aspectos legais e institucionais	77
5.7	O potencial areeiro do Rio Paraíba do Sul	101
5.8	Identificação das mineradoras de areia	102
	CAPÍTULO V	107
6	O conflito de interesses	107
6.1	A questão da energia	107
6.2	Mineração e meio ambiente	109
6.3	A extração de areia no rio Paraíba do Sul	111
6.4	O aproveitamento da areia no leito de rios	114
6.5	O planejamento ambiental	114
6.6	Recuperação das áreas degradadas	115
6.7	Matas ciliares	120
	CAPÍTULO VI – Monitoramento	126
	CAPÍTULO VII – Conclusões	129
	CAPÍTULO VIII – Bibliografia	138
	Anexos	149

# **RIO PARAÍBA DO SUL, DEGRADAÇÃO AMBIENTAL PROVOCADA PELA MINERAÇÃO DE AREIA.**

*“Nós concordamos em respeitar, fomentar, proteger e reabilitar os ecossistemas da Terra, para assegurar a diversidade biológica e cultural” (Carta da Terra).*



# **1 INTRODUÇÃO.**

## **1.1 Metodologia de elaboração desta monografia.**

### **1.1.1 Considerações gerais.**

Esta monografia foi redigida em função do curso de pós-graduação “Controle da Poluição Ambiental” visando a identificação das áreas de degradação ambiental provocada pela mineração de areia no rio Paraíba do Sul e da necessidade dos autores em relatar resultados das suas observações de temas regionais. Para tal seguiu-se o fluxograma da figura 1:

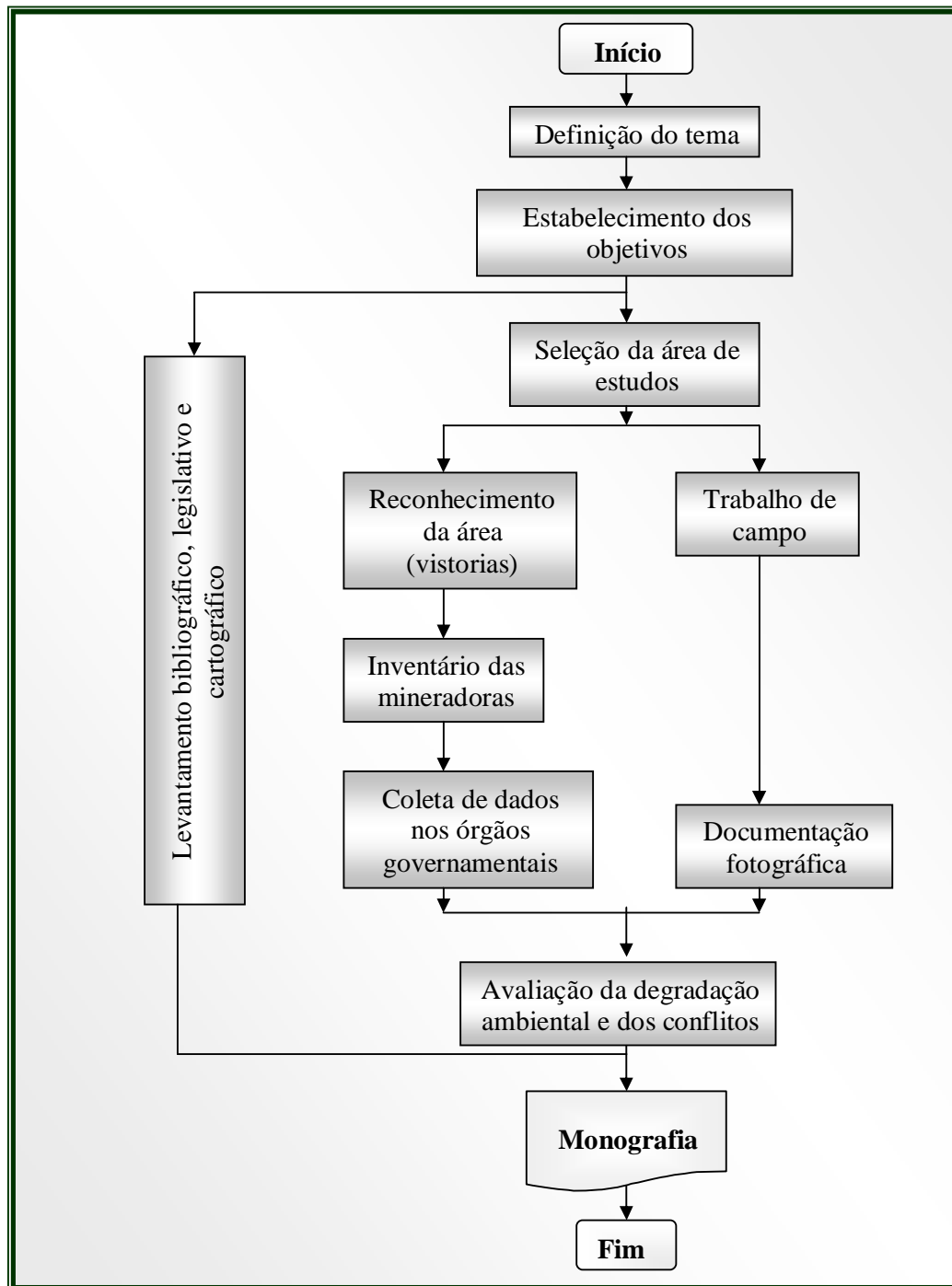
### **1.1.2 Levantamento de dados.**

Foram utilizados os seguintes meios:

- ✓ Pesquisa de mercado para caracterização da gestão ambiental na lavra.
- ✓ Fotografias, imagens de satélite e documentação cartográfica.
- ✓ Vistorias.
- ✓ Entrevistas.
- ✓ Pesquisa bibliográfica.

Foram obedecidos os seguintes critérios:

- ✓ a areia como insumo básico na construção civil;
- ✓ o crescimento da demanda por obras civis e o conseqüente aumento do consumo de areia;
- ✓ a interdependência entre o rio Paraíba do Sul, suas margens, a mineração de areia, a preservação do meio ambiente e em vários trechos, a necessidade da recomposição do meio ambiente degradado.



**Figura 1 - Fluxograma de atividades.**



### **1.1.3 Conteúdo do trabalho.**

No primeiro capítulo, o da introdução, comenta-se o estoque de água para uso humano disponível, seu caráter finito, o seu desperdício e a ameaça de guerra pela sua posse. Apresenta-se a problemática dos recursos hídricos no estado de São Paulo com ênfase na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. Faz-se um histórico da região e de seus projetos. A seguir caracterizam-se os recursos hídricos superficiais, descreve-se esta área, caracteriza-se o seu clima e a sua vegetação.

No segundo capítulo, apresenta-se a geomorfologia e faz-se um resumo dos estudos geomorfológicos da região.

No terceiro capítulo, descreve-se as tendências do *construbusiness* e da construção civil e o consumo de agregados com enfoque na areia.

No quarto capítulo apresenta-se a mineração brasileira em especial a mineração de areia. Conceitua-se a areia normal brasileira e a mineração de areia para a construção civil. Aborda-se os aspectos legais e institucionais da legislação que afeta a mineração de areia e a abertura de uma firma mineradora. Comenta-se o potencial areeiro do rio Paraíba do Sul e as empresas mineradoras da área de estudo.

O quinto capítulo analisa o conflito de interesses entre areeiros - construção civil - sociedade. Trata da recuperação das áreas degradadas e seu monitoramento.

No sexto capítulo estão as conclusões deste trabalho.

No sétimo capítulo apresenta-se a bibliografia.

Anexos a seguir.

### **1.1.4 Objetivos do trabalho e justificativa.**

Este trabalho se propõe a estudar a degradação ambiental provocada pela mineração de areia no rio Paraíba do Sul e identificar os conflitos existentes.

O estudo se justifica, pois, a bacia do rio Paraíba do Sul tem sido motivo de preocupação dos setores de planejamento e dois grandes estudos foram realizados culminando no Plano Regional do Macro Eixo Paulista e no Macrozoneamento da Bacia do Paraíba do Sul, sendo este último aprovado pelo Decreto Federal n.º 87.561 de 13 de setembro de 1.982.

O Governo do Estado de São Paulo através da Secretaria da Agricultura e Abastecimento fez publicar no Diário Oficial de 15.03.1.983, folha 40 a Resolução S. A. A. n.º 49 de 14.03.1.983 dispondo sobre a institucionalização do Programa de Desenvolvimento Agrícola da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul no Estado de São Paulo – PROVALE com os seguintes objetivos gerais:

- a. Preservação das áreas agricultáveis; e,
- b. Implantação de tipologia agrícola condicionada à capacidade de uso do solo harmonizada com as atividades resultantes do desenvolvimento urbano e industrial, de forma a compatibilizar-se necessidades sócio-econômicas e proteção ambiental (Provale).

Duas portarias do Ministério do Interior, chamam a atenção, tabela 1:

**Tabela 1 - Portarias do Ministério do Interior referentes à bacia do rio Paraíba do Sul.**

<b>PORTARIA</b>	<b>DATA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
<b>GM/n.º 086</b>	04/06/1981	Classificação dos cursos d'água da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.
<b>GM/ n.º 157</b>	26/10/1982	Estabelece normas ao lançamento de efluentes líquidos contendo substâncias não degradáveis de alto grau de toxicidade decorrentes de quaisquer atividades industriais.

Além disso, a mineração de areia para a construção civil tem sido intensa, na região, e a degradação ambiental conseqüente já é visivelmente agressiva em vários trechos do Rio com vários comprometimentos.

## CAPÍTULO I

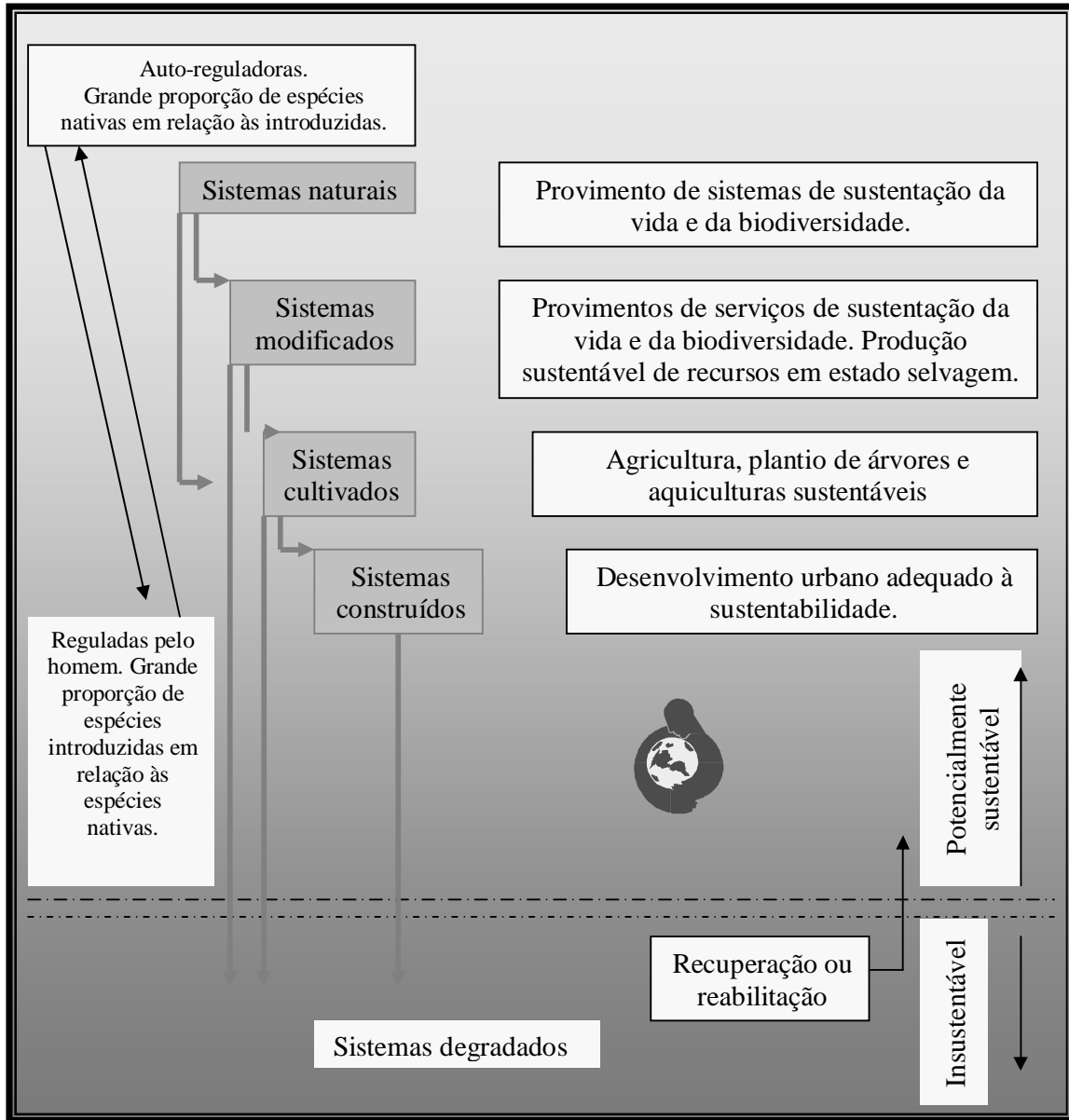
### 2 Generalidades.

#### 2.1 Classificação das condições do ecossistema.

Segundo Aurélio,

*ecossistema é o conjunto dos relacionamentos mútuos entre determinado meio ambiente e a flora, a fauna e os microrganismos que nele habitam, e que incluem os fatores de equilíbrio geológico, atmosférico, meteorológico e biológico.*

A classificação das condições do ecossistema está apresentado na figura 2.



**Figura 2 - Classificação das condições do ecossistema.**

Fonte: Cuidando do Planeta Terra – UICN/PNUMA/WWF in A Questão Ambiental e as Empresas – SEBRAE.

Explicações sobre a figura 2:

1 – As principais condições do ecossistema estão demonstradas nos quadros escurecidos:

Sistemas naturais – ecossistemas onde, até a 1ª Revolução Industrial (1.780 a 1.860), o impacto do homem não foi maior do que o de quaisquer outras espécies nativas, e não afetou a estrutura do ecossistema. A mudança climática está excluída da definição, porque a mudança climática causada pelo homem deve afetar todos os ecossistemas e eliminar todos os ecossistemas naturais como definidos aqui.

Sistemas modificados – ecossistemas onde o impacto humano é maior do que quaisquer outras espécies, mas cujos componentes estruturais não são cultivados. A maior parte do planeta está modificada, incluindo as áreas de terra e mar normalmente consideradas áreas “naturais”. Por exemplo, florestas regenerativas, usadas para produção de madeira; pastagens naturalmente regenerativas usadas para criação.

Sistemas cultivados – ecossistemas onde o impacto humano é maior do que o de quaisquer outras espécies, e cuja maioria de componentes estruturais é cultivada. Por exemplo, fazendas, pastos formados artificialmente, plantações, lagos para aquicultura.

Sistemas construídos – ecossistemas dominados por edificações, estradas, ferrovias, aeroportos, portos, barragens, minas e outras construções antrópicas.

Sistemas degradados – ecossistemas cuja diversidade produtiva e condição para habitação foram enormemente reduzidas. A degradação dos ecossistemas da Terra é caracterizada por perda de vegetação e de solo; e a dos ecossistemas aquáticos é frequentemente caracterizada por águas poluídas que podem ser toleradas por poucas espécies.

2 - As setas à esquerda indicam que o declive de sistemas naturais para sistemas construídos representa uma mudança da condição auto-reguladora para a condição regulada pelo homem, um declínio na diversidade das espécies nativas, e um aumento na diversidade das espécies introduzidas.

3 – As principais conversões dos ecossistemas para condições diferentes são demonstradas pelas linhas grossas; outras conversões importantes são indicadas por linhas finas.

4 – As condições para existência de ecossistemas potencialmente sustentáveis encontram-se acima da pontilhada horizontal. Os usos potencialmente sustentáveis de cada condição dos ecossistemas estão resumidos à direita dos quadros escurecidos. Os usos de um ecossistema são sustentáveis se forem compatíveis com a manutenção do ecossistema naquela condição. Os usos insustentáveis levam à conversão do ecossistema para uma outra condição.

5 – A vida sustentável exige a proteção dos sistemas naturais mais a produção sustentável de culturas e criações produzidas em sistemas cultivados mais o desenvolvimento de sistemas construídos, implementado com base nos interesses humanos e ecológicos mais a recuperação ou reabilitação dos sistemas degradados.

## 2.2 Água, recurso limitado.

Os oceanos constituem importantes reservatórios de água, armazenando 97% das águas do planeta; os gelos representam cerca de 2,1%; as águas subterrâneas totalizam 0,7% e mais, entre lagos doces e salinos (0,016%), umidade do solo (0,005%), atmosfera (0,001%), biosfera (0,0002%) e, nos rios, apenas 0,00009%. O total de evaporação da Terra e o total de precipitação que retorna à Terra se equivalem, mostrando que não há perdas no balanço global: ambos atingem  $496 \times 10^{12} \text{ m}^3/\text{ano}$ , o que equivale a uma profundidade de 97 cm/ano em termos médios do planeta (Berner e Berner, 1.987).

A América do Sul é o continente que apresenta os maiores valores de precipitação total (163 cm/ano), dos quais 93 cm/ano escoam na superfície e 70 cm/ano retornam à atmosfera (Budyco, 1.974).

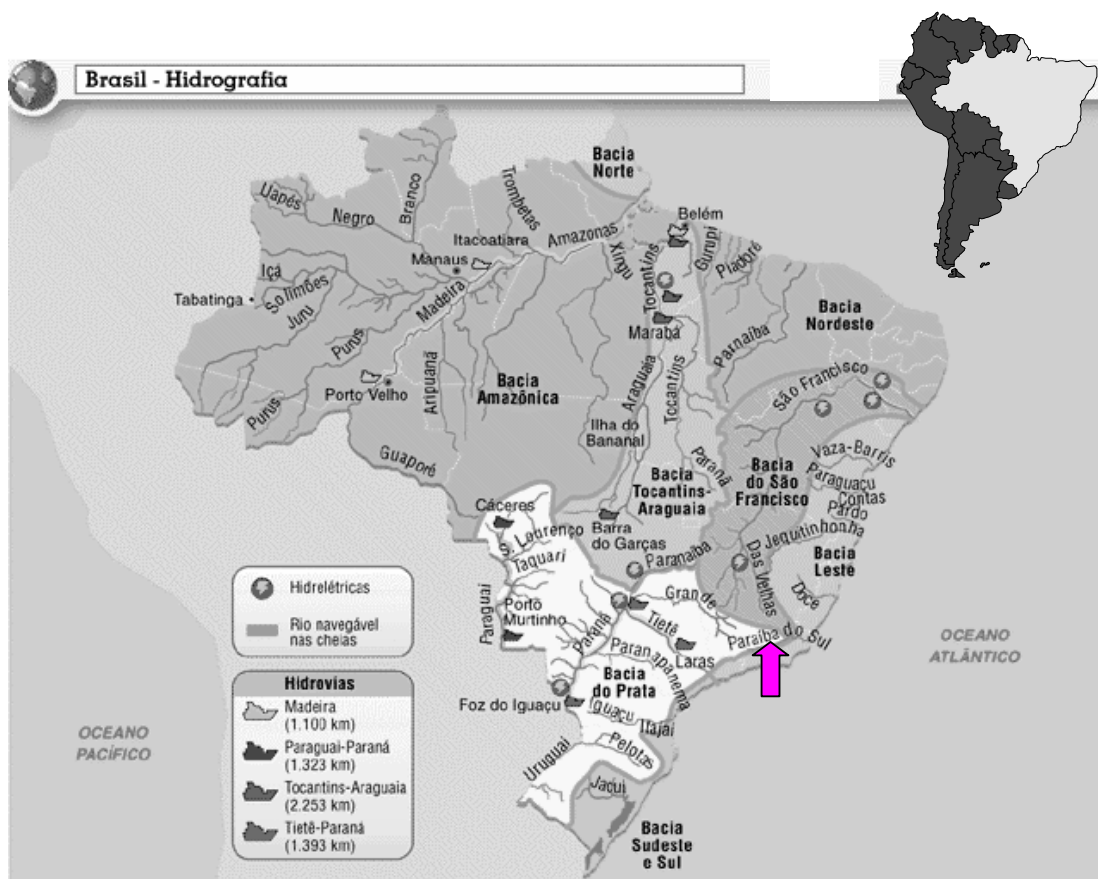


Figura 3 - Brasil, principais bacias hidrográficas e a Bacia do Paraíba do Sul.

O Brasil tem a maior reserva hidrológica do mundo, 14% da que pode ser consumida. Cada brasileiro possui, em tese,  $34 \times 10^6 \text{ l}$  à sua disposição. A escassez se

explica pela péssima distribuição da água brasileira. Quase 80% se concentram na Amazônia, enquanto áreas do agreste ficam à mingua, figura 3. Apenas 10% do esgoto gerado é tratado e 23,8% da população (36 milhões de pessoas) não tem água encanada. Quem tem a usa mal, tabela 2.

**Tabela 2 - Consumo de água nos afazeres domésticos.**

CONSUMO DOMÉSTICO DE ÁGUA (I)			
	Higiene pessoal	Lavar as mãos	7
		Fazer a barba	75
		Escovar os dentes	18
	Banho	Ducha (15 min)	135 a 243
		Chuveiro (15 min)	45 a 144
	Lavar louça	Apartamento (15 min)	117
		Casa (15 min)	243
	Lavar roupa	Lavadora (5kg)	135
		Tanque	117 a 279
	Regar jardim	Durante 10 min	186
Lavar calçada	Durante 15 min	279	
Lavar carro	Mangueira (30 min)	216 a 560	
	Balde	40	

Fonte: SABESP e Panorama Setorial da Gazeta Mercantil.

Um agricultor nordestino gasta, em média,  $18 \times 10^6$  l/ano para irrigar um ha, trinta vezes mais que um israelense, submetido a clima igualmente seco. Pelas contas do Ministério do Planejamento, da água tratada, distribuída à população, perdem-se até 40% dos  $10,4 \times 10^{12}$  l distribuídos anualmente no País.

Devemos considerar, também, que são abertos, anualmente, no País, entre 90.000 e 100.000 poços artesianos.

A lei de direito da água do Brasil é o Código de Águas, de 10.07.1.934, considerado pela Doutrina Jurídica como um dos textos modelares do Direito Positivo Brasileiro. Em 08.01.1.997 foi sancionada a Lei Federal n.º 9.433 que organiza o setor de planejamento e gestão, em âmbito nacional, portanto, uma Lei de Organização Administrativa para o setor de recursos hídricos. A bacia hidrográfica é adotada como unidade de planejamento.

A Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1.997, criou o Conselho Nacional de Recursos Hídricos e atribuiu à Secretaria dos Recursos Hídricos a função de sua Secretaria Executiva, estabeleceu que a presidência desse Conselho será ocupada pelo titular da Pasta do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, e proclamou os princípios básicos, tabela 3. No seu Art. 1º, V, define que a

*“bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos”.*

**Tabela 3 - Princípios básicos na Lei Federal n.º 9.433/97.**

<b>POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS</b>
Adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento.
Usos múltiplos
Reconhecimento da água como um bem finito e vulnerável.
Reconhecimento do valor econômico da água.
Gestão descentralizada e participativa.

A Lei n.º 9.433/97 também define cinco instrumentos à boa gestão do uso da água, tabela 4.

**Tabela 4 - Instrumentos da Lei n.º 9.433/97.**

<b>INSTRUMENTOS DA LEI n.º 9433/97</b>
Plano Nacional de Recursos Hídricos
Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos
Cobrança pelo uso da água
Enquadramento dos corpos d'água em classes de uso (ver Resolução CONAMA n.º 20)
Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.

A Lei Federal n.º 9.433/97 também estabeleceu um arranjo institucional claro, baseado em novos tipos de organização para a gestão compartilhada do uso da água, tabela 5.

**Tabela 5 - Organismos criados pela Lei Federal n.º 9.433/97.**

<b>ORGANISMOS CRIADOS PELA LEI n.º 9.433/97</b>
Conselho Nacional de Recursos Hídricos
Comitês de Bacias Hidrográficas
Agências de Água
Organizações Cívicas de Recursos Hídricos

Em 1.988 o governo federal lançou o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água que pretendia reduzir em 15% as perdas de água economizando R\$ 1,27 x 10<sup>9</sup>/ano.



Aos 2 de setembro de 1.999 o presidente Fernando Henrique Cardoso assinou o projeto de lei que cria a Agência Nacional de Águas (ANA). A ANA terá pela frente dois assuntos relevantes e atuais para serem tratados: as secas prolongadas, especialmente no Nordeste, e a poluição dos rios.

São Paulo, aprovou uma política de recursos hídricos a partir do Plano Estadual de Recursos Hídricos e a inclusão na Constituição Estadual de 1.987 de uma seção (II) específica (Art. 205 a 213) para tratar da matéria recursos hídricos. Criou-se o Conselho Estadual de Recursos Hídricos que propôs a Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH), instituída pela Lei Estadual n.º 7.663. Esta estabelece a cobrança pela água, como uma *commodity*, e a criação de comitês de bacias hidrográficas, com representantes de todos os setores interessados e poder decisório (Barbosa, 1997).

A Secretaria de Recursos Hídricos Saneamento e Obras, criada pela Lei Estadual n.º 8.275, modificada pela Lei Estadual n.º 9.952, está montando o Projeto de Conservação e Revitalização de Recursos Hídricos, para cuidar do setor rural, o maior usuário do País, respondendo por cerca de 70% do consumo total de água e considerado também o maior poluidor. O soro do leite polui dez vezes mais que o esgoto doméstico, com uma ação tão nefasta para o meio ambiente quanto o vinhoto da cana-de-açúcar (Sasse, 1.998).

A zona subsuperficial saturada ou zona freática representa a fonte de água fresca mais importante no mundo: 21% do total da água doce do planeta ou 97% da água doce não congelada. No Brasil estimou-se um volume armazenado de 111.661 km<sup>3</sup>. Este volume é pouco utilizado por nós devido às condições climáticas e geológicas que favorecem uma grande ocorrência de água superficial, especialmente na Região Sudeste, onde estão as grandes concentrações populacionais (Guerra e Cunha, 1998). A Lei Estadual n.º 6.134 regulamentada pelo Decreto Estadual n.º 32.955, dispõe sobre a Preservação dos Depósitos Naturais de Águas Subterrâneas.

Dentro de vinte e cinco anos, aproximadamente, um terço da população mundial enfrentará graves desabastecimentos de água, aumentando o perigo de guerras pelos recursos hídricos, segundo a Organização das Nações Unidas . “*Conflitos por causa de água, guerras civis e internacionais, ameaçam tornar-se um fator-chave do panorama mundial no século XXI*” (Houlder, 1.999).

Praticamente todo o aumento de três bilhões de pessoas na população global esperado até 2.025 ocorrerá em países em desenvolvimento, onde a água é, com frequência, escassa ou chega somente com a estação das chuvas, com furacões e enchentes, sendo drenada rapidamente pelo solo. A maior parte da água potável disponível encontra-se em países desenvolvidos, que só têm um quinto da população mundial.

Pesquisa recente (Houlder, 1.999) publicada pelo Instituto Internacional de Administração dos Recursos Hídricos, um centro de pesquisa sediado na cidade de Colombo, no Sri Lanka, prevê “*absoluta escassez de água*” para 17 países do Oriente Médio, do Sul da África e para regiões mais secas do Oeste e do Sul da Índia e no norte da China. Outras vinte e quatro nações sofrerão de “*extrema escassez de água*”,

principalmente na África subsaariana. Para estes países é improvável um alívio da situação por causa da falta de recursos para o desenvolvimento de projetos de captação. A escassez será particularmente danosa para a agricultura, que absorve entre 70% e 80% das reservas disponíveis de água.

A Comissão Mundial para a Água no Século XXI, um grupo de estudos recém-formado com o apoio da ONU e do Banco Mundial, informa que a agricultura irrigada terá de atender a 70% do aumento da demanda de alimentos da população mundial em 2.025. Mas mesmo que haja um grande aumento na eficiência da irrigação, a necessidade de água crescerá 17% mais do que o total disponível hoje. Se não houver mudanças, a demanda será então 56% superior à disponibilidade atual.

Segundo a ONU, a escassez de água é agravada pela poluição, pelo uso ineficiente e pelo consumo insustentável dos lençóis subterrâneos através dos poços artesianos. As reservas hídricas também são prejudicadas por sua administração insuficiente e fragmentada, relutância em tratar a água como patrimônio econômico público e pela inadequada preocupação com a saúde e questões ambientais.

A ONU prevê um forte aumento do número de mortes por males relacionados com a qualidade da água – atualmente são 5,3 milhões de óbitos por ano e 3,35 bilhões de casos de doença por ano. Cerca de metade da população dos países em desenvolvimento sofre de doenças provocadas por água contaminada. Segundo o Sistema Único de Saúde (SUS), 70% dos leitos hospitalares estão ocupados por portadores de doenças hídricas (Lancia, 1.999).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) informa e alerta que a qualidade da água está se tornando um problema crescente na Europa por causa da agricultura intensiva, da industrialização e da superexploração dos recursos. Um em cada sete europeus, especialmente os habitantes da Europa Oriental, não tem acesso a água potável. Doenças “medievais” como cólera, febre tifóide e hepatite do tipo A estão retornando (Houlder, 1.999).

A globalização da questão ambiental teve início com a 1ª Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente realizada em junho de 1.972, em Estocolmo, movida pela degradação ambiental em todo o mundo que se refletia em uma poluição industrial, exploração de recursos naturais, deterioração das condições ambientais e problemas sanitários, déficit de nutrição e aumento da mortalidade. Problemas como efeito estufa e aquecimento global, chuva ácida e aparecimento de buracos na camada de ozônio são efeitos do processo de industrialização e da vida urbano-industrial. O desmatamento e as diversas formas de poluição ambiental têm acelerado a destruição da diversidade biológica, sendo que 70% do que restou de toda a variedade de espécies de vida existentes no mundo concentram-se em apenas doze países (Austrália, Brasil, China, Colômbia, Equador, Índia, Indonésia, Madagascar, Malásia, México, Peru e Zaire). O Brasil é o quarto país contribuidor para o efeito estufa, seguido dos EUA, da Comunidade dos Estados Independentes (antiga URSS) e China. Enquanto os três primeiros emitem elevados valores de CO<sub>2</sub> devido ao consumo de energia, o Brasil é o maior emissor de CO<sub>2</sub> proveniente da queimada de florestas.

O modo de vida da maioria das sociedades modernas, que estabelecem como meta o aumento da produção e do ritmo da produtividade, representa a causa fundamental. Essas questões mundiais só serão resolvidas com medidas efetivas tomadas em conjunto, entretanto, acordos entre países como os da 2ª Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92), realizada em junho de 1992, no Rio de Janeiro, nem sempre são eficazes, devido aos inúmeros interesses econômicos e políticos em jogo.

Um desafio atual, para as sociedades, constitui colocar em prática a noção surgida no final da década de 1980 sobre o desenvolvimento sustentável, uma questão de puro bom senso que exigirá mudanças na produção e no consumo e em nossa maneira de pensar e de viver.

O W.B.C.S.D – Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável, lançou, em 1998, na Holanda, as bases do conceito de responsabilidade social corporativa:

*“responsabilidade social corporativa é o comprometimento permanente dos empresários de adotar um comportamento ético e contribuir para o desenvolvimento econômico, melhorando, simultaneamente, a qualidade de vida de seus empregados e de suas famílias, da comunidade local e da sociedade como um todo”.*

Certos processos ambientais, como lixiviação, erosão, movimentos de massa e cheias, podem ocorrer com ou sem a intervenção humana. Dessa forma, ao se caracterizar processos físicos, como degradação ambiental, deve-se levar em consideração critérios sociais que relacionam a terra com seu uso, ou pelo menos, com o potencial de diversos tipos de uso (Guerra e Cunha, 1996).

À medida em que a degradação ambiental se acelera e se amplia espacialmente, numa determinada área que esteja sendo ocupada e explorada pelo homem, a sua produtividade tende a diminuir, a menos que o homem invista no sentido de recuperar essas áreas.

Comumente coloca-se a responsabilidade da degradação ambiental no crescimento populacional e, na conseqüente pressão que esse crescimento proporciona sobre o meio físico. Pode ser uma causa, mas não a única, nem a principal (Boyden e Hadley, 1973). O manejo inadequado do solo, tanto em áreas rurais, como em áreas urbanas, é a principal causa da degradação. As próprias condições naturais podem, junto com o manejo inadequado, acelerar a degradação. Chuvas concentradas, encostas desprotegidas de vegetação, contato solo-rocha abrupto, descontinuidades litológicas e pedológicas, encostas íngremes são algumas condições naturais que podem acelerar os processos.

Mudanças ocorridas no interior das bacias de drenagem podem ter causas naturais, entretanto, nos últimos anos, o homem tem participado como um agente acelerador dos processos modificadores e de desequilíbrios da paisagem. O comportamento da descarga e da carga sólida dos rios têm se modificado pela participação

antrópica diretamente nos canais, através de obras de engenharia, e, indiretamente, através das atividades humanas desenvolvidas nas bacias hidrográficas (Guerra e Cunha, 1.996).

O vale fluvial é uma depressão alongada (longitudinal) constituída por um ou mais talwegues – o canal mais profundo do leito de um curso de água - e duas vertentes com sistemas de declive convergente. Pode ser conceituado, também, como planície à beira do rio ou várzea.

O perfil longitudinal do vale difere do perfil do rio porque o primeiro depende do gradiente da planície. Em decorrência, as formas do vale, com seções transversais em U ou V, resultam da interação do clima, relevo, tipo de rocha e estrutura geológica.

O rio, com seu talvegue, controla os processos de formação do vale, embora a sua influência direta seja restrita à calha e à planície de inundação.

O fundo do vale pode ser entendido sob o ponto de vista dos tipos de leito, de canal e de rede de drenagem. Cada uma dessas fisiografias possui uma dinâmica peculiar das águas correntes, associada à uma geometria hidráulica específica, geradas pelos processos de erosão, transporte e deposição dos sedimentos fluviais.

A associação desses elementos da rede fluvial, com a altimetria e os controles estruturais, que originam importantes níveis de base regionais e locais, permite o desenvolvimento de um perfil longitudinal específico, dinâmico e em constante busca de um equilibrado balanço entre descarga líquida, erosão, transporte e deposição de sedimentos. Desse modo o rio mantém certa proporcionalidade entre os diferentes tamanhos da sua calha, da nascente à foz. Atividades humanas desenvolvidas em um trecho do rio podem alterar, de diferentes formas e escalas de intensidade, a dinâmica desse equilíbrio. São exemplos, as obras de engenharia como as construções de reservatórios e canalizações, a substituição da mata ciliar por terras cultivadas, o avanço do processo de urbanização e a exploração de alúvios.

Uma das formas que o rio encontra para retornar ao equilíbrio anterior refere-se à intensa erosão das margens, assim como a mudança na topografia do fundo do leito.

As formas do fundo do leito são criadas pela interação da descarga e dos sedimentos transportados. Canais com areias bem selecionadas, ou silte, têm suas próprias formas características. Ondas de areias, por exemplo, formam bancos transversos, em forma de lóbulos, em plano. Essas formas instáveis contrastam com os perfis dos rios de cascalhos formados pela alternância de declives planos e íngremes das seções rasas e fundas respectivamente. Essas soleiras e depressões são características de rios de cascalhos que são eliminadas pelas obras de canalização. São necessários longos períodos de tempo para a reconstrução dessas formas.

Os grãos de areia provêm, em sua grande maioria, da desagregação de rochas preexistentes, seguida de um transporte pelas águas ou pelo vento. São mais frequentemente constituídos por quartzo. Segundo a dimensão dos grãos classifica-se em

areia grossa, média, fina e muito fina. A nomenclatura também leva em consideração a presença de outros elementos: areia feldspática (ou arcózio), micácea (ou psamito), aurífera, argilosa, etc.. As areias mesmo compactadas, apresentam grande porosidade e permeabilidade, que as tornam retentoras de água. As areias silicosas muito puras (com 99,5% de silício) são utilizadas em vidraria. Um solo arenoso contém pelo menos 80% de areia.

### 2.3 Apresentação da bacia do Paraíba do Sul.

O estado de São Paulo tem relevo de planaltos ocupando quase a totalidade da sua superfície, com exceção da baixada litorânea. Este relevo corresponde aos trechos paulistas do Planalto Atlântico e do Planalto Meridional brasileiros, com 85% das terras estaduais situadas entre 300 e 900 m de altitude, anexo 4. Identificam-se cinco unidades morfológicas: a planície litorânea, o planalto cristalino, a depressão tectônica do vale do Paraíba do Sul, a depressão periférica paulista e o planalto sedimentar, figura 4.

A rede hidrográfica do estado de São Paulo pode ser apreciada no anexo 6.

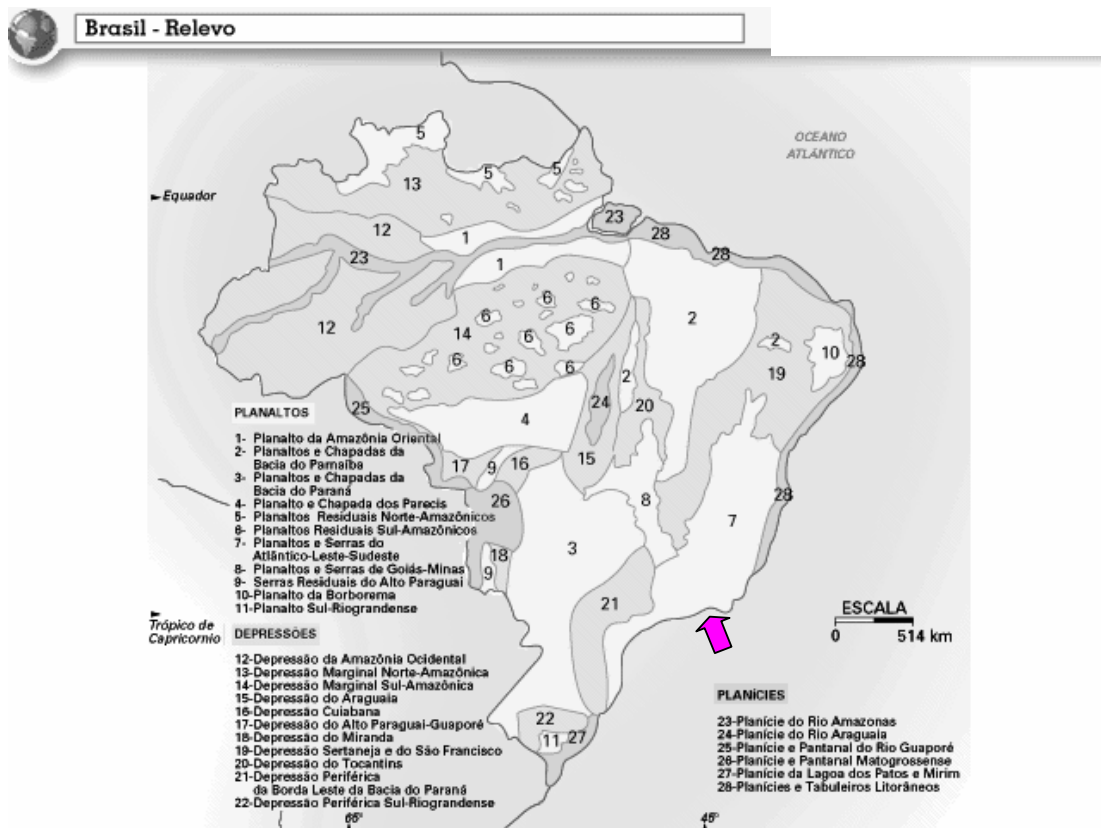


Figura 4 - Relevo brasileiro e ⑦ planaltos e serras do Atlântico-Leste-Sudeste.

A depressão tectônica do vale do Paraíba do Sul, percorrida, no sentido SO-NE pelo rio Paraíba do Sul está limitada a NO pela escarpa da serra da Mantiqueira. A SE, é limitada pelas serras do Quebra-Cangalha e da Bocaina, esta, um bloco soerguido da serra do Mar, com altitudes que ultrapassam os 2.000 m. Sobre a serra da Mantiqueira destaca-se ainda o bloco elevado do maciço de Campos do Jordão.

A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul em seus limites atravessa três estados brasileiros: 24% correspondem à sub-bacia paulista, estendendo-se desde a região metropolitana de São Paulo até a divisa com o Rio de Janeiro; 37% compõem o sudeste mineiro e os 39% restantes constituem a maior parte do território fluminense (DAEE, 1.977 e Vale Verde).

O rio Paraíba do Sul é formado pelos rios Paraitinga e Paraibuna, anexos 6 e 7, nascendo o primeiro na Serra da Bocaina a 1.800 m de altitude e o segundo na Serra do Mar a 1.200 m de altitude (DAEE, 1.977; Alves, 1.997; Abranches, 1.999; Maia, 1.999). Apresenta uma disposição de exceção na rede hidrográfica brasileira: é formado inicialmente pela confluência dos rios Paraitinga e Paraibuna que tem seus cursos na direção sudoeste na área montanhosa da Serra do Mar, após a confluência, continua na direção O até as proximidades de Guararema, onde é barrado pela Serra da Mantiqueira que o obriga a inverter completamente o rumo do seu curso, passando a correr para o NE e finalmente para L, até alcançar o oceano em São João da Barra, após percorrer uma distância de 1200 km, anexos 6, 7, 8 e 9.

A Lei Estadual n.º 10.020 dispõe sobre a constituição de Agência de Bacia e a Deliberação 21/98 sobre a criação de Agência de Bacias. O rio Paraíba do Sul e sua bacia, são federais, então, todos os rios que o formam são federais também; mas as micro-bacias, não.

Esse complicador vem sendo administrado pelo Comitê das Bacias Hidrográficas do Rio Paraíba do Sul e Serra da Mantiqueira (CBH-PSM), criado em 25.11.1.994, anexos 8 e 9. Como a constituição de uma Agência depende sempre da aprovação do Comitê e também da adesão de 35% dos municípios cortados pelo rio, torna-se, então, necessário um acordo entre os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro que será feito por meio do Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP). O CEIVAP calcula que serão necessários R\$ 3,3 bilhões para a recuperação ambiental da área total de 57 mil km<sup>2</sup> da Bacia. O Banco Mundial está liberando para o Ministério do Meio Ambiente recursos de US\$ 800,000.00 do fundo do governo japonês PHRD, para a elaboração de projeto de recuperação da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, denominado Projeto de Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica (PQA) (Feijo, 1.999).




A Agência das Bacias Hidrográficas do Rio Paraíba do Sul e Serra da Mantiqueira deve entrar em operação a partir do ano 2.000. A proposta para sua criação será encaminhada ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos.

A Agência terá como principal objetivo colocar em prática todas as decisões tomadas pelo CBH-PSM, prestando apoio técnico, financeiro e administrativo, além de participar nas negociações de recursos junto aos investidores.

Um levantamento abrangente da situação dos recursos hídricos brasileiros foi feito em 1.984/85 pelo então DNAEE (Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica) e indicava, na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, como problemas prioritários, a necessidade de recursos hídricos para o sistema Light/Rio e grandes cargas orgânicas lançadas nas regiões de São José dos Campos, Taubaté, Volta Redonda e Juiz de Fora (Castro, 1.998).

A Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul, possui as seguintes características, tabela 6 e anexos 8 e 9:

**Tabela 6 - Características da UGRHI Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul.**

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>		<b>DIMENSÃO</b>
Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	Bacia do Paraíba do Sul		14.396
Cursos d'água principais	Rios: Paraíba do Sul, Paraibuna, Paraitinga, Jaguari, Parateí e Una		
Reservatórios	Funil, Jaguari, Paraibuna-Paraitinga, Santa Branca		
População urbana (habitantes) 	1.990		1.401.000
	2.010		2.226.000
Demanda (m <sup>3</sup> /s)	Urbano 1.990		3,5
	Urbano 2.010		7,2
	Industrial 1.990		8,3
	Industrial 2.010		12,9
	Irrigação 1.990		8,2
	Irrigação 2.010		30,9
Demanda/Disponibilidade hídrica superficial 	Demanda total (m <sup>3</sup> /s)	1.990	20,0
		2.010	51,0
	Disponibilidade (m <sup>3</sup> /s)	Q7,10	71,0
		Qref.	140,0
	(Dem.total/Qref.) x 100 (%)	1.990	14,3
		2.010	36,4
Disponibilidade hídrica subterrânea (m <sup>3</sup> /h) vazão potencial	Aqüífero	Taubaté	10 a 250
		Cristalino	5 a 40
Carga Poluidora (t DBO/dia) 1.990	Potencial	Urbana	85,4
		Industrial	89,9
	Remanescente	Urbana	58,1
		Industrial	8,3
	Potencial total		175,3
	Remanescente total		66,4
Municípios integrantes 	Aparecida, Arapeí, Areias, Bananal, Caçapava, Cachoeira Paulista, Canas, Cruzeiro, Cunha, Guararema, Guaratinguetá, Igaratá, Jacareí, Jambeiro, Lagoinha, Lavrinhas, Lorena, Monteiro Lobato, Natividade da Serra, Paraibuna, Pindamonhangaba, Piquete, Potim, Queluz, Redenção da Serra, Roseira, Santa Branca, Santa Isabel, São José do Barreiro, São José dos Campos, São Luiz do Paraitinga, Silveiras, Taubaté, Tremembé.		

Fonte: (1) DAEE; (2) PERH – 1994/95 in <http://www.recursoshidricos.sp.gov.br>



O rio Paraíba do Sul, por mais que lhe voltemos as costas, é um elemento natural importantíssimo do ponto de vista físico, econômico e cultural para a comunidade do Cone Leste Paulista. A areia é um dos insumos básicos da construção civil e o rio Paraíba do Sul é fundamental na economia regional como fonte de abastecimento de água e extração de areia; alimentação e transporte foram relegados (Maia, 1.999).

Na várzea do rio Paraíba do Sul encontram-se grandes trechos de áreas de cultura irrigada. Ao longo desta várzea estão também localizadas as principais cidades da região, que tem apresentado uma crescente expansão nas últimas décadas. Assim, com exceção das áreas urbanas que estão expandindo-se cada vez mais para as várzeas, todo o restante da área apresenta uma aptidão do uso do solo bastante adequado à utilização agrícola das terras, anexos 14, 15, 16 e 17. Nos trechos de escarpa com relevos acidentados, muitos de altas declividades, um superpastoreio ou excessiva utilização das terras com fins agrícolas, podem dar início a processos erosivos.

Deve-se atentar também o fato de que trechos de várzea sendo ocupados com áreas urbanas é extremamente nocivo, pois, além de não atenderem a vocação principal da várzea que é agrícola, impermeabiliza-a e gera resíduos líquidos e sólidos que podem contaminar, tanto os recursos hídricos superficiais como os subterrâneos (Sausen, 1.991).

Nossas casas ribeirinhas são construídas orientadas no sentido de que o rio seja o fundo do nosso quintal (Guidotti, 1.998); nossas cidades o têm como um estorvo ao seu crescimento e, por isso, suas margens são desprezadas e seu curso receptáculo de esgotos fétidos que deverão ser carregados sorrateiramente para a próxima cidade; nossas indústrias, enquanto puderam o envenenaram; a areia, indispensável na construção civil, está ali, “de graça”, no quintal; os pescadores, ah ! os pescadores ainda insistem?

## **2.4 Histórico da região.**

O Vale do Paraíba teria sido percorrido pela bandeira chefiada por Braz Cubas e Luiz Martins, que em 1.560 partiu de São Vicente à procura de ouro. Entretanto, a primeira incursão, que documentadamente o percorreu na quase totalidade do trecho paulista, foi a comandada por Martim Correia de Sá. Destinava-se a auxiliar os guaianás contra os tamoios, e partiu do Rio de Janeiro a 14 de outubro de 1.597 com 700 brancos e 2.000 índios. Galgando a Serra do Mar por Parati, atravessou os campos de Cunha, alcançou o rio Paraíba do Sul entre São José dos Campos e Pindamonhangaba, e daí, cruzando a Mantiqueira, chegou até o rio Sapucaí (Simões, 1.977). Fernão Dias Pais, o “governador das esmeraldas” partiu de São Paulo em 1.674, entrou pelo sertão de Guaratinguetá e daí seguiu para Minas Gerais à procura das esmeraldas (Pombo, 1.960).

Durante todo o século XVI, até os fins do século XVII, o Vale do Paraíba tornou-se passagem obrigatória de todos os que se dirigiam do Rio de Janeiro às Minas Gerais e à São Paulo, através dos chamados “Caminho Velho” e “Caminho dos Paulistas”. Os bandeirantes deixando o rio Tietê, alcançavam o rio Paraíba do Sul pela garganta de

São Miguel, descendo-o até Guapacaré, atual Lorena, e dali passavam a Serra da Mantiqueira, aproximadamente por onde transpunha a Estrada de Ferro Rio e Minas, seguindo, então, para Goiás (Normano, 1.945). Ao longo desses caminhos foram surgindo núcleos humanos permanentes. Esses núcleos formavam-se tanto em volta de sedes de sesmarias (Taubaté, 1.632; Paraibuna, 1.666; etc.), como dos locais de pouso de viajantes. Em fins do século XVIII já existiam as vilas de Taubaté, Guaratinguetá, Jacareí, Pindamonhangaba, São José dos Campos (Regato, 1.994; Bondesan, 1.967), Cachoeira, Bananal, Caçapava, Paraibuna, Paraitinga, todas muito pobres, produzindo apenas o necessário para o próprio sustento.

Na primeira década do século XIX, a cultura cafeeira já atinge o Rio de Janeiro, começando no litoral: Angra dos Reis e Parati, daí deslocando-se também para São Paulo: Ubatuba, Caraguatatuba e São Sebastião. Porém é no Vale do Paraíba que o café prospera (Prado Jr., 1.959; Hildebrando, 1.959; Koshiba, 1.979).

De 1.830 a 1.880, aproximadamente, toda energia econômica volta-se para o cultivo do café, que então é vendido ao mercado europeu em expansão e sem concorrência. Torna-se, por isso, o estabilizador da economia do Império, a ponto de se poder dizer, na época, que o “Brasil é o Vale” (Koshiba, 1.979).

Por volta de 1.840 – ano do início da primeira fase do reinado pessoal de D. Pedro I - o Vale do Paraíba produzia 80% do café de todo o estado de São Paulo e sua produção rural representava 37% da produção do Estado. A partir de 1.850 o café passou a ser o principal produto do Vale do Paraíba, com a produção aumentando sempre até o fim do século. Foi uma época de grandes riquezas em que o Vale do Paraíba se sobressaiu politicamente, representado pelos “barões do café”, membros da aristocracia rural do Segundo Império (1.840 – 1.889). A produção *per capita* atingiu, em média, 60% mais do que no resto do Estado (Simões, 1.977).

O Império tinha, na escravidão, o seu ponto principal de sustentação (Calmon, 1.958) e os senhores de engenho e os barões do café constituem a camada dominante do Império, pela simples razão de que a economia é escravista, monocultora e inteiramente voltada para o mercado externo. Dominando o poder econômico, detinham o poder político. O Império expressava, pois, os interesses dos senhores de engenho e dos barões do café do Vale do Paraíba. Ramos de fumo e café ornamentavam o Escudo do Brasil Império.

A abolição do tráfico negreiro em 1.850 (Gouveia, 1.955), porém, representa um duro golpe à hegemonia daquela camada social. Sua situação se agrava após a Guerra do Paraguai (1.865 – 1.870) quando a luta pela abolição da escravatura se coloca no centro dos debates políticos. A Lei Áurea (1.888), enfim, solapa o próprio fundamento sobre o qual se assentava o regime imperial brasileiro (Koshiba, 1.979).

As terras, intensamente exploradas, se exauriam, e o único motivo que ainda as tornava economicamente rentáveis – o trabalho escravo – foi eliminado.

A proclamação da República, em 1.889, vem atender os interesses dos grandes fazendeiros de café, paulistas, mineiros e fluminenses. A República Velha é, por isso, a “República do Café”.

No entanto, desde 1.895, a economia cafeeira começava a mostrar sinais de crise: superprodução e queda de preço. Em 1.906, a crise atingiu seu ponto culminante. A safra de café desse ano ultrapassou os 20 milhões de sacas, para um consumo mundial inferior a 16 milhões, enquanto os preços continuavam a cair. Em fevereiro, reuniram-se em Taubaté (Nosso Século, 1.985) os governadores de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro e firmam um acordo conhecido como “Convênio de Taubaté” (Bello, 1.959) e decide-se que a fim de evitar a queda de preço, os governos estaduais interessados devem contrair empréstimos no exterior para adquirir parte da produção que excede o consumo do mercado internacional. Inicia-se, assim, a “política da valorização do café”.

Desde aí, o café, no Brasil, esteve continuamente sobre um sistema de defesa: em 1.906 ele foi limitado pelo estado de São Paulo e um grupo de negociantes de Nova York; em 1.927, já era composto de uma frente única de todos os estados produtores de café do Brasil. O plano de 1.906 foi temporário e da mesma forma o foram os de 1.917 e 1.921 (Normano, 1.945). A crise cafeeira é aliviada em 1.918 com a geada e o fim da Iª Grande Guerra.

De 1.898 a 1.919 a política do “café-com-leite” mantém-se inabalável.

Em 1.927 a porcentagem da exportação de café comparada com a exportação brasileira total era de 70,6%.

Em outubro de 1.929, ocorre o *crash* da Bolsa de Nova York e a cafeicultura mergulha em profunda depressão. O valor de venda do café cai em 30%. Não há mais crédito externo. Está suspenso o financiamento interno. Banco e agiotas executam hipotecas sobre fazendas de café e elas transferem-se da posse de famílias “quatrocentonas” para a de sitiantes, imigrantes e seus filhos (Donato, 1.982).

As levas de imigrantes europeus que começavam a afluir no início deste século, procuravam outras regiões do Estado, ainda inexploradas. As terras cansadas das colinas foram dominadas pelos pastos e a pecuária passou a constituir, desde então, a maior riqueza da região. As plantações passaram a dominar nas várzeas, onde se desenvolveu a produção do arroz a partir de 1.920, passando a principal produto agrícola da região; esta produção, entretanto, estava sujeita às enchentes periódicas do rio Paraíba do Sul. A produção do Vale do Paraíba passou a constituir apenas 5% da produção do Estado, e a produção *per capita* chegou a 29% abaixo da média estadual.

A população do Vale do Paraíba, que de 1.840 a 1.920 cresceu em progressão aritmética, na razão de 3.700 habitantes por ano, chegou a decrescer entre 1.920 e 1.930. Surgem as “cidades mortas” descritas por Monteiro Lobato. Somente a partir de 1.950 voltou a apresentar um nível de crescimento razoável, com taxa de 12.500 habitantes por ano. A partir dessa época teve início um rápido desenvolvimento industrial, que se tornou possível graças à excepcional localização geo-econômica, à abundância de energia elétrica e às facilidades de transporte. Cidades como Aparecida, Cruzeiro, Guaratinguetá,

Jacareí, Lorena, Pindamonhangaba e Taubaté, quase que duplicaram de população entre 1.950 e 1.960, sendo que em São José dos Campos, nesse período, a população passou de 25.892 para 56.882 habitantes.

A população total dos trinta e dois municípios, que era de 449.732 habitantes em 1.950, passou para 574.036 em 1.960 e 792.461 em 1.970, isto é, aumentou de 27,7% em dez anos e 76,5% em vinte anos. A população urbana passou de 344.563 habitantes em 1.960, para 584.816 em 1.970, com aumento de 70% em 10 anos, representava 44,6% da população total em 1.950, passou a representar 60% em 1.960 e 74% em 1.970.

Esse crescimento vertiginoso das cidades, devido à rápida industrialização, trouxe desenvolvimento, mas, também, inúmeros problemas, entre eles, a poluição do ar, das águas e do solo, para cuja solução há ainda necessidade de medidas urgentes e em alguns casos bem radicais.

Por outro lado o setor agropecuário não acompanhou o surto de desenvolvimento aumentando ainda mais a diferença que já existia entre o setor primário e o secundário.

A forte extração mineral no Vale do Paraíba teve seu início na década de 50 com o predomínio da extração no leito do rio por pequenas empresas e baixo impacto ambiental.

Devido ao crescimento da demanda por agregados para a construção civil, a exploração de areia no Vale do Paraíba acompanhou-a para atender o mercado regional e da Grande São Paulo, tomando a frente o município de Jacareí por se localizar numa grande jazida de boa qualidade e perto do mercado consumidor. Novas necessidades surgiram na década de 70, esgotando a capacidade de extração de areia no leito do rio, aparecendo, assim, as primeiras cavas às margens do rio Paraíba do Sul, que foram crescendo de maneira desordenada e sem critérios.

O município de São José dos Campos está na altitude 600 m s.n.m., na latitude  $-23^{\circ} 10' 46''$ , longitude  $45^{\circ} 53' 13''$ , tem área de 1.102,2 km<sup>2</sup> e foi criado em 1.767; o município de Jacareí está na altitude 567 m s.n.m., na latitude  $-23^{\circ} 18' 19''$ , longitude  $45^{\circ} 57' 57''$ , tem área de 461,1 km<sup>2</sup> e foi criado em 1.653; o município de Caçapava está na altitude 560m s.n.m., latitude  $-23^{\circ} 06' 03''$ , longitude  $45^{\circ} 42' 25''$ , tem área de 370,8 km<sup>2</sup> e foi criado em 1.855 e Eugênio de Melo está na altitude 565 m s.n.m., na latitude  $-23^{\circ} 08' 20''$ , longitude  $45^{\circ} 47' 09''$  (IBGE, 1.995).

#### **2.4.1 Os planos do DAEE.**

Com a finalidade de promover a recuperação econômica da bacia hidrográfica do Vale do Paraíba, no seu trecho paulista, pelo aproveitamento racional dos seus recursos naturais, o Governo do Estado criou, em 1.938, o Serviço de Melhoramento do Vale do Paraíba, que deu início ao planejamento do Vale do Paraíba.

Em 1.951 esse Serviço foi incorporado ao Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), então criado. A partir daí, os trabalhos passaram a se reger pelos princípios do planejamento regional, com base no aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos.

As diretrizes do planejamento de reerguimento regional, calcadas em grande parte naquelas do Vale do Tennessee, foram elaboradas por uma equipe de técnicos do DAEE e da Secretaria da Agricultura, em 1.952 e tinha como suporte o Art. 17 do Ato das Disposições Transitórias da Constituição do Estado de São Paulo de 1.947.

O Tennessee é um rio dos Estados Unidos da América, afluente do Ohio (margem esquerda), com 1.600 km de extensão. As obras realizadas em seu curso, no período do *New Deal* do Presidente Franklin Delano Roosevelt, levaram à construção de uma trintena de barragens, destinadas principalmente a regularizar o débito, permitir a navegação e fornecer hidroeletricidade, o que favoreceu a industrialização em seu vale.

Esse plano de aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos, atividade básica do DAEE, era constituído dos seguintes itens:

- a. Uso racional das bacias hidrográficas.
- b. Defesa contra inundações.
- c. Abastecimento de água.
- d. Navegação.
- e. Produção de energia elétrica.
- f. Irrigação.
- g. Controle de poluição.
- h. Drenagem.
- i. Uso recreativo dos recursos de água.
- j. Caça e pesca.
- k. Controle de sedimentos.
- l. Controle de insetos.
- m. Educação e assistência social.

#### **2.4.1.1 O plano hidroelétrico.**

Foram elaborados vários planos de regularização de vazão do rio Paraíba do Sul com a finalidade de produzir energia elétrica, tanto por particulares como por entidades governamentais.

O primeiro plano do DAEE de regularização das vazões objetivando o aproveitamento hidroelétrico é aquele relativo à concessão de 1.954, constituído de seis reservatórios com capacidade de 4 bilhões de m<sup>3</sup> e a derivação das águas do Alto Paraíba do Sul para a vertente oceânica. Previa esse plano uma potência instalada global de 740 MW. Posteriormente, foram elaborados outros planos, nos quais sempre se procurou dar melhor utilização aos recursos hídricos disponíveis.

Com a revogação da concessão em 1.966, foi eliminado do plano o desvio das águas para a vertente marítima e conseqüentemente cancelada a construção da usina de Caraguatatuba.

Em 1.971, foi assinado um Convênio entre o Governo Federal, Light – Serviços de Eletricidade S/A, Estados do Rio de Janeiro e São Paulo, para a construção dos reservatórios do Alto Paraíba do Sul, com responsabilidade financeira maior da Light (41%), iguais para a União e o estado de São Paulo (24,5%) cada e menor para o estado do Rio de Janeiro (10%).

Foram construídas as barragens: Paraibuna, Paraitinga, Santa Branca, Jaguari e Funil, anexo 6.

Esses planos (DAEE, 1.973 e GESP, 1.975) sempre consideraram os fatores inerentes aos diversos usos e controles das águas, a saber: defesa contra inundações, abastecimento de água, navegação, produção de energia elétrica, irrigação, controle de poluição, drenagem, pesca e uso recreativo.

As principais características do plano foram a sua flexibilidade e o elevado grau de regularização, que atinge quase 100% nas cabeceiras do rio.

Nos reservatórios seriam deixadas bordas livres, cuja capacidade de armazenamento resultante constituiria reserva suplementar para o controle de enchentes.

#### **2.4.1.2 Plano hidro-agrícola.**

Este foi um estudo mais geral, levou em consideração o Plano de Regularização existente na época, o plano de endicamento do rio Paraíba do Sul e de corte de meandros, estes dois últimos elaborados pelo Departamento de Obras de Saneamento e fez todo o estudo de aproveitamento das terras de várzeas e de colinas para fins agrícolas. O estudo se aprofundava em considerações de ordem econômica, hidráulica e agrônômica.

As áreas de várzeas do rio Paraíba do Sul tem 50.000 ha e as várzeas dos seus afluentes somam 15.000 ha. Para proteção das várzeas do Paraíba do Sul contra as inundações periódicas que as assolavam foi prevista a construção de diques marginais que delimitam quarenta e uma áreas protegidas denominadas *polders*, com superfície total de 35.000 ha. O comprimento total dos diques seria de cerca de 300 km.

Antes da construção dos diques foi prevista a retificação do rio Paraíba do Sul por meio do corte de meandros. Com estes cortes entre as cidades de Jacareí e Cachoeira Paulista, a declividade média passaria de 19 para 28 cm/km, anexo 13.

Internamente, nas áreas protegidas, era prevista a construção das obras hidroagrícolas, isto é, as de irrigação e drenagem.

### **2.4.1.3 Os estudos sanitários.**

Em relação ao problema sanitário, vários estudos foram realizados, alguns específicos e outros mais abrangentes, tendo recebido inicialmente colaboração do antigo Departamento de Obras Sanitárias, DOS.

Oportuno mencionar aqui os estudos, o projeto e a construção da Lagoa de Oxidação de São José dos Campos, executados com sucesso em colaboração com o Serviço Especial de Saúde Pública.

Posteriormente, as atribuições foram transferidas ao FESP e mais recentemente à CETESB com as quais o DAEE vem mantendo estreita colaboração no sentido de dar solução ao problema sanitário do rio Paraíba do Sul que é um dos maiores desafios aos técnicos nele engajados.

### **2.4.1.4 Outros estudos.**

Foram realizados inúmeros estudos, sejam no campo da economia, da sociologia, da agricultura, da hidrologia, etc., sempre com o objetivo de considerar sistematicamente o conjunto água, solo e o homem.

Relativamente difícil é dividir esquematicamente as terras do Vale do Paraíba em três tipos: a várzea, o terciário e o arqueano. Não é uma terminologia geologicamente correta, porém, para os nossos propósitos é a mais conveniente.

As várzeas, localizam-se junto às margens do rio, são terras planas, ricas e apropriadas à agricultura. São por outro lado, inadequadas para uso urbano, por apresentarem elevada umidade e fraca resistência mecânica. Só se justificaria a utilização desses terrenos para cidades ou indústrias se não houver outras áreas para essa finalidade.

As terras do terciário tipicamente de colina, são adequadas para pastagens, fruticultura, reflorestamento, cidades e indústrias, dependendo da natureza do solo e de sua declividade (GESP, 1.977).

O arqueano, em geral de grande declividade, deve destinar-se principalmente ao reflorestamento (GESP, 1.975).

Essa divisão de uso seria a mais adequada e natural, entretanto a acelerada industrialização e conseqüente crescimento urbano, está provocando a invasão das várzeas para uso urbano e industrial, cuja explicação salvo raras exceções, é decorrente de especulação imobiliária.

Assim, é uma questão de disciplinamento do uso do solo, a preservação do uso das várzeas para a agricultura, anexos 14, 15 e 16.

Por outro lado, deve-se notar que a população do macro-eixo Rio-São Paulo, está mais exigente de produtos hortícolas. Para produzir esses alimentos, reservar as várzeas do Paraíba do Sul, parece ser medida das mais sensatas.

Devemos, também, evitar o uso predatório das várzeas acarretado pela extração desordenada da areia e do barro que poderá inutilizá-las irreversivelmente.


#### 2.4.2 A questão da navegação do rio Paraíba do Sul.

A navegação no rio Paraíba do Sul, embora tenha sempre constituído problema vivamente sentido (Guidotti, 1.998), não tinha sido objeto de estudo sob o ponto de vista das possíveis soluções técnicas, desde que se excetuem algumas sondagens preliminares sobre a parte final do rio, na zona de São João da Barra que, todavia, não chegaram a conclusões concretas.

Novo estudo individualizou as linhas essenciais técnico-econômicas de intervenção; as relativas conclusões poderão servir de base para a solução definitiva do problema.

Considerando o volume de tráfego previsto para 1.980 e o tipo de carga a ser transportada (na maior parte minérios), julgou-se oportuno prever, na época, em caráter hipotético, a composição de uma frota fluvial constituída essencialmente de comboios de 6.000 t (excluindo o empurrador). As características de tais comboios seriam, tabela 7:

**Tabela 7 - Características dos comboios.**

 DESCRIÇÃO	CARACTERÍSTICA
Número de chatas por comboio	4 (aclopadas)
Meio propulsor	Empurrador
Comprimento das chatas	60 m
Largura das chatas	12 m
Tonelagem das chatas	1.500 t
Comprimento do empurrador	60 m
Comprimento total do comboio	180 m
Calado com carga total do comboio	2,50m

Fonte: IBRA/ITALCONSULT.

Para as obras básicas que possibilitariam a navegabilidade do rio Paraíba do Sul o rio foi subdividido em nove trechos dos quais destacamos o trecho I, de São José dos Campos até Cruzeiro.

O desnível total a ser vencido pela navegação entre estas localidades seria de 48 m. Neste primeiro trecho, com 155 km de extensão, a navegação fluvial utilizaria o leito do rio Paraíba do Sul retificado conforme planos do Departamento Nacional de Obras de Saneamento, cuja declividade média ficaria em torno de 37 cm/km, anexo 13.



Em virtude da exiguidade das descargas no período de estiagem, constatou-se que aquela declividade média devia ser reduzida para se obter o tirante de 3,50 m necessário ao tráfego normal de embarcações e comboios, como ficou acima especificado.

Assim, no estudo, previu-se a adoção das seguintes providências que, em virtude do caráter preliminar desta fase, possuíam apenas valor indicativo: construção de seis barragens móveis de pequena altura de retenção, munidas de eclusas submergíveis durante as enchentes; dragagem e/ou derrocamento do leito do rio para a formação do canal navegável com dimensões adequadas, particularmente nos trechos situados fora do remanso provocado pelas barragens móveis; construção de dique longitudinal (em *rip rap*), paralelo à caixa do rio, destinado à formação do canal navegável nos trechos em que a profundidade do leito natural dispensa a dragagem ou o derrocamento.

Previa-se, também, a construção de nova ponte ferroviária e de quatro pontes rodoviárias admitindo que outras tantas obras existentes devam ser demolidas para permitir o tráfego normal das embarcações, mesmo durante as cheias.

A tabela 8, apresenta o plano completo.

**Tabela 8 - Elementos característicos do plano de navegabilidade do rio Paraíba do Sul.**

TRECHO N.º	SUBDIVISÃO EM TRECHOS	COTAS N. A. (m.s.n.m.)		DESNÍVEL (m)	COMPRIMENTO (km)
		Inicial	Final		
1	De S. J. Campos até Cruzeiro	554,0	496,0	58,0	155
2	De Cruzeiro até o reservatório do Funil	496,0	466,5	29,5	52
3	De reservatório do Funil até Itatiaia	466,5	390,5	76,0	7
4a	De Itatiaia até Volta Redonda	390,5	364,0	26,5	67
4b	De Volta Redonda até Santa Cecília	364,0	353,0	11,0	41
5	De Santa Cecília até a barragem de Anta	353,0	264,5	88,5	111
6	De Anta até a barragem de Sapucaia	264,5	177,5	87,0	14
7	Desde o reservatório de Simplício até o de Itaocara	177,5	82,0	95,5	83
8	Desde a barragem de Itaocara até São Fidelis	82,0	19,0	63,0	40
9	Desde São Fidelis até o Oceano Atlântico	19,0	0,0	19,0	86
Total				554,0	656

Fonte: IBRA, 1967.

No aspecto de consumo energético, para transportar 1 t de carga ao longo de 1.000 km, a hidrovia gasta 3,6 l de combustível; a ferrovia, 9 l e a rodovia 18 l. Um comboio de 6.000 t alivia da estrada, a viagem de 220 carretas (Riva, 1.998).

### 2.4.3 Análise do CODIVAP.

Em 1.971 o CODIVAP – Consórcio de Desenvolvimento do Vale do Paraíba, fez uma compartimentação geo-ecológica resultando a tabela 9.

**Tabela 9 - Tentativa de compartimentação geo-ecológica.**

REGIÃO	GEOSISTEMA	FACIES
<b>Mantiqueira</b>	Atlântico	1. Planalto de Campos do Jordão
	Serra	2b Face SW 2a Face SE
	Cristas	3. Cristas paralelas
<b>Fossa do Paraíba</b>	Vale Médio do Paraíba	1. Várzea 2. Colinas marginais
<b>Planalto Atlântico</b>	da Bocaina	2b Vertente Norte 2a Planalto da Bocaina
	do Paraitinga	1b Serra do Quebra-Cangalha 1a Vales do Paraíba Superior, Paraitinga, e Paraíba Superior 1c Borda do Planalto
	Paulistano	3. Planalto Paulistano

Sua análise ecológica referia-se, então, ao estudo de três campos fundamentais, o do potencial ecológico, o da exploração biológica e o da ação antrópica (CODIVAP, 1.971).

#### **Fossa do Paraíba.**

É o compartimento básico na área em foco: apresenta o maior índice de urbanização e abriga os núcleos normativos da rede urbana regional. Abriga praticamente toda atividade industrial da área e constitui-se no eixo de circulação das duas maiores metrópoles brasileiras: Rio de Janeiro e São Paulo. Apresenta a maior concentração da exploração agrícola, incluindo a expressão paisagística mais definida comercialmente: o arroz da bacia de Taubaté. A várzea de Taubaté corresponde a 9,2% das várzeas do estado de São Paulo.

Das várzeas do rio Paraíba do Sul foram colhidas na safra de verão de 1.999, cerca de um milhão de sacas de arroz (50 kg). Esta safra colhida pelos produtores foi a primeira com sinal de revitalização no setor por causa do aumento da área plantada,

de 10 mil ha para 11,3 mil ha neste ano, o primeiro crescimento registrado nos últimos cinco anos na região. A estimativa da produção é feita com base na produtividade média de arroz irrigado do estado de São Paulo calculada pela Secretaria Estadual da Agricultura, cuja estimativa era de 84 sacas (50 kg) por ha de arroz irrigado.

O aumento na área plantada de arroz irrigado na região ocorreu por causa da alta no preço do arroz entre 1.997 e 1.998 causado pela diminuição da produção em países do oriente, os maiores produtores mundiais. De olho na melhor cotação no mercado internacional do produto nos últimos anos, chegando a US\$ 19 a saca no ano passado, os produtores do Vale do Paraíba inverteram o ciclo de declínio na área plantada, que chegou a ser de 25.000 ha no passado. Em Guaratinguetá e Pindamonhangaba, dois dos maiores produtores na região, a saca de 60 kg está cotada a R\$ 17 (preço médio recebido pelos produtores em abril de 1.999) (Oliveira, 1.999).

Ecologicamente, a distinção fundamental feita na “fossa”, referiu-se a:

- Área das colinas marginais.
- O vale propriamente dito: terraços e a várzea.

Na bacia do Paraíba do Sul, a maior concentração de várzea é ao longo do canal principal do rio (Ivancko, 1.985). Deve-se reconhecer, contudo, que esta “faixa”, relativamente estreita e longa, deve, sem dúvida alguma, ser decomposta em vários setores, cujos critérios são de natureza geo e sócio-econômica, anexos 19 até 25.

### **Sistemas da fossa do Paraíba.**

- ♦ Vale propriamente dito.

Constituído por alguns níveis de terraços e pela várzea com toda sua riqueza de feições morfológicas típicas: meandros vivos e mortos, diques marginais, etc.. O aproveitamento urbano e agrícola (irrigação) exige estudos de detalhe capazes de revelar os aspectos fundamentais para um planejamento mais racional do espaço urbano e do uso do solo.

- ♦ As colinas marginais.

A divisão não segue limite geológico, uma vez que as colinas – em diferentes níveis – escalonam-se nos terrenos sedimentares da Bacia de Taubaté e passam aos terrenos de embasamento pré-cambriano do pé da Serra da Mantiqueira. Muitas vezes destinadas à atividade pecuária que se implantou após a fase do café, que havia deixado os solos esgotados e submetidos à erosão acelerada, este sistema apresenta forte movimentação.

Na região (fossa do Paraíba), as chuvas são diminuídas entre os dois sistemas orográficos – Mar e Mantiqueira, anexos 11 e 12. Contudo a intensidade das chuvas tem muita importância a considerar os gradientes das colinas, já sulcadas por erosão, ajudada ainda pelo pisoteio do gado e sem cobertura da floresta que originalmente as recobria. Nos terraços e várzeas há que se considerar a existência de manchas locais de campos e serrados (São José dos Campos). Em meio a uma região úmida de floresta do Brasil de Sudeste, os pequenos enclaves de padrões vegetais próprios de outras áreas, tem íntimas ligações com flutuações climáticas postpliocênicas. São fatos importantes no uso da terra, que só podem ser equacionados em estudos de detalhe. A individualidade

climática da “fossa” é também flagrante: dentro do Vale define-se o “período seco”, não observado na Serra do Mar e Mantiqueira. A própria natureza do Vale – encaixado entre dois planaltos – anexo 18, confere importância ao estudo da nebulosidade, térmica vertical, etc., sem estes estudos de detalhe, nada se poderá saber sobre as condições de predisposição à poluição que uma industrialização elevada poderia condicionar.

A região atravessada pelo rio Paraíba do Sul está localizada dentro da província geomorfológica conhecida como Planalto Atlântico Brasileiro. Esta é uma região de terras altas, constituída principalmente por rochas cristalinas Pré-Cambrianas e Cambro-Ordovicianas, cobertas por bacias sedimentares. Nesta o vale do rio constitui-se em uma longa depressão cuja origem está relacionada a movimentos tectonicamente depressivos, que sofrem processos de sedimentação detritico-lacustre em camadas dispostas horizontalmente (Formação Taubaté e Aluviões Quaternários), anexos 5 e 19.

### **Zona do Planalto de Paraitinga.**

Caracteriza-se pela estrutura cristalina complexa, com predominância de um relevo conhecido como “Mar de Morro”, ou seja, um relevo que se assemelha a um conjunto de colinas maturamente dissecadas em forma de meias laranjas. Destaca-se também a presença de longas serras longitudinais, geralmente na direção N/NE (Alvarez V., 1.996).

As altitudes que chegam a 1.300 m decrescem para a direção W/SW. Em vários pontos as amplitudes locais variam entre 200 a 300 m e os rios apresentam então corredeiras e cachoeiras, com planícies aluvionares pouco desenvolvidas exceção feita ao rio Paraibuna, entre Paraibuna e Bairro Alto, e alguns de seus afluentes.

Dentro do Planalto de Paraibuna destacam-se algumas regiões tais como a Morraria de Paraitinga, expressivamente destacado pela predominância de seu relevo de morros paralelos, com pouca influência estrutural remanescente, pois representa uma fase geomorfológicamente mais evoluída, anexo 18 (Alvarez V., 1.996).

A região que separa as morrarrias do Paraitinga e do Paraibuna constitui-se num conjunto de serras alongadas que funcionam como divisor de águas. O Planalto de Paraitinga é constituído de morros de serras restritas, orientado pelas estruturas migmatíticas.

### **Zona do Médio Vale do Paraíba.**

A Zona do Médio Vale do Paraíba é uma depressão alongada, com relevo de colinas, baixos morros e planícies da várzea com cerca de 200 km de extensão.

O rio Paraíba do Sul atravessa a bacia com um curso extremamente sinuoso, desenvolvido em ampla e contínua várzea, cuja largura que varia de 2,5 a 6,0 km excede de muito a faixa de meandros, anexo 18.

A Bacia do Paraíba do Sul é constituída, também de areias, argilas e cascalhos que ocorrem no topo, e, folhelhos papiráceos e pirobetuminosos com areias intercaladas, na parte basal. Estes folhelhos estão presentes principalmente na área de Taubaté a Pindamonhangaba, anexo 18 (Ribeiro, 1.964). O solo da Bacia de Taubaté tem sido estudado pelo Instituto Agrônômico da Secretaria da Agricultura desde 1.936 (Hackett, 1.962).

A espessura dos sedimentos cenozóicos, nessa bacia, é grande e variável em função do embasamento cristalino. Numa perfuração para captação de água subterrânea realizada a pedido da Prefeitura Municipal de Taubaté chegou-se até 500 m sem atingir o embasamento (Mezzalira e Torres, 1.977 e Frangipani e Pannuti, 1.965).

Segundo Freitas (1.957):

*“os sedimentos quaternários estariam em níveis mais elevados que os das várzeas e estariam separados dos sedimentos terciários por uma camada de seixos; cita também a existência de superfície de erosão e depósitos aluvionais. Descreve, também, três estágios fisiográficos para o Quaternário. O mais novo é a larga planície varzeana, sendo que terraços de 10 a 15 m constituem o estágio intermediário e numa altitude de 20 a 25 m, temos o mais velho nível de terraços”.*

Provavelmente o fato do rio Paraíba do Sul apresentar inúmeros meandros formados em sedimentos inconsolidados é a causa pela qual a várzea apresenta-se com o desenvolvimento observado. Tudo isto surge em consequência do baixo gradiente apresentado pelo rio: 0,186 m/km, anexo 13 (Rachocki, 1.981).

Levantamentos mostraram que normalmente os sedimentos das várzeas apresentam cor cinzenta e quanto à granulometria existe toda gama, desde as argilas mais finas até os cascalhos.

Por outro lado o levantamento de solos feito pelo Instituto Agrônômico de Campinas indicou o aparecimento de sedimentos de textura rudácea por baixo da argila, o que é fato comum nos aluviões. Indicou ainda que o Paraíba do Sul corre ladeado por estreitos de sedimentos argilosos deixando grandes e extensas áreas, até as primeiras barrancas do Terciário, de solos orgânicos formados por acúmulo em condições anaeróbicas de restos vegetais. Tais solos formam bacias locais, fechadas, que recebem pouca contribuição de matéria mineral carregada nas enchentes.

Próximo à estação do Limoeiro, nas margens do Paraíba do Sul, fez-se a extração de cascalho e areia. Trata-se de material mal selecionado e que apresenta também mau arredondamento. Como esta área está relativamente próxima do início do curso do rio dentro da área sedimentar é provável que seja esse o primeiro material que as águas depositam. A medida que escoar vai depositando material mais fino.

Na estrada de Santa Branca, no km 98, próximo a Jacareí encontrou-se um depósito de seixos (Frangipani e Pannuti, 1.965).

No município de Caçapava, próximo à estrada da pedreira da General Motors identificou-se solo podzolizado com cascalhos (MA, 1960 e Moniz, 1.972).

As argilas da bacia terciária do rio Paraíba do Sul, em certo trecho nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro foram depositadas num lago que em certa época represou as águas entre as encostas das Serras da Mantiqueira e do Mar. Isso permitiu a sedimentação ali dos detritos finos resultantes da classificação dos produtos da alteração das rochas circunvizinhas, constituídas principalmente por granitos, gnaisses, sienitos, filitos e quartzitos. Parte do material depositado foi constituído de matéria orgânica na forma de colônias de algas que proliferaram nas águas tranqüilas daquela represa natural e se juntaram periodicamente às lamias do fundo, dando origem às camadas pirobetuminosas.

Entre os horizontes argilosos com elevada proporção de querogênio, encontram-se argilas de fraca porcentagem de matéria orgânica e até mesmo camadas de argila pura que se apresentam de colorações creme, verde, cinza ou rósea.

Tem-se verificado que esse produto é constituído por material argiloso isento de areia grossa, com apreciável tendência higrófila, contendo certa proporção de potássio e revelando propriedades inerentes às argilas montemoriloníticas. Tem sido mencionadas como taguás, segundo a nomenclatura paulista e já vêm sendo usadas há muito para uso em cerâmica. Alguns horizontes têm argilas com elevada capacidade de troca de bases e por isso vem sendo usadas como *terra fuller* para clarificação de óleos vegetais.

Os taguás do Vale do Paraíba mostram um teor de material insolúvel em ácido sulfúrico (areia fina e feldspato fino) da ordem de 20% (variando de 12% a 30%), de 1% a 2% de álcalis, predominando o potássio e uma relação molecular de sílica para alumina entre 2 e 3 (Abreu, 1.960).

A água subterrânea, na área de estudo, no Vale do Paraíba, é, de modo geral, de boa qualidade, podendo ser utilizada para o abastecimento público, irrigação e na grande maioria das indústrias sem necessidade de tratamento. Devido aos métodos de construção dos poços e às características dos sedimentos, durante os primeiros tempos de bombeamento normalmente a água apresenta turbidez apreciável e carrega certa quantidade de areia, que se reduzem a medida que o desenvolvimento do poço vai se completando. Nos casos em que o isolamento superficial não foi efetuado adequadamente é possível haver contaminação do poço por fontes externas de poluição (Frangipani e Pannuti, 1.965).

Distingue-se três regiões de colinas terciárias nesta região:

- ❖ Da extremidade sudoeste da Bacia de Jacareí, com colinas mais elevadas semelhantes as elevações do cristalino.
- ❖ De São José dos Campos a Pindamonhangaba, com colinas mais extensas, cujos altos correspondem a um platô que definiria o nível superior da sedimentação da bacia.
- ❖ Pindamonhangaba até Cruzeiro com colinas suavizadas dando aspecto de tabuleiro.

Os sedimentos “Terciários” localizam-se entre os sedimentos de várzea e as rochas do Complexo Cristalino. Na região à direita do rio Paraíba do Sul estendem-se de

maneira contínua desde Jacareí até Taubaté, formando uma faixa sedimentar de 10 km de largura em média. Já na região à esquerda não se observa tal continuidade, uma vez que até a altura de São José dos Campos a várzea está encostada diretamente no Cristalino, salvo em pequenos trechos, e somente dali para diante é que os sedimentos “Terciários” começam a aflorar de maneira contínua, tendo o máximo em área aflorante nas proximidades de Caçapava (Fragipani e Pannuti, 1.965).

## **2.5 Caracterização dos recursos hídricos superficiais.**

### **2.5.1 Utilização dos recursos hídricos.**

A utilização de recursos hídricos estaduais requer um profissional devidamente registrado no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia - CREA e autorizações emitidas pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE. A autorização para esse fim decorre da Constituição Federal e da Estadual. A primeira determina que as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósitos são bens do Estado. A Carta Estadual dispõe sobre medidas para a utilização racional desses recursos.

O decreto 41.258, de outubro de 1.996, regulamentou, em São Paulo, o uso dos recursos hídricos, as infrações e as penalidades. Em razão disso, o DAEE, através da Portaria n.º 717, de dezembro de 1.996, aprovou as normas e estabeleceu procedimentos a serem observados para que qualquer usuário possa solicitar a outorga de uso dos recursos. Já a Decisão Normativa n.º 059, do CONFEA, determina que os profissionais legalmente habilitados para atuarem como responsáveis técnicos pelo planejamento, pesquisa, locação, perfuração, limpeza e manutenção de poços tubulares para captação de água subterrânea, deverão estar devidamente registrados no CREA. Profissionais com atribuições constantes no Decreto n.º 23.569/33, deverão submeter seu currículo escolar à análise da Câmara Especializada de Geologia e Minas.

### **2.5.2 Vazão.**

Os dados de vazão do rio Paraíba do Sul são obtidos através da operação de uma rede de postos fluviométricos, onde se efetuam leituras em escalas linimétricas convertidas posteriormente em séries de vazões, anexos 10, 11 e 12.

As séries históricas anteriores a 1.952 foram registradas pelos postos, podendo ser utilizadas para determinar vazões estatísticas mínimas, por abrangerem um período em que as vazões neste trecho paulista ainda não apresentavam alterações pela operação do reservatório de Santa Branca (Bandini, 1.954).

As vazões são encontradas nos Boletins Fluviométricos, de vários postos, publicados pelo DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica e o DNAE – Departamento Nacional de Águas e Energia compreendendo diversos períodos históricos, não simultâneos, que em caráter preliminar e a nível de planejamento, tornam-se importantes indicadores das coleções hídricas da região.

Verifica-se que várias são as fontes afluentes, destacando-se pela contribuição de vazão o rio Jaguari, seguido pelos rios Piquete, Bocaina e Buquira.

## **2.6 Descrição da área do trabalho.**

A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, mede 62.500 km<sup>2</sup>, dos quais possui uma área de drenagem no estado de São Paulo de 14.396 km<sup>2</sup>, 21.200 km<sup>2</sup> constituem parte do sudeste mineiro e o restante 27.070 km<sup>2</sup>, pertence ao estado do Rio de Janeiro.

Praticamente toda a bacia integra o Sudeste do Planalto Cristalino Atlântico, mostrando em seu relevo, uma sucessão de cuestas e vales paralelos à linha da costa. No trecho paulista, o compartimento topográfico mais importante é o da Bacia Sedimentar Terciária, aninhada entre as escarpas da Serra da Mantiqueira, ao Norte, e das Serras do Quebra Cangalha e do Jambeiro, ao Sul; anexo 8.

O curso do rio Paraíba do Sul apresenta quatro trechos bem distintos e característicos (Leão, 1.956 e Simões, 1.977), anexo 13:

- ☒ Das nascentes até a cidade de Jacareí – percorre terreno arqueano, o regime é torrencial e as declividades são elevadas, 4,9 m/km.
- ☒ De Jacareí até Cachoeira Paulista – trecho das várzeas paulistas ou da bacia sedimentar, apresenta uma declividade muito suave, os níveis das várzeas e dos baixos terraços de 551 a 552 m e 559 a 562 m, respectivamente, em Jacareí descem num percurso de quase 200 km para 512 a 517 m e 518 a 525 m em Cachoeira Paulista. O curso é bastante sinuoso apresentando sucessão de numerosos meandros. As várzeas paulistas, que se estendem por uma superfície de 50.000 ha, são constituídas por terrenos sedimentares.
- ☒ De Cachoeira Paulista até São Fidelis – trecho encachoeirado, onde as declividades são outra vez elevadas.
- ☒ De São Fidelis até a foz – trecho de planície, com baixas declividades. Os terrenos percorridos são aluvionares.

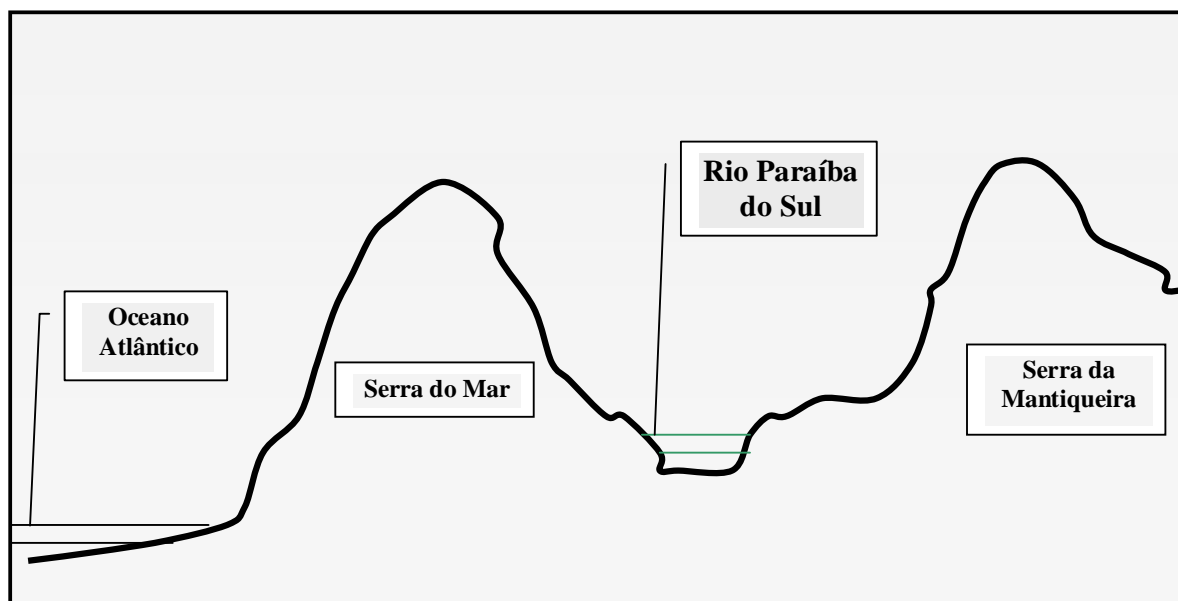
A figura 5 posiciona a região no estado de São Paulo.





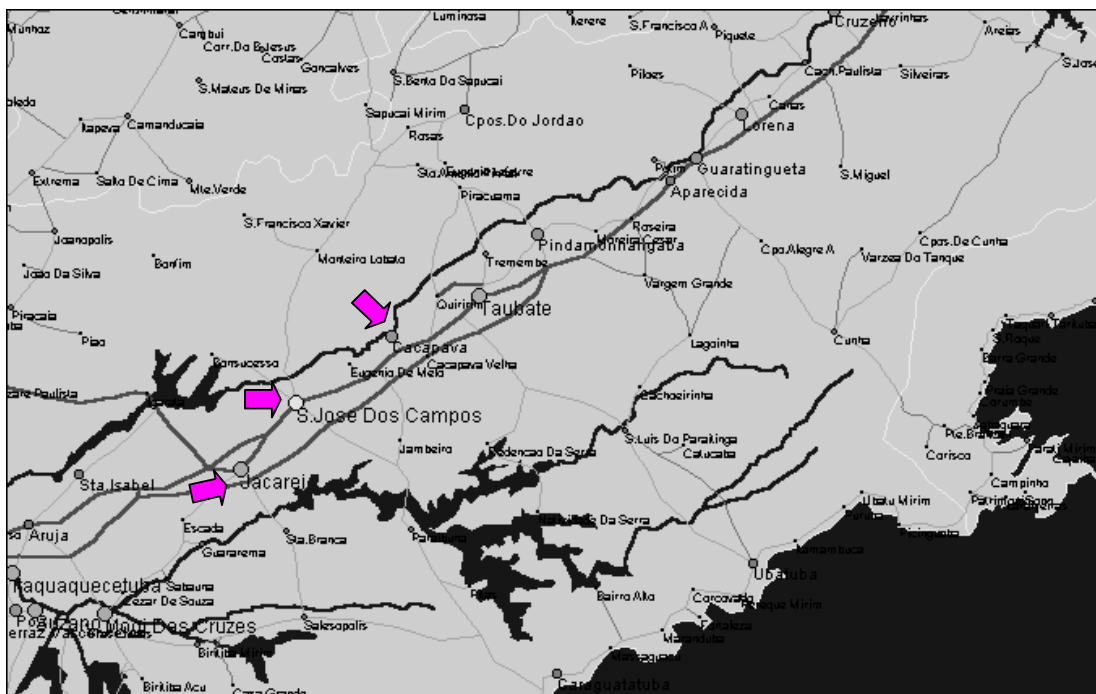
**Figura 5 - Mapa do estado de São Paulo e o rio Paraíba do Sul.**

A seção transversal, sem escala, é a que se vê na figura 6.



**Figura 6 - Seção transversal tipo do Vale do Paraíba.**

Por razões financeiras limitamos o estudo ao trecho do rio Paraíba do Sul compreendido entre Jacareí e Caçapava, figura 7.



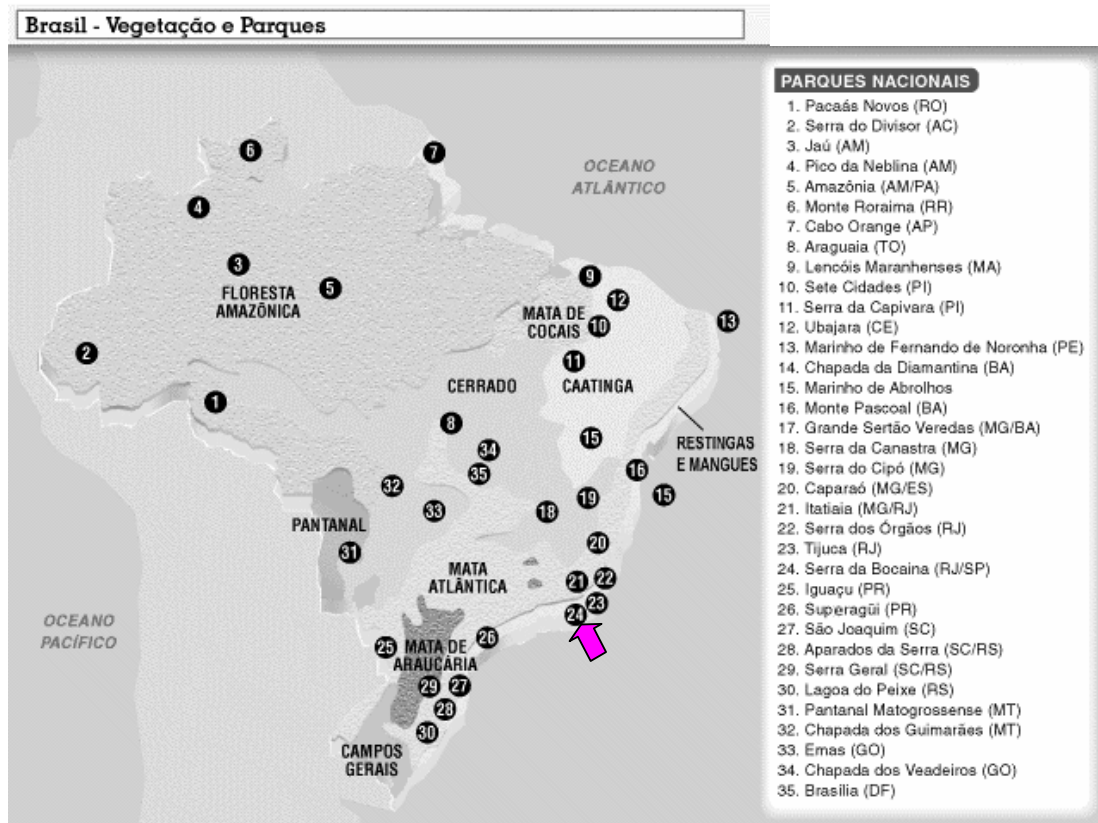
Fonte: Infoguia.

**Figura 7 - Trecho Jacareí - Caçapava do rio Paraíba do Sul.**

### 2.6.1 Caracterização física da região.

Em decorrência da posição geográfica do estado de São Paulo (atravessado pelo trópico de Capricórnio) e da ação das massas de ar (sobretudo a polar atlântica e a tropical atlântica, predominam os climas de tipo tropical, figura 8.

No estado de São Paulo as florestas (latifoliada tropical ou mata da bacia do Paraná no planalto ocidental, e latifoliada tropical úmida da encosta ou Mata Atlântica, no planalto cristalino) recobriam originalmente cerca de 80% da sua superfície (nas regiões mais elevadas, como na Mantiqueira e na Bocaina, com ocorrência da araucária ou pinheiro-do-paraná). Devastadas com o avanço da ocupação agrícola, restam menos de 5% da área original, basicamente na encostas da serra do Mar. O cerrado, que correspondia a pouco mais de 15% da cobertura vegetal primitiva, ocorria em manchas dispersas, nas áreas de solos mais pobres da depressão periférica e do planalto ocidental. Os campos (1,5% da superfície estadual) aparecem na porção sul da depressão periférica como extensão dos campos gerais paranaenses, e nas áreas mais elevadas do planalto, como na Mantiqueira, onde ocorrem associados a capões de araucárias, anexo 15 (Wettstein, 1.970 e Eiten, 1.983).



**Figura 8 - Brasil, vegetação e o Parque da Serra da Bocaina (24).**

## 2.7 Clima.

Devido a configuração geomorfológica do Vale do Paraíba, isolado por duas grandes cadeias de montanhas, a Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira, aliada ainda a influencia da proximidade do litoral, esta área possui uma feição climática especial.

A área do Vale do Paraíba, da Mantiqueira, Litoral e Planalto Atlântico Norte, incluem-se nos climas controlados pelas massas de ar tropical e polar e no sub-grupo do clima tropical úmido das costas orientais e subtropicais dominados largamente pela massa tropical.

O regime de ventos do Vale do Paraíba mostra uma predominância de calmarias e, secundariamente, ventos de NE. Eventualmente registram-se ventos de SE ou SW. Ocasionalmente quedas dos totais pluviométricos, diminuição dos dias de chuvas e abaixamento da temperatura, com eventuais formações de geadas (Coltrinari, 1.975).

Pode-se ressaltar as características da dinâmica climática regional:

- ☛ A posição da região como limite zonal entre dois grandes domínios climáticos: o controlado por massas equatorianas e aquele por massas polares, em sistemas alternados, o que apresenta grande participação da atividade frontal da gênese regional das chuvas.
- ☛ As barreiras representadas pelo relevo acidentado do Alto Vale e ainda pela Serra da Mantiqueira, além de atenuarem o avanço das correntes perturbadoras, submetem a faixa deprimida do Médio Vale a uma condição de abrigo, favorecendo elevada frequência de calmarias, o que poderá ocasionar sérios problemas de poluição atmosférica, em casos de indústrias mal localizadas ou sem correto controle de emissão.

A faixa que corresponde ao fundo do vale apresenta menor umidade e temperatura mais elevadas entre as Serras do Mar e Mantiqueira. Os valores pluviométricos anuais chegam até 3.000 mm nas serras e decrescem em direção ao vale para 1.100 e 1.400 mm, chegando mesmo, em certos trechos a índices inferiores a 1.100 mm, pois quando a massa atlântica chega ao vale ela já aliviou boa parte de sua umidade através da precipitação na subida da Serra do Mar pelo lado litorâneo, anexos 11 e 12.

Como as temperaturas são mais elevadas no vale, e decrescem no sentido das cotas mais altas, também a evaporação se comporta da mesma forma e as acompanha no mesmo sentido. Assim, os balanços hídricos anuais podem apresentar pequenos déficits de umidade nos meses de inverno, onde as precipitações são geralmente menores que a evaporação. Para as regiões semi-montanhosas há um excedente hídrico, sem déficit de inverno ou anual.

O clima reinante na área é o Tropical Sub-Quente Úmido com três meses secos. Possui pelo menos um mês com temperaturas médias inferiores a 18°C, sendo junho e julho o período mais frio. Na Região da Serra da Mantiqueira, no Alto do Planalto que corresponde a uma pequena faixa do território paulista (Campos do Jordão) destaca-se por um clima muito salubre.

Toda a rede hidrográfica do rio Paraíba do Sul está sob influência das chuvas de verão, sendo os meses de dezembro, janeiro e fevereiro os mais chuvosos.

## **2.8 Vegetação.**

### **2.8.1 Várzea.**

Ao longo da várzea do rio Paraíba do Sul, encontram-se pequenas manchas de vegetação remanescente, a maioria delas sendo de vegetação secundária, ou seja, aquela que ressurgiu após a retirada da vegetação original (Wettstein, 1.970). A antiga mata galeria ou ciliar que se formou ao longo do rio, é constituída agora por árvores de pequeno porte, arbustos e vegetação típicas de terrenos alagadiços. Estas poucas manchas estão localizadas entre os municípios de São José dos Campos e Taubaté e entre Aparecida e Guaratinguetá, anexos 15, 16 e 17.

Existem também em terrenos limítrofes a área de várzea, grandes áreas destinadas ao reflorestamento, especialmente de eucaliptos e pinus, localizados entre Pindamonhangaba e Roseira e também próximo a Tremembé (GESP, 1.975).

## CAPÍTULO II

### 3 GEOMORFOLOGIA.

#### 3.1 Introdução.

Geomorfologia é a ciência que estuda as formas do relevo terrestre (Christofolletti, 1.974).

Encostas, topos ou cristas e fundos de vales, canais, corpos de água subterrânea, sistemas de drenagem urbanos e áreas irrigadas, entre outras unidades espaciais, são interligadas como componentes de bacias de drenagem. A bacia de drenagem é uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial. O limite de uma bacia de drenagem é conhecido como divisor de drenagem ou divisor de águas. Uma determinada paisagem pode conter um certo número de bacias drenando para um reservatório terminal comum como os oceanos ou mesmo um lago. A bacia de drenagem pode desenvolver-se em diferentes tamanhos, que variam desde a bacia do rio Amazonas até bacias com poucos metros quadrados que drenam para a cabeça de um pequeno canal erosivo ou, simplesmente, para o eixo de um fundo de vale não-canalizado. Bacias de diferentes tamanhos articulam-se a partir dos divisores de drenagem principais e drenam em direção a um canal, tronco ou coletor principal, constituindo um sistema de drenagem hierarquicamente organizado (Guerra e Cunha, 1.998).

Pelo pensamento sistêmico, a bacia de drenagem, enquanto uma unidade hidrogeomorfológica, constitui um exemplo típico de sistema aberto na medida em que recebe impulsos energéticos de forças climáticas atuantes sobre sua área e das forças tectônicas subjacentes, e perde energia por meio da água, dos sedimentos e dos solúveis exportados pela bacia no seu ponto de saída. A organização interna do sistema bacia de drenagem, isto é, os elementos de forma e os processos característicos, influencia as relações de entrada e saída. Assim, mudanças externas no suprimento de energia e massa conduzem a um auto-ajuste das formas e dos processos, de modo a ajustar essas mudanças. O princípio de auto-ajuste no desenvolvimento do relevo é apontado “como um membro do sistema pode influenciar todos os demais, então, cada membro é influenciado por todos os outros. Há uma interdependência por meio do sistema” (Chorley, 1.962).

O trabalho erosivo nas faces de exfiltração (pontos de interseção do lençol d'água com a superfície; túneis ou dutos associados à ação biogênica nos solos; bordas e canais ou cortes de estrada) pode conduzir à formação de canais e vales e, posteriormente, à expansão de redes de drenagem canalizadas. Trabalhos realizados no Vale do Paraíba confirmam a importância dos mecanismos erosivos pela ação dos fluxos d'água subsuperficiais e apontam esta região como exemplo típico da paisagem geomorfológica prevista no modelo dunneano de evolução de relevo por mecânica de erosão subsuperficial (Dunne, 1.990).

As discontinuidades lito-estruturais do substrato geológico na região estudada atuam no controle das propriedades hidráulicas e mecânica das rochas, destacando o fraturamento como zonas de alívio de pressão piezométrica. A exfiltração da água por meio de fraturas pode detonar a erosão de vazamento, originando túneis que avançam e que com o colapso do teto pode ocorrer a formação do canal erosivo. A evolução desses canais associa-se à instabilização das encostas laterais e da cabeceira pela ação gravitacional (movimentos de massa), especialmente sob condições de fortes declives, propiciando a formação e o desenvolvimento do vale. No avanço remontante do canal pode ocorrer a interseção com outras fraturas ou com bandas litológicas menos resistentes, induzindo neste ponto a formação de canais e respectivos vales tributários e, assim, promovendo o avanço da rede de drenagem.

Outras discontinuidades hidráulicas, associadas aos contatos da sedimentação quaternária com o saprólio ou à ação da fauna escavadora, particularmente produzida pelas formigas saúvas, são também muito importantes na detonação do mecanismo de erosão por vazamento dos fluxos d'água subsuperficiais ou por lavagem em túneis. Tais mecanismos são vistos como dominantes na iniciação e no avanço subsequente de canais incisos, os quais são também chamados de voçorocas. Não se exclui a importância do trabalho dos fluxos d'água superficiais do tipo hortoniano no desenvolvimento da rede de drenagem desta região do Vale do Paraíba, em qualquer dos seus paleo-ambientes naturais ou no ambiente atual bem antropogeneizado. Ao contrário, mesmo nos ambientes vegetados e, portanto, desfavoráveis à produção do fluxo hortoniano, estes fluxos atuaram e atuam de maneira muito efetiva na lavagem das cicatrizes erosivas originadas pela ação das águas subsuperficiais e ação gravitacional e, também, na remoção dos respectivos materiais detríticos (Guerra e Cunha, 1.998).

### **3.2 Geomorfologia fluvial.**

A geomorfologia fluvial engloba o estudo dos:

- \* Cursos de água – detendo-se nos processos fluviais e nas formas resultantes do escoamento das águas.
- \* Bacias hidrográficas – considerando as principais características dessas bacias que condicionam o regime hidrológico ligando-se aos aspectos geológicos, às formas de relevo e aos processos geomorfológicos, às características hidrológicas e climáticas, à biota e à ocupação do solo.

Todos os acontecimentos que ocorrem na bacia de drenagem repercutem, direta ou indiretamente, nos rios. As condições climáticas, a cobertura vegetal e a litologia são fatores que controlam a morfogênese das vertentes e, por sua vez, o tipo de carga detrítica a ser fornecida aos rios. O estudo e a análise dos cursos d'água só podem ser realizados em função da perspectiva global do sistema hidrográfico.

### **3.2.1 Fisiografia fluvial.**

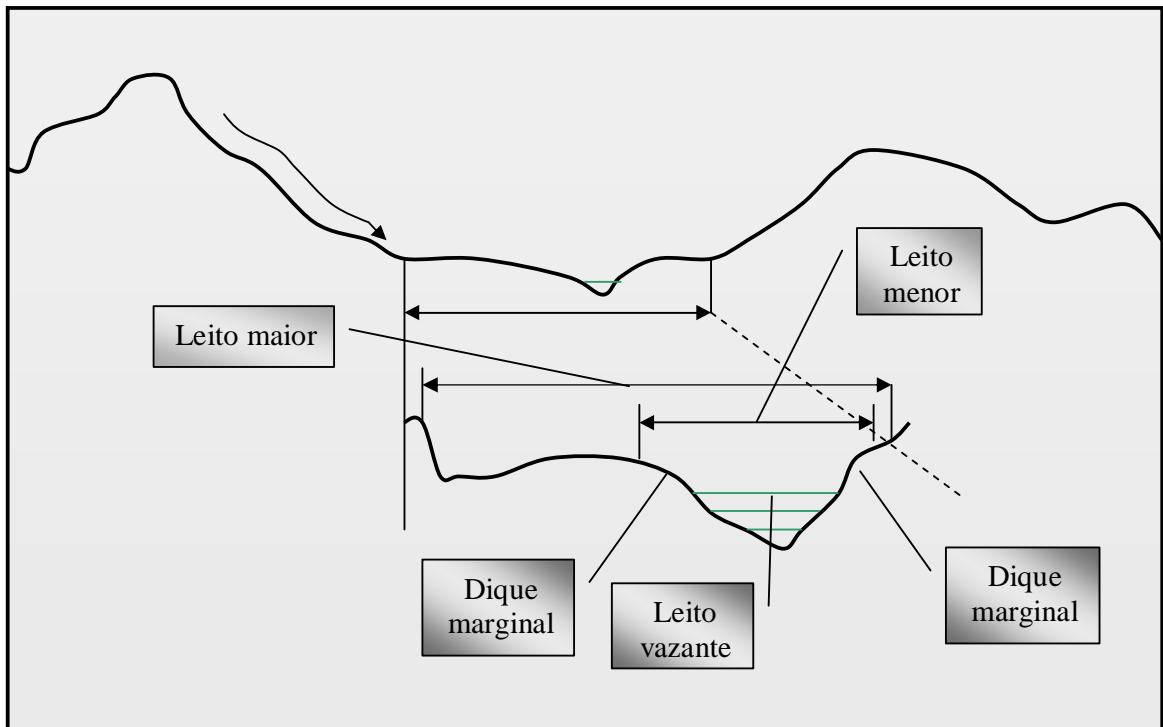
A fisiografia fluvial pode ser entendida sob o ponto de vista dos tipos de leito, de canal e de rede de drenagem.

#### **3.2.1.1 Tipos de leito.**

O leito fluvial corresponde ao espaço ocupado pelo escoamento das águas. De acordo com a frequência das descargas e a conseqüente topografia dos canais fluviais, os leitos podem ser classificados, figura 9, em:

- ★ Leito menor – o escoamento das águas nesse leito tem a frequência suficiente para impedir o crescimento da vegetação.
- ★ Leito de vazante – está incluído no leito menor e é utilizado para o escoamento das águas baixas.
- ★ Leito maior, periódico ou sazonal – é regularmente ocupado pelas cheias, pelo menos uma vez cada ano.
- ★ Leito maior excepcional – por onde correm as cheias mais elevadas, as enchentes; é submerso em intervalos irregulares, mas, por definição, nem todos os anos.





**Figura 9 - Tipos distintos de leito.**

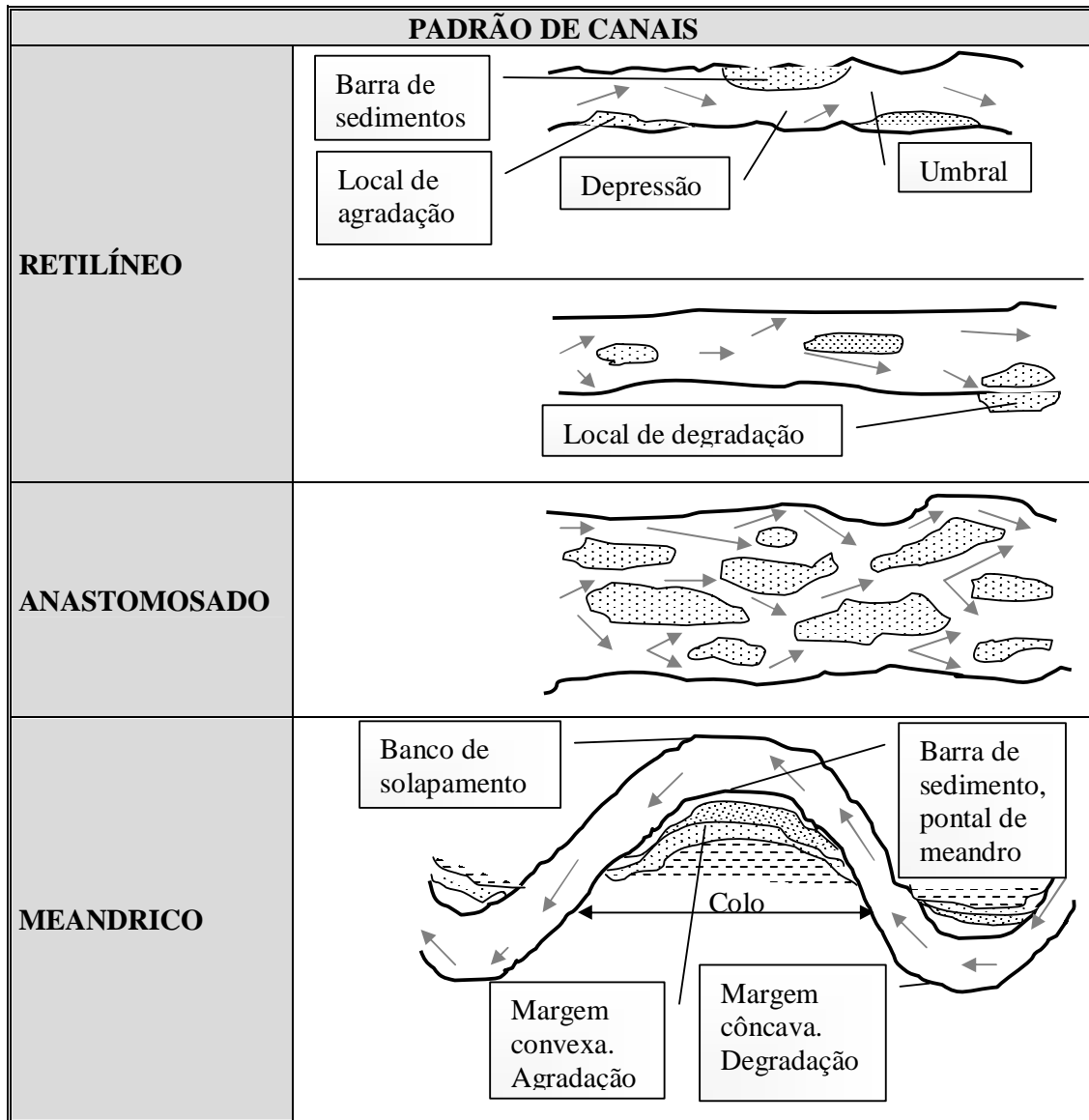
### 3.2.1.2 Tipos de canal.

A fisionomia que o rio exhibe ao longo do seu perfil longitudinal é descrita como retilínea, anostomosada e meândrica, constituindo o chamado padrão de canais, conforme figura 10.

Os canais retos são aqueles em que o rio percorre um trajeto retilíneo, sem se desviar significativamente de sua trajetória normal em direção à foz.

Os canais meândricos são aqueles em que os rios descrevem curvas sinuosas, largas, harmoniosas e semelhantes entre si, através de um trabalho contínuo de escavação na margem côncava (ponto de maior velocidade da corrente) e de deposição na margem convexa (ponto de menor velocidade) anexos 18, 20, e 21. Deve-se notar que a deposição dos detritos da carga do leito se faz no mesmo lado da margem em que eles foram arrancados (Twenhofel, 1.939). Uma relação importante existe entre o raio médio de curvatura e a largura do canal, por refletir as características das condições de fluxo e tendem a situar-se entre 2 e 3. Para o rio Paraíba do Sul o valor é 2,7, para o rio Piracicaba, 2,6, para o Mogí-guaçu, 2,2 e para o Ribeira de Iguape, 2,9 (Christofolletti, 1.981).

Os canais anostomosados são os formados em condições especiais, altamente relacionados com a carga sedimentar do leito.



**Figura 10 - Padrão de canais.**

Essa geometria do sistema fluvial resulta no ajuste do canal à sua seção transversal e reflete o inter-relacionamento entre as variáveis:

- ➔ Descarga líquida.
- ➔ Carga sedimentar.
- ➔ Declive.
- ➔ Largura do canal.
- ➔ Profundidade do canal.

- ↔ Velocidade do fluxo.
- ↔ Rugosidade do leito.

As diferentes sinuosidades dos canais são determinadas muito mais pelo tipo de carga detrítica do que pela descarga fluvial. Assim, os canais meândricos relacionam-se aos elevados teores de silte e argila, e os canais anostomosados a uma carga mais arenosa (Hinds, 1.943).

Os canais meândricos são encontrados com frequência, nas áreas úmidas cobertas por vegetação ciliar, descrevem curvas sinuosas harmoniosas e semelhantes entre si, possuem um único canal que transborda suas águas na época das cheias.

A formação da seqüência de depressões (*pools*) e umbrais (*riffles*) ao longo do eixo fluvial, definindo margens de erosão e deposição, representa o estágio inicial do meandramento, anexos 20 e 21.

Várias são as condições essenciais para o desenvolvimento dos meandros: camadas sedimentares de granulação móvel, coerentes, firmes e não soltas; gradientes moderadamente baixos; fluxos contínuos e regulares; cargas em suspensão e de fundo em quantidades mais ou menos equivalentes. Essas formas meandantes representam um estado de estabilidade do canal, denunciando um certo ajustamento entre todas as variáveis hidrológicas (declividade, largura e profundidade do canal, velocidade dos fluxos, rugosidade do leito, carga sólida e vazão); no entanto, esse estado de equilíbrio, representado pela formação dos meandros, poderá ser alterado pela ocorrência de um distúrbio na região, como, por exemplo, a atuação do homem (plantio nas áreas férteis próximas aos meandros) (Goudie, 1.984).

As seções transversais, nesse tipo de padrão de canal, são desiguais, considerando o desenvolvimento das curvaturas. Nos trechos retilíneos entre dois meandros contínuos, os canais são mais simétricos, rasos, com a ocorrência de umbrais. Nos pontos de curvas máximas, o perfil transversal é assimétrico com maior profundidade na margem côncava (depressões) suavizando-se na direção da margem convexa. Os canais meandantes transportam, em dominância, sedimentos finos e mais selecionados, e sua capacidade de transporte é mais baixa e uniforme, quando comparada com os canais anostomosados.

Uma terminologia específica é empregada para esse padrão de canal, cujos termos mais freqüentes são: meandro abandonado, dique semicircular, colo, faixa de meandro, banco de solapamento e barra de sedimento (*point bar*). A parte de planície ocupada pelos meandros atuais e paleoformas é denominada faixa de meandros. Colo de meandro é o esporão ou pedúnculo que separa os dois braços de meandro. Quando as margens côncavas adjacentes sofrem intensa ação erosiva, essa zona pode ser estrangulada pela formação e desenvolvimento de bancos sedimentares (dique / barra de meandro), desligando, assim, parte do curso que dará origem ao meandro abandonado. Uma vez isolado, esse meandro pode formar lagos ou pântanos. Os bancos de solapamento originam-se da atuação da erosão, por solapamento basal, nas margens côncavas, permitindo a conservação da verticalidade das margens.

A remoção e transporte dos materiais desses bancos de solapamento dão origem à formação de bancos ou barras de sedimentos localizados nas margens convexas a jusante. Os meandros podem, ainda, pertencer a duas categorias, em função dos tipos de vale onde correm. Considera-se meandro divagante ou de planície aluvial quando as sinuosidades meândricas são independentes do traçado do vale. Esses meandros deslocam-se em qualquer direção da planície, podendo atingir toda a sua extensão. Os meandros encaixados surgem quando a curvatura meândrica acompanha a curvatura do vale, conservando a mesma escala (Guerra e Cunha, 1.998).

### **3.2.2 Dinâmica das águas correntes: Hidrologia e Geometria Hidráulica.**

A quantidade de água que alcança o canal expressa o escoamento fluvial, que é alimentado pelas águas superficiais e subterrâneas. A proporcionalidade entre essas duas fontes é definida por fatores tais como clima, solo, rocha, declividade e cobertura vegetal. Fazendo parte do ciclo hidrológico, o escoamento fluvial recebe as águas das chuvas, refletidas no escoamento fluvial imediato, mais a água de infiltração, e, do total precipitado, apenas as quantidades eliminadas pela evapotranspiração estão isentas da participação do escoamento.

A geometria hidráulica é o estudo das relações entre vazão, velocidade das águas, forma do canal, carga de sedimentos e declividade.

A velocidade das águas de um rio depende de fatores como:

- ✓ declividade do perfil longitudinal;
- ✓ volume das águas;
- ✓ forma da seção transversal;
- ✓ coeficiente de rugosidade do leito;
- ✓ viscosidade da água.

Entre os elementos que alteram a velocidade citam-se:

- ✓ mudanças na declividade,
- ✓ na rugosidade do leito e
- ✓ na eficiência do fluxo.

Modificações como aumento da declividade do perfil do rio e diminuição da rugosidade do leito, com a passagem da draga, são realizadas pelas obras de retificação de canais, com a intenção de acelerar a velocidade das águas.

A alteração na eficiência do fluxo é dada pelo aparecimento de obstáculos. Assim, quanto mais lisa for a calha, maior será a eficiência do fluxo. Essa eficiência é medida pelo raio hidráulico que corresponde ao quociente da área da seção transversal molhada, pelo perímetro molhado.

A capacidade de erosão das margens e do leito fluvial, bem como o transporte e disposição da carga do rio dependem, entre outros fatores da velocidade, e sua

alteração modifica, de imediato, essas condições. As correntes fluviais podem transportar a carga sedimentar de diferentes maneiras (suspensão, saltação e rolamento), de acordo com a granulação das partículas (tamanho e forma) e as características da própria corrente (turbulência e forças hidrodinâmicas exercidas sobre as partículas) (Christofoletti, 1.974; Welch, 1.996).

O fluxo fluvial é constituído pela descarga líquida, sólida e dissolvida. A descarga líquida é definida pela equação 1:

$$Q = A.V = L.P.V$$

### **Equação 1 - Descarga líquida.**

Onde:

Q = descarga

A = área da seção do canal (largura x profundidade média)

V = velocidade da corrente

L = largura

P = profundidade média

Por meio da descarga líquida, ou vazão, são definidas a competência (tamanho máximo do material que pode ser transportado) e a capacidade do rio (volume de carga que pode ser transportado).

A carga sólida de um rio (suspensão e fundo) decresce para jusante, indicando diminuição da sua competência. Ainda a carga sólida é reflexo direto da participação da chuva, com sua intensidade e frequência, erodindo encostas, e do papel da cobertura vegetal. Ambas, chuva e cobertura vegetal, possuem destaque na participação do volume da carga sólida e no entulhamento de lagoas e de reservatórios, reduzindo, muitas vezes, a sua utilização (vida útil).

A carga em suspensão constitui-se de partículas finas, silte e argila, que se conservam suspensas na água até a velocidade do fluxo decrescer, atingindo o limite crítico ou velocidade crítica, que corresponde à menor velocidade requerida para uma partícula de determinado tamanho movimentar-se.

A carga de fundo é formada por partículas de tamanhos maiores (areia, cascalho ou fragmento de rocha) que saltam ou deslizam ao longo do leito fluvial. A velocidade, nesse tipo de carga, tem participação reduzida, fazendo com que os grãos se movam lentamente.

Mudanças ocorridas na vazão implicam, de imediato, em alterações e ajustamentos em diversas variáveis. O aumento da vazão em dada seção transversal do canal, origina aumento nas variáveis dependentes: largura, profundidade média, velocidade

média das águas, rugosidade do leito e concentração de sedimentos (Guerra e Cunha, 1.998).

### **3.2.2.1 Processos fluviais: erosão, transporte e deposição.**

Os processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos no leito fluvial alternam-se no decorrer do tempo e, espacialmente, são definidos pela distribuição da velocidade e da turbulência do fluxo dentro do canal. São processos dependentes entre si e resultam não apenas das mudanças no fluxo, como, também, da carga existente.

Dessa forma, a capacidade de erosão das águas depende da velocidade e turbulência, do volume e das partículas por elas transportadas em suspensão, saltação e rolamento. A erosão das paredes e do fundo do leito pelas águas correntes atua de três formas: pelas ações corrasiva e corrosiva, e pelo impacto hidráulico. A corrasão, ou efeito abrasivo das partículas em transporte sobre as rochas e sobre outras partículas, tende a reduzir a rugosidade do leito, enquanto a ação corrosiva resulta da dissolução de material solúvel no decorrer da percolação da água ainda no solo.

Ao longo do perfil longitudinal, quando a velocidade é lenta e uniforme, as águas fluem em camadas, sem haver mistura entre elas, constituindo o fluxo laminar, no qual os processos erosivos são diminutos e a capacidade de transporte se torna reduzida, deslocando, apenas, partículas muito finas. Ao contrário, nos fluxos turbulentos onde ocorrem flutuações da velocidade, devidas a redemoinhos produzidos por obstáculos e irregularidades existentes no leito, a capacidade de transporte atinge partículas maiores (Garcez, 1.960; Daugherty, 1.965). A menor velocidade crítica para a remoção de uma partícula é em torno de 20 cm/s, removendo material de diâmetro entre 0,1 e 0,5 mm. Partículas de tamanhos menores (silte e argila) necessitam de maiores velocidades críticas de erosão devido à força de coesão entre os minerais de argila. As partículas permanecem em movimento até ser atingida sua velocidade crítica de deposição, que corresponde a cerca de dois terços da velocidade crítica de erosão.

Ao longo do perfil transversal, a velocidade e a turbulência das águas são também variáveis, definindo locais preferenciais e de erosão e deposição das partículas.

Outro elemento que deve ser considerado nos processos fluviais refere-se às velocidades de decantação dos grãos. Quando esses são muito pequenos (silte e argila), a velocidade de decantação é diretamente proporcional às diferenças de densidades entre a partícula e o fluido; à esfericidade da partícula; e ao quadrado do diâmetro da partícula; e inversamente proporcional à viscosidade do fluxo (Lei de Stokes). Quando as partículas são maiores (areias), as velocidades de decantação são independentes da viscosidade do fluido; diretamente proporcionais à raiz quadrada do diâmetro da partícula e à diferença entre as densidades da partícula e do fluido dividida pela densidade do fluido (Lei do Impacto) (Garcez, 1.960; Daugherty, 1.965; Guerra e Cunha, 1.998).

### **3.2.2.2 Perfil longitudinal dos rios e equilíbrio fluvial.**

O perfil longitudinal de um rio expressa a relação entre seu comprimento e sua altimetria, que significa o gradiente. O perfil típico é côncavo, com declividades maiores em direção à nascente, e cursos de água que apresentam tal morfologia são considerados em equilíbrio, assumido quando há relação de igualdade entre a atuação da erosão, do transporte e da deposição.

Ainda, a forma do perfil reflete o ajuste do rio a diferentes fatores, com distintas flutuações (volume e carga da corrente, tamanho e peso dos sedimentos transportados, declividade, geologia da calha e regime das chuvas, entre outros) e a propagação das ações erosivas e disposicionais para montante, que tendem a alterar a declividade e a forma do canal, eliminando as irregularidades da calha. A forma do perfil do rio procura atingir o equilíbrio entre a carga que entra e a que é transportada, representado por um perfil côncavo e liso (Guerra e Cunha, 1.998).

### **3.2.2.3 Influência do homem sobre a geomorfologia fluvial.**

Nos últimos três séculos, as atividades humanas têm aumentado a sua influência sobre as bacias de drenagem e, por conseguinte, sobre os canais constituintes. Hoje, há grande interesse no homem como agente geomorfológico.

São dois os grupos de mudanças fluviais induzidas pelo homem:

- † Modificações ocorridas diretamente no canal fluvial para controlar as vazões (para armazenamento das águas em reservatórios ou desvio das águas) ou para alterar a forma do canal imposta pelas obras de engenharia, visando a estabilizar as margens, atenuar os efeitos de enchentes, inundações, erosão ou deposição de material, retificar o canal e extrair cascalhos. Essas obras alteram a seção transversal, o perfil longitudinal do rio, o padrão de canal, entre outras modificações.
- † Mudanças fluviais indiretas que resultam das atividades humanas, realizadas fora da área dos canais, mas que modificam o comportamento da descarga e da carga sólida do rio. Tais atividades estendem-se para a bacia hidrográfica e estão ligadas ao uso da terra, como a remoção da vegetação, desmatamento, emprego de práticas agrícolas indevidas, construção de prédios e urbanização (Guerra e Cunha, 1.998).

### **3.2.2.4 Impactos das obras de engenharia no ambiente fluvial.**

O aproveitamento das águas fluviais, com o fechamento de um rio para a formação de reservatório, assim como o aproveitamento da planície de inundação, através de obras de canalização está associado à geração de uma série de alterações fluviais, em especial na dinâmica fluvial. Esses impactos no canal fluvial são, na maioria, fenômenos localizados que ocasionam efeitos em cadeia, com reações muitas vezes irreversíveis (Guerra e Cunha, 1.998).

### 3.2.3 Construção de barragens.

Fatores importantes de grande significado ecológico, que mostram uma mudança progressiva ao longo dos rios são principalmente: velocidade da corrente, substrato, fluxo de água, temperatura, oxigênio dissolvido e nutrientes inorgânicos; desta forma, em regiões tropicais como a nossa, diferenças de temperatura dos rios devido à altitude podem ser significantes.

Em um rio, portanto, o fluxo de água, impõe um determinado sentido e há um arraste de material orgânico e inorgânico. O rio é parte de um sistema amplo, com profunda interação com ecossistemas terrestres, dos quais recebe uma parte considerável de material alóctone.

Qualquer região do rio recebe, portanto, um aporte contínuo de organismos das porções superiores.

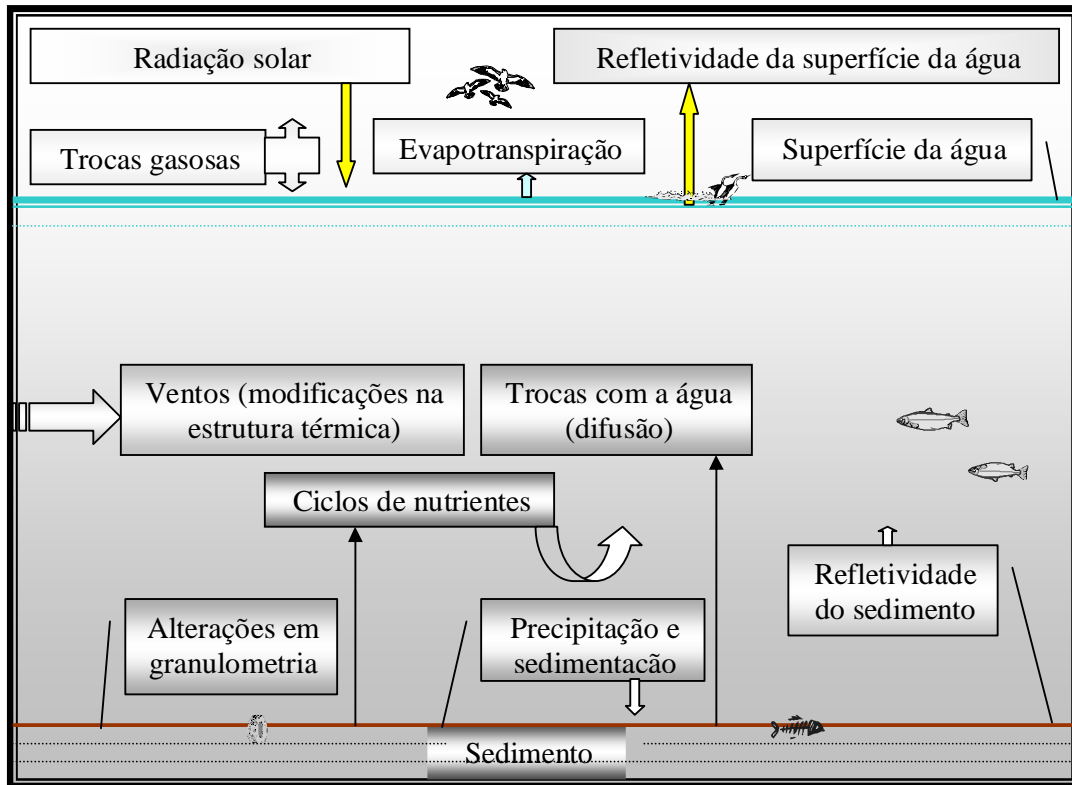
Os rios com grande desenvolvimento de meandros e lagoas costeiras como o rio Paraíba do Sul, representam um sistema de grande complexidade, o qual pode ser comparado a um clímax terrestre de florestas tropicais.

Do ponto de vista biológico, nos rios, superpõem-se dois tipos de comunidades: as do fundo e as das águas livres.

Um rio é portanto, um ecossistema com características de fluxo e associações de comunidades ao longo desse fluxo extremamente particulares.

A construção de um reservatório no curso de um rio, provoca modificações consideráveis neste ecossistema, induzindo inclusive, a um novo modelo energético (Tundisi e Barbosa, 1.981), figura 11.





**Figura 11 - Principais alterações introduzidas no ecossistema quando se constrói uma barragem.**

A construção de barragens em vales fluviais rompe a seqüência natural dos rios em três áreas distintas. Na parte a montante da barragem, o nível de base local é levantado, alterando a forma do canal e a capacidade de transporte sólido, quando ocorre o assoreamento na desembocadura e no fundo do vale principal e afluentes. Os impactos registrados no local não se limitam à área próxima do reservatório e à faixa de inundação, estendendo-se gradualmente para montante, ao longo dos perfis dos rios. Geram o aumento no fornecimento de sedimentos para o reservatório, modificando, muitas vezes, o seu tempo útil e alterando a biota fluvial.

No reservatório, em virtude da mudança da situação lótica (água corrente) para lântica (água parada), a atuação dos ventos e ondas nas margens torna-se mais importante do que o impacto da energia cinética das correntes sobre o fundo. Desenvolvem-se as margens de abrasão (Thompson, 1999), cujos declives favorecem a atuação dos processos gravitacionais, o recuo das margens ou das falésias lacustres e a formação de praias. Os produtos de abrasão, em conjunto com os sedimentos trazidos pelos tributários, podem originar feições deposicionais na faixa litoral lacustre, tais como os depósitos dos desmoronamentos, as praias e os leques lacustres. Os impactos mencionados aumentam a carga de fundo e de suspensão, provocando o assoreamento do reservatório com conseqüente redução da vida útil do mesmo.

A terceira área localiza-se a jusante do reservatório, onde o regime do rio sofre significativas modificações, devidas ao controle artificial das descargas líquidas e de sedimentos no reservatório. As mudanças ocorridas no regime das águas, neste setor do rio, acarretam significativos efeitos nos processos do canal, tais como o entalhe do leito, a erosão nas margens e a deposição a jusante, atingindo longas distâncias (Guerra e Cunha, 1.998).

As principais alterações ecológicas podem ser sintetizadas na figura 12.

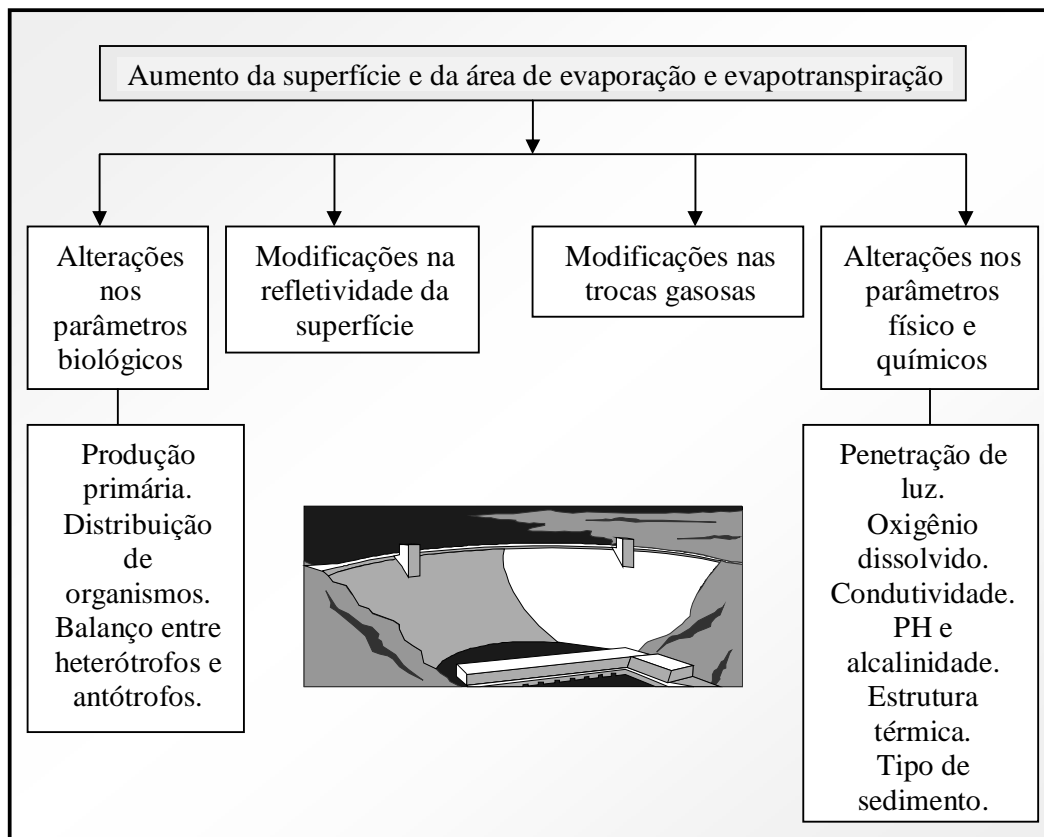
São quatro as barragens construídas na região.

A barragem Jaguari foi concluída em 1.973, tem duas turbinas Francis, potência instalada de 28 MW e reservatório de 69 km<sup>2</sup>.

A barragem Paraitinga foi concluída em 1.977, pertence ao Complexo Paraibuna e é uma das mais altas barragens do Brasil, 104 m.

A barragem de Paraibuna foi concluída em 1.978, tem duas turbinas Francis, potência instalada de 86 MW e reservatório de 159 km<sup>2</sup>. Integra o Complexo Paraibuna (Van der Leeden, 1.990).

A barragem de Santa Branca, que faz parte do Complexo de Lajes, foi construída na década de 1.950, tendo sido usada apenas como regularizadora da vazão do rio Paraíba do Sul; com a privatização, o antigo projeto de uma usina hidroelétrica tornou-se realidade com a inauguração em 10 de junho de 1.999 da sua capacidade de geração de 56 MW, o suficiente para abastecer Jacareí (Thompson, 1.999). A Light Energia S/A está investindo US\$ 1 milhão na recuperação de áreas degradadas da barragem durante obras realizadas por muitos anos. O principal problema é a erosão que ocorre nos morros às margens da barragem de onde a terra foi retirada para ser utilizada no desvio do percurso do rio. Para conter o deslizamento de terra, estão sendo utilizadas telas vegetais até que o replantio esteja garantido (Lara, 1.998 e 1.999).



**Figura 12 - Alterações ecológicas com a construção de uma barragem.**

### 3.2.4 Canalização.

A canalização é uma obra de engenharia realizada no sistema fluvial que envolve a direta modificação da calha do rio e desencadeia consideráveis impactos, no canal e na planície de inundação. Os diferentes processos de canalização consistem no alargamento e aprofundamento da calha fluvial, na retificação do canal, na construção de canais artificiais e de diques, na proteção das margens e na remoção de obstáculos no canal. O emprego de qualquer desses processos de canalização exige permanente manutenção da capacidade do canal. Isso envolve dragagem, corte e/ou remoção das obstruções. Por sua vez, a frequência da dragagem requerida pelos canais é função do tipo granulométrico dos sedimentos, o que varia com o ambiente e a taxa de sedimentação. Canais de leitos arenosos, por apresentarem grande sedimentação, requerem frequência de dragagem com intervalos de dez anos ou mais.

Entre as obras de canalização, a retificação dos rios tem como finalidade o controle das cheias, a drenagem das terras alagadas e a melhoria do canal para a navegação. A utilização desse tipo de obra de engenharia é ainda controversa, sendo considerada técnica imprópria, com efeitos prejudiciais ao ambiente. A passagem da draga,

aprofundando o canal, provoca o abaixamento do nível da base, favorecendo a retomada erosiva nos afluentes.

Ainda, os impactos geomorfológicos que ocorrem no canal retificado mudam o padrão de drenagem, reduzindo o comprimento do canal, com a perda dos meandros; altera a forma do canal (aprofundamento e alargamento), diminui a rugosidade do leito e aumenta seu gradiente. A jusante do canal retificado verifica-se um aumento da carga sólida e imediato assoreamento durante a passagem da draga, e a erosão no canal pelos eventos torrenciais do regime. A erosão dos bancos de areia formados pelos sedimentos provenientes da passagem da draga, pode aumentar a quantidade de sedimentos que chega à foz do rio principal, modificando o equilíbrio natural de sedimentação e dando origem a novas formas deposicionais. Na planície de inundação, o aprofundamento do leito poderá causar a transformação dos meandros em bacias de decantação, lagos ou pântanos e a subida relativa do terraço fluvial, em relação ao nível da água.

A restauração e a reparação dos canais são também empregadas para amenizar os efeitos negativos da canalização. Esse processo consiste na conservação das árvores, que produzem a estabilização das margens, na minimização das mudanças na forma do canal, no emprego de técnicas de estabilização das margens e na reconstituição da morfologia natural da calha do rio. A alternativa de reparar é semelhante à restauração. Para minimizar os impactos da canalização no ambiente, essa alternativa preconiza dragar o mínimo do fundo e das margens, exceto onde ocorra assoreamento, e conservar a maioria das árvores (Guerra e Cunha, 1.998).

Como consequência da regularização das vazões do rio Paraíba do Sul, pela construção dos grandes reservatórios de cabeceira (Van der Leeden, 1.990), e da retificação de seu leito, através do corte de meandros, foram reduzidas as enchentes e os consequentes riscos de inundação de suas várzeas. A construção de diques marginais, completaram a proteção das várzeas contra inundações, permitindo seu uso durante todo o ano.

Recuperados, assim, esses terrenos, que pela sua própria formação geológica são planos e de alta fertilidade, procurou-se através de *polders* dar-lhes uma infra-estrutura que permitisse seu aproveitamento integral através de uma agricultura intensiva.

Constituem os *polders*, áreas individualizadas, protegidas contra inundações através de diques e dotadas de uma rede ou canais de drenagem capazes de coletar o excesso de água da área, e conduzindo-a a pontos estratégicos, onde casas de bombas recalcam-na para o rio, mesmo quando seus níveis sejam elevados. Um sistema de irrigação, além disso, capta a água do rio conduzindo-a através de canais até cada uma das glebas em quantidades adequadas.

Os critérios para a delimitação das áreas de *polders* levaram em conta, principalmente, a relação área protegida e comprimento do dique, além da conveniência em se manter fora dos *polders* certos afluentes do rio.

Assim, foi previsto a constituição de 42 *polders* no total sendo os seguintes os da área estudada, tabela 11.

“Polder”	Área (ha)
Caçapava n.º 1	912
Caçapava n.º 2	364
Caçapava n.º 3	288
Caçapava n.º 4	840
Eugênio de Melo	236
São José dos Campos n.º 1	830
São José dos Campos n.º 2	1730
São José dos Campos n.º 3	252
São José dos Campos n.º 4	1060
São José dos Campos n.º 5	467
São José dos Campos n.º 6	1340
Jacareí n.º 1	624
Jacareí n.º 2	536
Jacareí n.º 3	614
Jacareí n.º 4	473

**Tabela 10- Relação original dos "polders" na área entre Jacareí e Caçapava.**

O *polder* Pinda n.º 1 foi o primeiro *polder* no País a entrar em operação e abriga desde 1.957 o campo de pesquisas da Divisão Regional do Vale do Paraíba (ex - Serviço do Vale do Paraíba), dispunha em 1.983 de 5.100 m de diques de proteção, 6.000 m de canais de irrigação e uma casa de bombas, única, com dois conjuntos moto-bombas de 50 HP cada, capacitados a drenar 700 l/s ou a irrigar 300 l/s, apenas com a operação de um jogo de comportas.

#### **3.2.4.1 Influência dos cortes de meandros no processo erosivo do leito do rio Paraíba do Sul.**

O corte de meandro ocasiona o aumento da declividade da linha de energia, da velocidade média do escoamento, e conseqüentemente o aumento da capacidade de transporte sólido do rio. Em conseqüência deste tipo de ação, o leito procura readquirir o seu equilíbrio natural, que se traduz na diminuição da declividade a níveis compatíveis com a natureza do rio. Esse fenômeno produz erosão regressiva do leito a montante do corte, o que pode ser nocivo à segurança de estruturas localizadas nesta região. No caso do rio Paraíba do Sul, tem-se notícia de estudos anteriores, em que foi feito o acompanhamento da evolução do leito em algumas regiões de cortes de meandro, e verificou-se um período de estabilização inferior a cinco anos.

Este fato já evidencia que o afundamento ocorrido nos últimos anos não deve ser atribuído aos cortes de meandros, pois os últimos cortes foram realizados por volta do ano de 1.970. Constatou-se que o trecho a jusante de Pindamonhangaba, onde os cortes são mais antigos e em maior número, o leito não sofreu aprofundamento nos últimos anos a partir de 1.974. Evidentemente os cortes de meandros, situados a montante de Pindamonhangaba, que atingem uma extensão bem menor que o trecho a jusante e tem mais de dez anos de existência não contribuíram significativamente com o processo de erosão do leito.

Uma outra evidência de que os cortes atingiram o equilíbrio, é o fato de que as linhas d'água levantadas, apresentam declividades uniformes em grandes extensões, independentemente da existência ou não de cortes de meandros (DAEE, 1.982).

### **3.2.5 Zonas geomorfológicas.**

Segundo Ross e Moroz (1.997),

*“a unidade morfológica denominada Planalto do Médio Vale do Paraíba ... situa-se entre o Planalto e Serra da Mantiqueira (ao N) e os Planaltos da Bocaina e do Paraitinga/Paraibuna (ao S).*

*Nesta unidade predominam formas de relevo denudacionais cujo modelado constitui-se basicamente em morros baixos com topos convexos (Dc) e também formas agradacionais (Apf) associadas ao rio Paraíba do Sul. Os padrões de formas semelhantes são do tipo Dc<sub>24</sub>, Dc<sub>15</sub>, Da<sub>34</sub>, Dc<sub>25</sub>, com entalhamento dos vales variando entre 20 m a 40 m e dimensão interfluvial entre 250 m a 750 m.*

*Predominam altimetrias entre 600 e 800 m e as declividades predominantes são de 20 a 30%.*

*A litologia desta unidade morfológica é basicamente constituída por migmatitos e os solos são predominantemente do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo.*

*A drenagem apresenta um padrão dentrítico, adaptado às direções das estruturas geológicas da área.*

*Esta unidade apresenta formas de dissecação média, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, o que implica, portanto em um nível de fragilidade potencial médio o que torna a área susceptível a fortes atividades erosivas.*

*A morfoescultura Depressão do Médio Paraíba pertence a morfoestrutura Bacia Sedimentar de Taubaté. Localiza-se entre o Planalto e Serra da Mantiqueira (ao S), o Planalto de Paraitinga/Paraibuna (ao N) e o Planalto do Médio Vale do Paraíba (a L e O).*

*Nesta unidade predominam formas de relevo denudacionais cujo modelado constitui-se basicamente por colinas de topos convexos, cujos tipos de Padrões de Formas*

*Semelhantes são, Dc<sub>12</sub>, Dc<sub>13</sub>, Dc<sub>14</sub>, com vales de entalhamento até 20m de dimensão interfluvial variando de 250 a 3750 m; e Dc<sub>22</sub>, Dc<sub>34</sub> com vales com entalhamentos variando de 20 a 80 m e dimensão interfluvial oscilando de 250 a 3750 m. As altimetrias predominantes são de 600 a 700 m e as vertentes apresentam declividades entre 5 e 20%.*

*As litologias desta unidade morfológica basicamente constituída por arenito, folhelhos e argilitos e os solos são do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo.*

*A drenagem apresenta um padrão dendrítico, com o vale principal adaptado às direções das estruturas geológicas regionais.*

*Nesta unidade encontra-se ainda a Planície Fluvial do Rio Paraíba do Sul formada por depósitos alúvio-fluviais recentes” anexo 18.*