

## Estudo dirigido sobre Bacias Hidrográficas

O objetivo desta cartilha é orientá-los sobre como investigar uma região de interesse, tomando como referência a bacia hidrográfica. Utilizaremos como modelo de estudo a bacia do rio Piracicaba, mas qualquer outra bacia pode ser estudada, levando-se em conta o guia de estudo que será proposto nesta cartilha.

O estudo do meio compara-se à uma investigação. Fazemos perguntas e, atentamente, “escutamos” as respostas. As respostas não são sempre claras e diretas; precisamos buscar pistas que nos levem a elas. É um verdadeiro jogo de investigação. O nosso objetivo é ensiná-los a perguntar, a investigar, a varejar informações!

Antes de começarmos vale a pena discutir um pouco sobre esse conceito tão na moda de “bacia hidrográfica”.

Uma bacia hidrográfica é uma determinada área de terreno que drena água, partículas de solo e material dissolvido para um ponto de saída comum, situado ao longo de um rio, riacho ou ribeirão (Dunne e Leopold, 1978). Portanto, por essa definição podemos concluir que dentro de uma bacia hidrográfica, podem existir inúmeras sub-bacias, como mostrado na Figura 1.

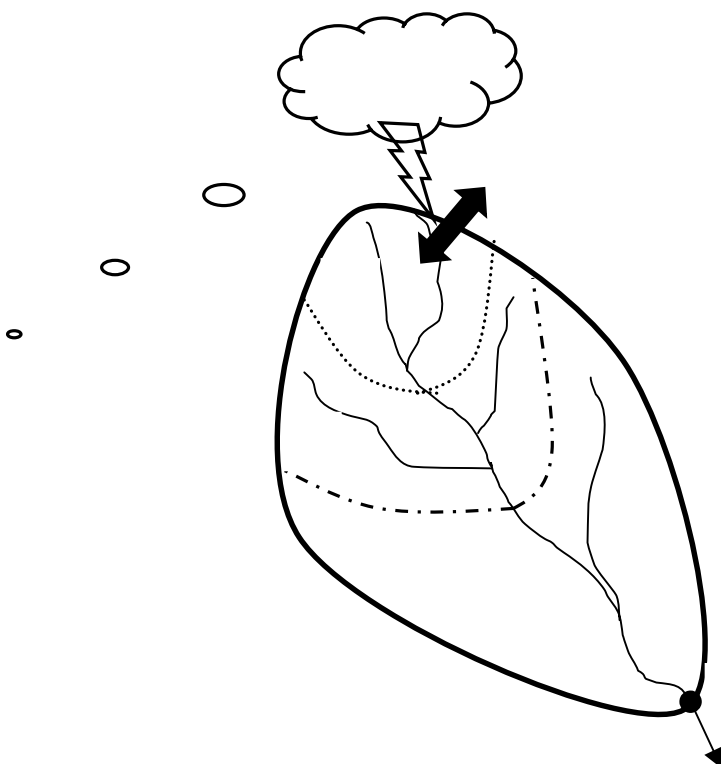


Figura 1. Bacia de drenagem (linha cheia) e sub-bacias números 1 e 2. O ponto A ilustra a saída da bacia.

A linha cheia que contorna toda a bacia é conhecida como divisor de águas. Geralmente é uma área mais elevada do terreno. A nuvem e o raio indicam que está chovendo naquele ponto da bacia. Um pingo de chuva ao atingir a linha limítrofe da bacia (divisor de águas) tem dois caminhos a seguir (indicados pela seta próxima à chuva). Um seria escorrer para dentro da bacia e, eventualmente, um dia sair pelo ponto A. O outro caminho seria não entrar na bacia, escoando para o lado de fora.

Vamos ver um exemplo concreto, na Figura 2, que pode ser obtida na página do projeto PiraCena ([www.cena.usp.br/piracena](http://www.cena.usp.br/piracena)). Vejamos a bacia do rio Piracicaba, que situa-se no Estado de São Paulo. Essa é uma bacia considerada de porte médio, com cerca de 12.400 km<sup>2</sup>.

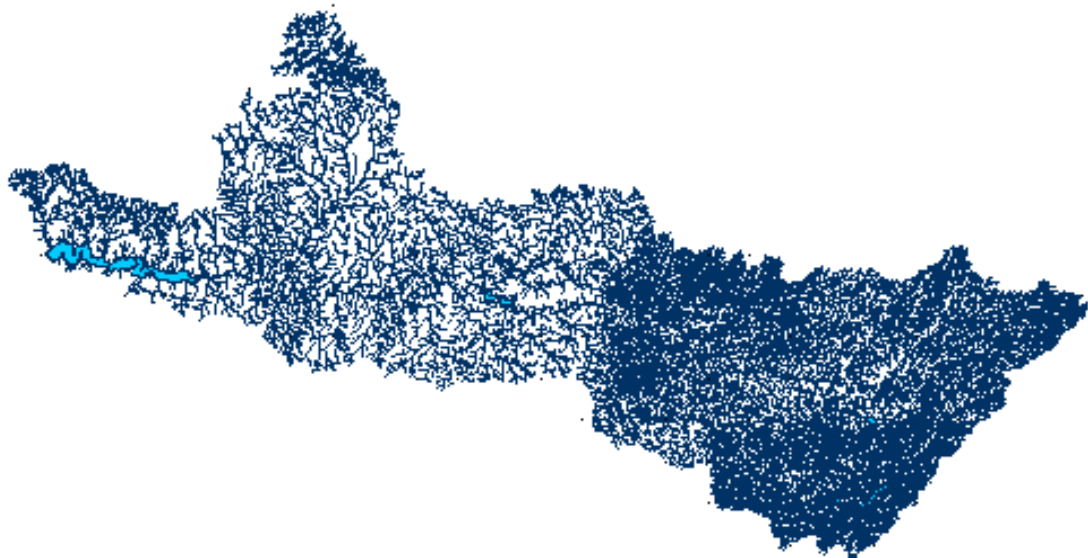


Figura 2. A bacia do rio Piracicaba, localizada no Estado de São Paulo, com exceção da porção nordeste que situa-se no Estado de Minas Gerais.

([www.cena.usp.br/piracena/html/drenagem.htm](http://www.cena.usp.br/piracena/html/drenagem.htm))

Tendo sido apresentado o conceito de bacia hidrográfica, fica fácil entender porque alguma ação localizada, feita em algum ponto da bacia, pode ser sentida à quilômetros de distância. Todos os componentes das bacias hidrográficas encontram-se interligados e os rios são os veículos dessa integração. Os rios são

como nossas veias e artérias do nosso corpo, transportando nutrientes de um lado para outro.

Devido à essa interligação natural, as bacias hidrográficas são excelentes unidades de planejamento e gerenciamento. Pense nisso! A menor unidade de administração para propósito de planejamento e gerenciamento é o município. Um município pode conter várias bacias hidrográficas pequenas. Por outro lado, uma bacia de drenagem maior, abrangerá vários municípios. Veja o exemplo na Figura 2, que mostra, os 61 municípios que a bacia do rio Piracicaba contém.

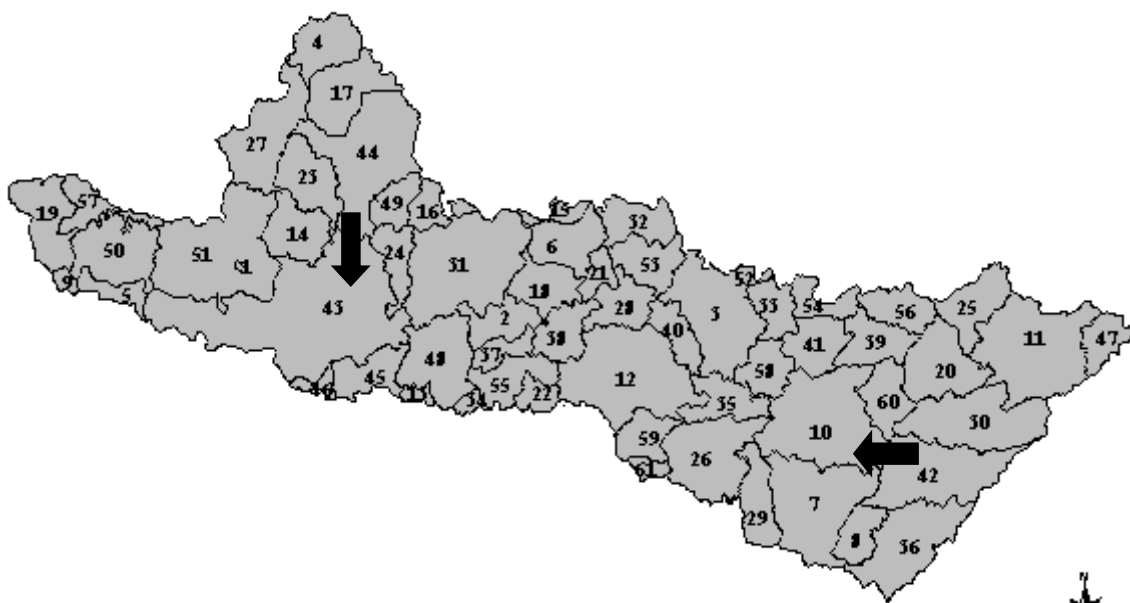


Figura 2. Municípios contidos na bacia do rio Piracicaba ([www.cena.usp.br/piracena/html/muni.htm](http://www.cena.usp.br/piracena/html/muni.htm)).

Como gerenciar uma bacia onde existem vários municípios autônomos? Como acabamos de ver, pelo conceito de bacia hidrográfica, se um município faz alguma coisa errada, quem vai sentir são os municípios que ficam rio abaixo! Por exemplo, veja na Figura 2, o município número 42 decide tirar um grande volume de água do rio, quem vai sentir uma provável falta de água é o município número 10. Outro exemplo, caso o município número 44 não trate os esgotos de suas cidades, quem vai sentir a poluição<sup>1</sup> causada por esse município será, principalmente, o município número 45. É por essas e outras que os Estados estão selecionando as bacias

<sup>1</sup>Verbete: poluir. Sujar, corromper, tornando prejudicial à saúde (dicionário Aurélio).

hidrográficas como unidade físico-territorial para fins de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos<sup>2</sup>. Por exemplo, o Estado de São Paulo foi dividido em 22 unidades de gerenciamento hidrográfico, que têm seus recursos hídricos geridos por comitês de bacias hidrográficas. Maiores informações sobre esse sistema de gerenciamento pode ser encontrado na publicação intitulada “Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí. Implantação, Resultados e Perspectivas”, publicado em 1996 pelo Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí ou na “home-page” deste comitê (www.....).

Outro ponto importante é que assumindo-se bacias como unidade de planejamento e gerenciamento, intuitivamente, nos lembramos de rios, riachos, lagos, enfim...nos lembramos de água! É quase desnecessário lembrar a sua importância. Basta esperar algum tempo e você estará com sede. Pronto! Seu próprio metabolismo estará ilustrando a importância desse líquido. O excelente livro organizado pelos colegas Aldo Rebouças, Benedito Braga e José Galizia Tundisi e publicado em 1999 é dedicado à abordar vários aspectos das águas doces no Brasil. Portanto, caso haja interesse específico sobre algum aspecto das águas doces no nosso país, recomendo consultar essa obra.

Após essas definições e introdução sobre alguns conceitos gerais, estamos prontos para seguir nossa investigação. O primeiro ponto de qualquer investigação é definir uma pergunta. Qual é o meu interesse? Porque eu quero estudar uma determinada região? Que aspectos específicos eu quero conhecer? Geralmente a resposta que mais escutamos e: “ah...porque a professor(a) mandou!”. Mesmo sendo o professor que “mandou”, que ponto você quer enfatizar? Na maioria das vezes os estudantes estão interessados em uma caracterização geral da área, ou para usar uma palavra da moda, estão interessado em fazer um “diagnóstico” da região. Nesses casos, não existe uma pergunta específica, mas sim, um ensejo de se conhecer a região, levantar suas características e seus principais problemas.

O primeiro passo de qualquer investigação é buscar fatos e provas. Pois bem, nossos fatos e provas constituem-se em todo o tipo de informação sobre a bacia

---

<sup>2</sup> Recurso hídrico refere-se à água como um bem econômico (Rebouças, 1999).

hidrográfica de nosso interesse. Geralmente, quanto menor a bacia, menos informação disponível será encontrada. Por outro lado, quanto maior a bacia, mais disperso se encontrarão os dados e informações sobre essas bacias. Para o Estado de São Paulo, é sempre mais simples investigar as bacias ou unidades de gerenciamento que compõe o Estado. Existem vários locais em que pode se obter informações: órgãos municipais (secretarias do meio-ambiente e da agricultura; serviços municipais de água); órgãos estaduais (secretarias do meio-ambiente e da agricultura, órgãos estaduais responsáveis pelo controle ambiental, departamentos de águas e energia elétrica); universidades e outras instituições de ensino; bibliotecas em geral e os escritórios regionais do IBGE (fonte importante para mapas). Hoje em dia também é imprescindível uma busca pela internet. Por exemplo, vários comitês de bacias hidrográficas do Estado de São Paulo já possuem um endereço na internet. Neste trabalho vamos usar como fonte básica de informação a “home-page” do projeto PiraCena ([www.cena.us.br/piracena](http://www.cena.us.br/piracena)) e o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas do Piracicaba, Capivari e Jundiá, que foi elaborado pelo Comitê de Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá e é conhecido como “Relatório Zero”.

Agora que estamos de posse do maior número de informações possíveis, vamos começar nossa investigação examinando o mapa topográfico da bacia do Piracicaba. Um mapa topográfico é uma representação das altitudes do terreno ao longo da bacia (Fig. 3 -[www.cena.usp.br/piracena/html/mnt.htm](http://www.cena.usp.br/piracena/html/mnt.htm))

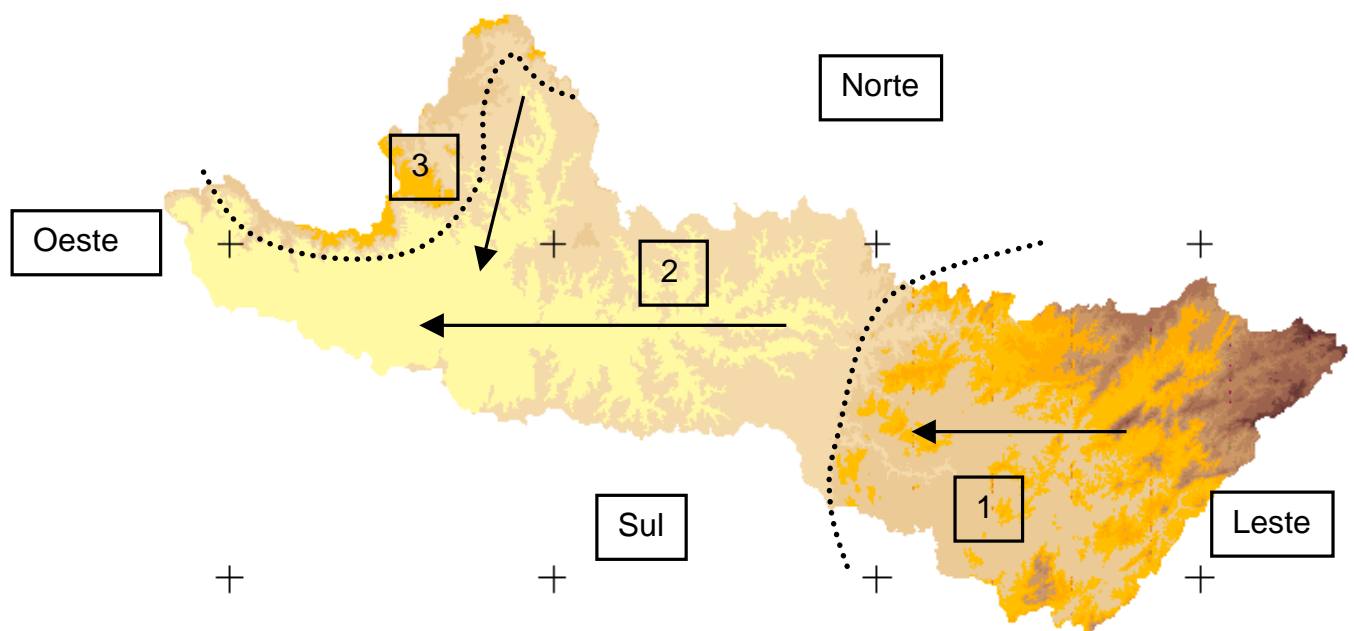


Fig. 3. Mapa topográfico da bacia do rio Piracicaba.

As cores mais claras representam menores altitudes e as cores mais escuras representam maiores altitudes<sup>3</sup>. Podemos observar que, quanto à altitude, existem 3 regiões na bacia do Piracicaba (Fig. 3). A região 1 é caracterizada por altitudes mais elevadas, ou seja, são áreas mais altas, pertencentes ao planalto Atlântico. A região 2, corresponde à depressão Periférica, que é uma região de altitudes mais baixas. Finalmente, o relevo volta a ficar mais acidentado na região noroeste da bacia, na zona das cuestas basálticas.

É importante ressaltar que o relevo determina a direção que os rios correm, como indicado nas setas vistas na Figura 3, bem como a densidade da drenagem. Quer dizer, quanto mais acidentado o terreno, mais riachinhos e córregos serão formados. Vamos examinar novamente o padrão de drenagem da bacia do Piracicaba (Fig. 4).

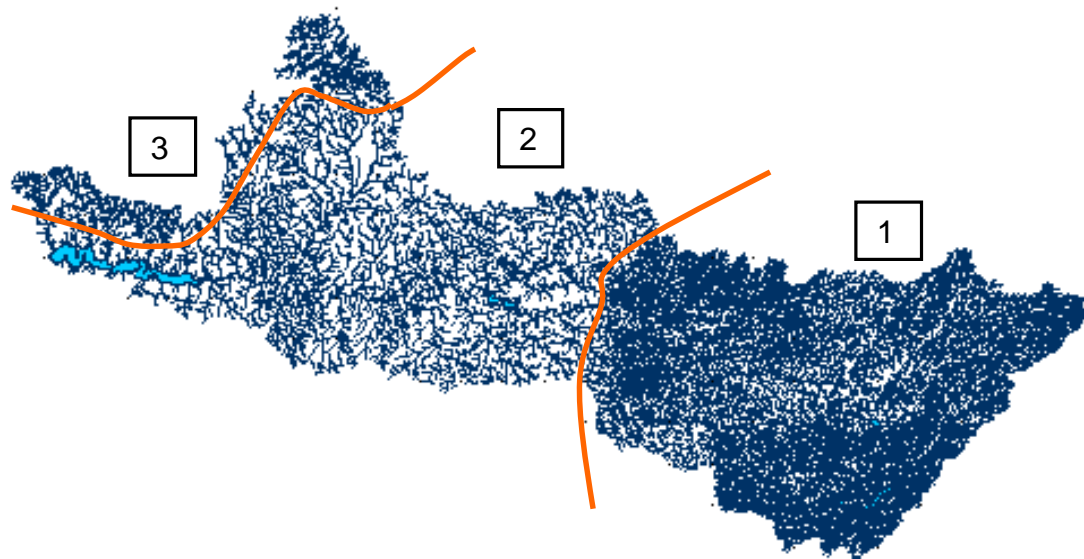


Figura 4. Rede de drenagem da bacia do Piracicaba. Note o aumento na densidade de rios nas regiões 1 e 3, que são aquelas que tem as maiores altitudes.

É interessante notar que nas áreas de maiores altitudes (1 e 3) a densidade de rios é maior que na área de menor altitude (2). Ou seja, há um maior número de córregos e rios nas áreas mais acidentadas do relevo. Portanto, podemos concluir que a hidrografia<sup>4</sup> é também uma função do relevo.

<sup>3</sup> Altitude - altura em relação ao nível do mar, geralmente expressa em metros.

<sup>4</sup> Hidrografia - conjunto das águas correntes ou estáveis duma região.

Outro fator importante que influencia a hidrografia é a quantidade de chuva que cai sobre a bacia. O volume de chuva que cai sobre uma região é expresso em litros por metro quadrado ou em milímetros. Na bacia do rio Piracicaba chove em média de 1300 a 1800 mm (Fig. 5).

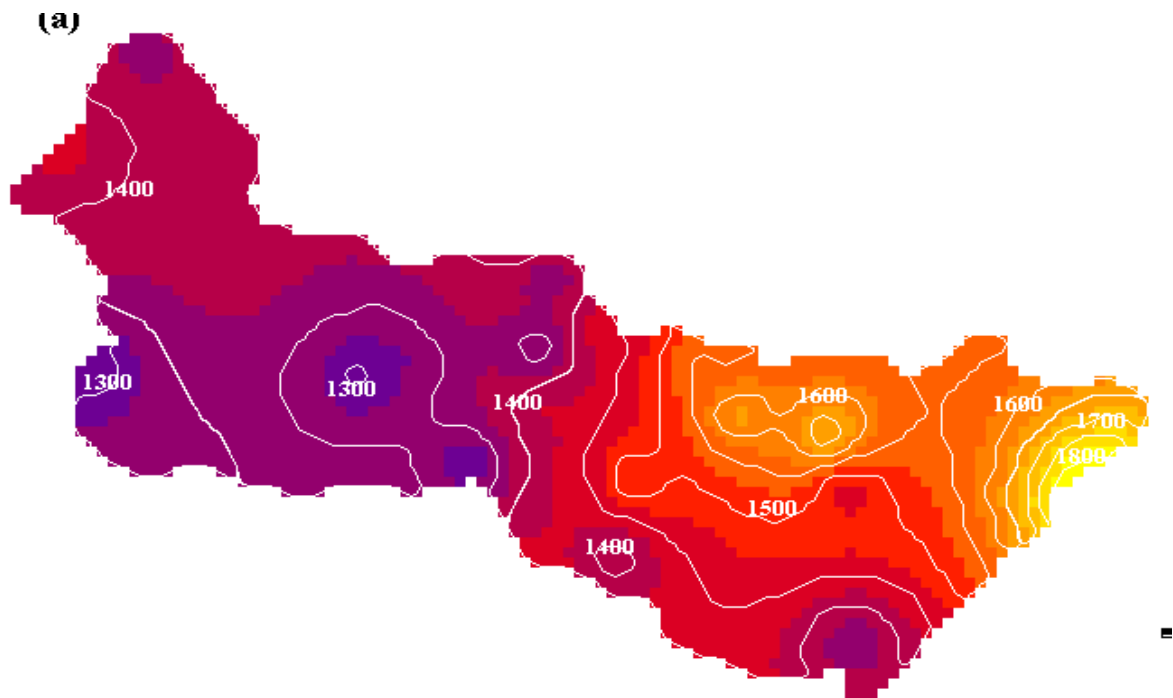


Fig. 5. Valores médios anuais de precipitação (mm) na bacia do rio Piracicaba.

A distribuição das chuvas não é uniforme. Os maiores índices ocorrem na região nordeste da bacia e decrescem em direção ao centro da bacia, elevando-se novamente na direção noroeste. Vejam que também há uma certa coincidência entre aumento do índice pluviométrico e altitude. Ou seja, nas regiões mais elevadas da bacia chove mais!

Outra observação importante é que as chuvas não são distribuídas uniformemente durante o ano (Fig. 6). Na bacia do Piracicaba, como em toda região sul e sudeste do Brasil temos verões chuvosos e invernos secos. Note o declínio acentuado nos meses de abril a agosto, que correspondem ao período mais frio do ano.

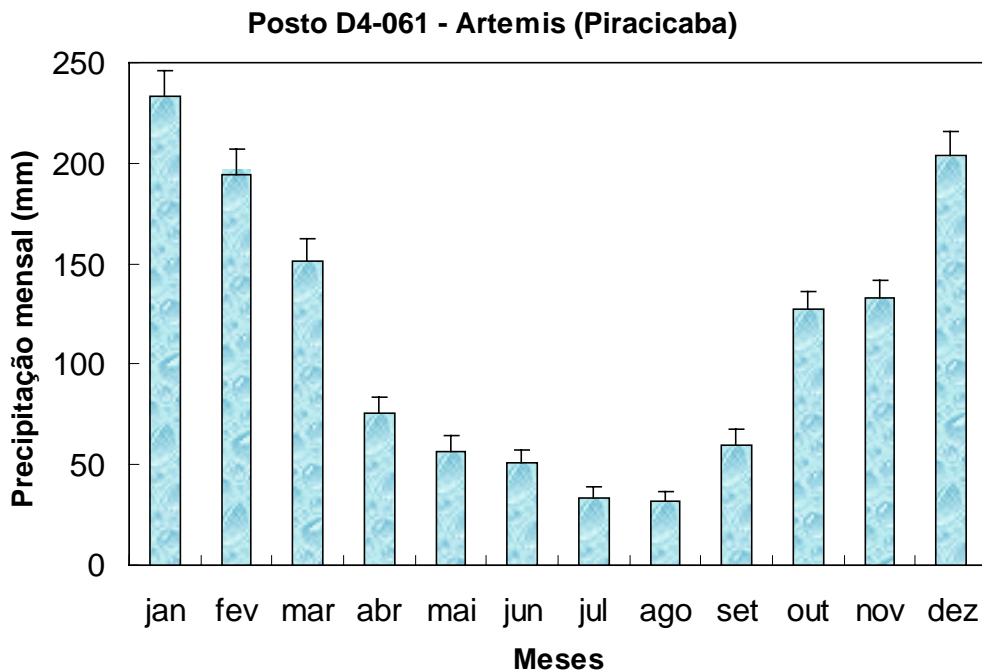


Figura 6. Precipitação média mensal (mm) medida no posto D4-061 do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo ([www.cena.usp.br/piracena/html/postos/d4-061.htm](http://www.cena.usp.br/piracena/html/postos/d4-061.htm)).

A água da chuva chegando ao solo tem 3 caminhos distintos a seguir: (1) através do processo de evaporação a água retorna à atmosfera; (2) pode se infiltrar no solo e (3) pode escoar para os rios. A água que se infiltrou no solo, por sua vez, pode seguir também 3 caminhos: (1) pode ser absorvida pelas plantas e parte retornar à atmosfera pelo processo de transpiração; (2) pode se infiltrar no solo e retornar aos rios e (3) pode, por percolação, alcançar os aquíferos mais profundos. Essa é uma descrição resumida do ciclo hidrológico.

Agora que conhecemos o relevo, a distribuição da precipitação, vamos investigar um pouco os principais rios da bacia do Piracicaba. Não se esqueça que os rios são meios de transporte e, portanto, de ligação entre as bacias hidrográficas. É importante conhecer o volume e os caminhos percorridos pelos rios que compõem uma determinada bacia hidrográfica. Mais importante ainda, são os rios que fornecem água para as cidades, indústrias e lavouras! Só esse fato já confere uma importância muito grande a eles.

Os principais rios da bacia do Piracicaba são: Atibaia, Jaguari e Piracicaba. Os dois mais importantes afluentes são o Camanducaia e o Corumbataí (Fig. 7).

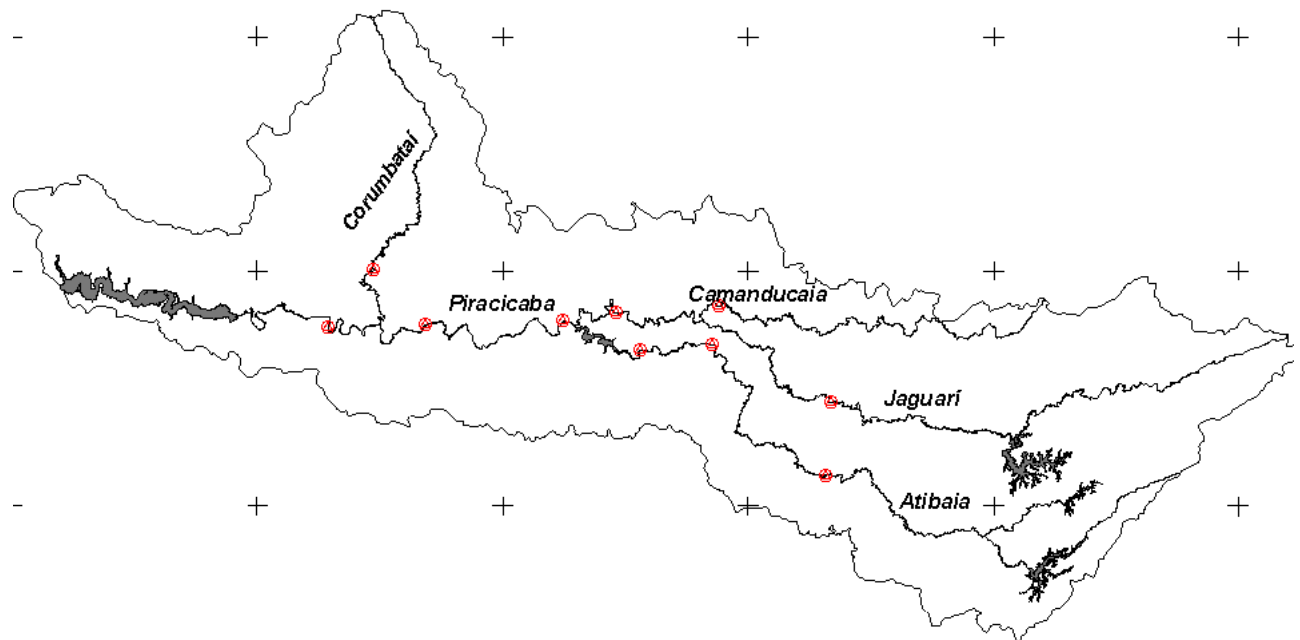


Figura 7. Principais rios e tributários da bacia do Piracicaba.

([www.cena.usp.br/piracena/html/localp.htm](http://www.cena.usp.br/piracena/html/localp.htm))

Os rios da bacia correm de leste para oeste, seguindo as diferenças em altitude, como já discutido anteriormente (Fig. 3). O rio Atibaia tem suas cabeceiras no próprio Estado de São Paulo, sendo formado pelos rios Cachoeira e Atibainha. O rio Jaguari nasce no sul do Estado de Minas Gerais, mas percorre sua maior distância no Estado de São Paulo. Na sua porção final, o rio Jaguari recebe seu principal afluente, o Camanducaia. Aproximadamente no centro da bacia, os rios Atibaia e Jaguari encontram-se para formar o rio Piracicaba. O Piracicaba recebe o rio Corumbataí, seu mais importante tributário, desaguando, enfim, no rio Tietê. Existem vários reservatórios importantes na bacia. Três deles situam-se na região das cabeceiras e fazem parte do Sistema Cantareira. Esse sistema é responsável pela exportação de água da bacia do Piracicaba para a região metropolitana de São Paulo. Cerca de 60% da água que abastece a cidade de São Paulo vem da bacia do Piracicaba. Outro reservatório importante é o de Santo Grande, situado na porção final do rio Atibaia, próximo às cidades de Americana e Paulínia. Esse reservatório tinha como principal objetivo gerar energia elétrica. No entanto, devido ao

assoreamento<sup>5</sup> desse reservatório, o mesmo não tem profundidade suficiente para movimentar as turbinas e gerar energia elétrica. O reservatório de Santa Maria é o maior e situa-se na porção final da bacia (Fig. 7).

A vazão (volume dum fluido que, numa unidade de tempo, se escoa através de determinada seção transversal de um conduto ou curso de água) dos rios não é constante nem ao longo dos anos e nem durante o ano. A vazão depende primordialmente das chuvas. Como vimos a precipitação varia tanto de ano para ano, como ao longo do ano. Portanto, é de se esperar que a vazão dos rios também varie da mesma forma (Fig. 8).

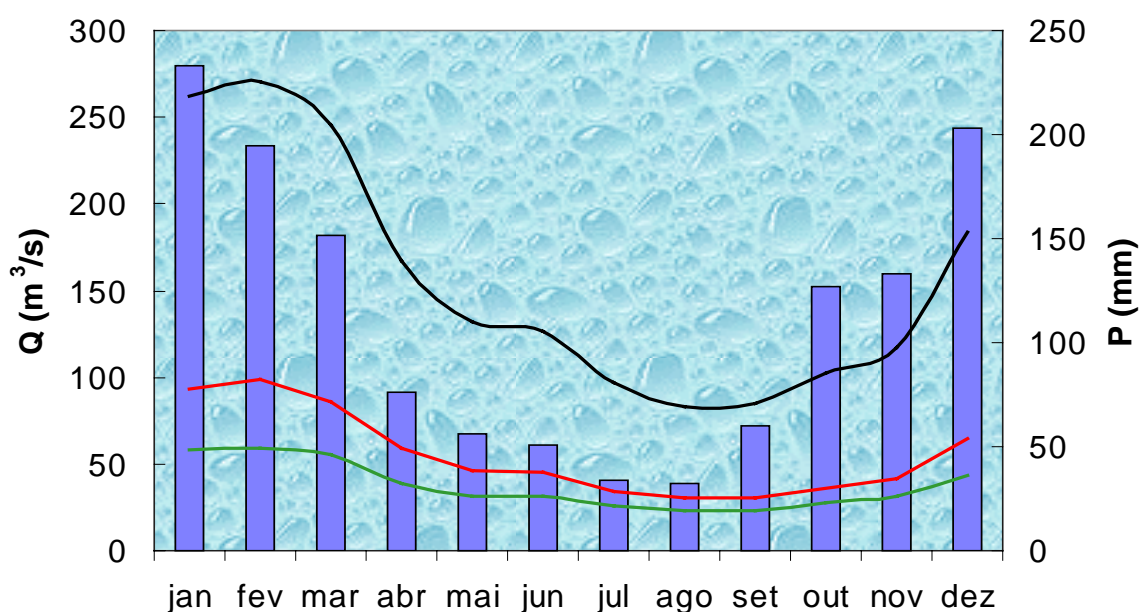


Figura 8. Variação da vazão média mensal nos rios Atibaia (linha verde), Jaguari (linha vermelha) e Piracicaba (linha preta). As barras azuis representam a precipitação média mensal. Dados obtidos pelo DAEE e disponíveis no seguinte endereço: [www.cena.usp.br/piracena/html/daee.htm](http://www.cena.usp.br/piracena/html/daee.htm)

Note na Figura 8 que a vazão dos rios acompanha a precipitação. Assim sendo, as maiores vazões ocorrem nos meses mais chuvosos, que vão de setembro à março.

Os rios também variam de ano para ano, uma vez que a precipitação também varia. A Figura 9 ilustra a variação da vazão nos principais rios da bacia no período que vai de 1943 a 1992, portanto, durante quase 50 anos.

<sup>5</sup> Assoreamento - Obstrução, por areia ou por sedimentos quaisquer, de um rio, canal ou estuário,

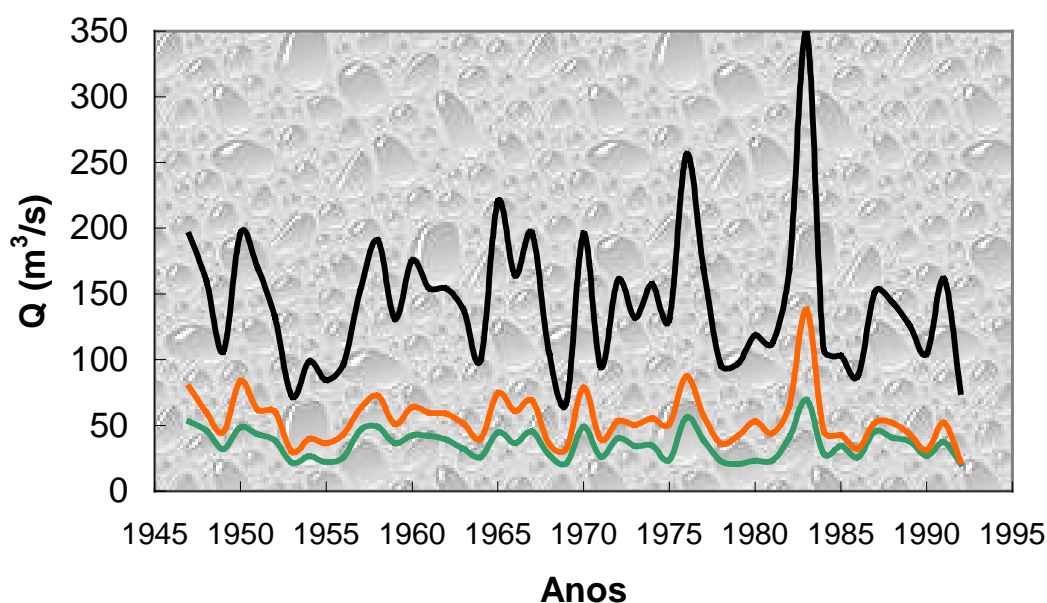


Figura 9. Variação ao longo dos anos da vazão média anual dos rios Atibaia em Paulínia (linha verde), Jaguari em Cosmópolis (linha vermelha) e Piracicaba em Artemis (linha preta). Vazões medidas pelo DAEE e disponíveis no seguinte endereço: [www.cena.usp.br/piracena/html/daee.htm](http://www.cena.usp.br/piracena/html/daee.htm)

Note que as maiores vazões ocorreram no rio Piracicaba, chegando a atingir valores próximos a  $350 \text{ m}^3/\text{s}$  no ano de 1983. A vazão média do Piracicaba entre 1947 e 1992 foi de  $143 \text{ m}^3/\text{s}$ . A segunda maior vazão na bacia foi observada no rio Jaguari (média entre 1947 e 1992,  $54 \text{ m}^3/\text{s}$ ), chegando a atingir valores próximos a  $150 \text{ m}^3/\text{s}$  também no ano de 1983. Finalmente, dos grandes rios da bacia, o Atibaia é que tem as menores vazões (média entre 1947 e 1992,  $36 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Neste rio, a maior vazão anual observada foi também em 1983 e atingiu quase  $70 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Até aqui já investigamos o relevo e como ele influencia a hidrografia. Vimos também onde chove e quanto chove na bacia do Piracicaba. Por último, demos uma olhada nos principais rios da bacia e vimos que a vazão desses rios varia de um rio para outro e varia também ao longo do ano e de ano para ano. Falta investigarmos os solos da bacia. Os solos são importantes por vários motivos. Talvez o principal é que nós estamos apoiados sobre ele, sendo também a base para nossas

construções. Por outro lado, a sua fertilidade é uma qualidade fundamental na agricultura.

Os principais tipos de solos da bacia do rio Piracicaba são os Latossolos e os Podzólicos. Estes solos são tipicamente encontrados em regiões tropicais e subtropicais. Nessas regiões a pluviosidade é geralmente alta e contém, terrenos geologicamente antigos. Assim sendo, os solos dessas regiões são constantemente “lavados” pelas intensas chuvas. Nesse processo de lavagem os nutrientes são progressivamente perdidos, resultando os solos pobres em nutrientes. As exceções são solos, como as Terras Roxas Estruturadas, que se desenvolveram sobre rochas ricas em nutrientes, que mesmo a despeito da intensa “lavagem” que sofrem, a rocha-mãe lhes fornece alguns nutrientes. A Figura 10 mostra os valores médios das soma de bases trocáveis dos tipos de solos da bacia do Piracicaba. Bases trocáveis do solo são os elementos químicos cálcio, magnésio, sódio e potássio. O nome trocável significa que esses nutrientes encontram-se em uma forma disponível para serem utilizados pelas plantas ou retirados do solo pela água da chuva que infiltra. Portanto, a concentração dessas bases trocáveis nos dá uma idéia se o solo é fértil (rico em nutrientes) ou não.

Outra característica dos solos é a sua textura, ou seja, o tamanho de partículas que predominam em um determinado solo. As partículas do solo são divididas de acordo com seu tamanho médio. Assim, partículas com tamanho maior que 2mm são classificadas como areia. Partículas com tamanho entre 2mm e 0,02mm são classificadas como silte e, finalmente, partículas menores que 0,02mm são classificadas como argila. A textura do solo é responsável pela quantidade de água retida no solo. Um solo arenoso, com partículas grandes, não retém muita água. Por outro lado, um solo muito argiloso, retém muito mais água. Como a planta precisa de água, o ideal é um solo equilibrado, onde a água não escoe rapidamente solo abaixo, mas também não fique empoçada, atrapalhando o crescimento das plantas.

Os solos da bacia do Piracicaba são predominantemente argilosos, ou seja, há um predomínio de partículas de tamanho  $< 0.02\text{mm}$ . No entanto, existem algumas áreas em que predominam Areias Quartzozas, que, como o próprio nome diz, são solos arenosos. As partículas de areia são aquelas com tamanho maior que 2mm (Fig. 11).

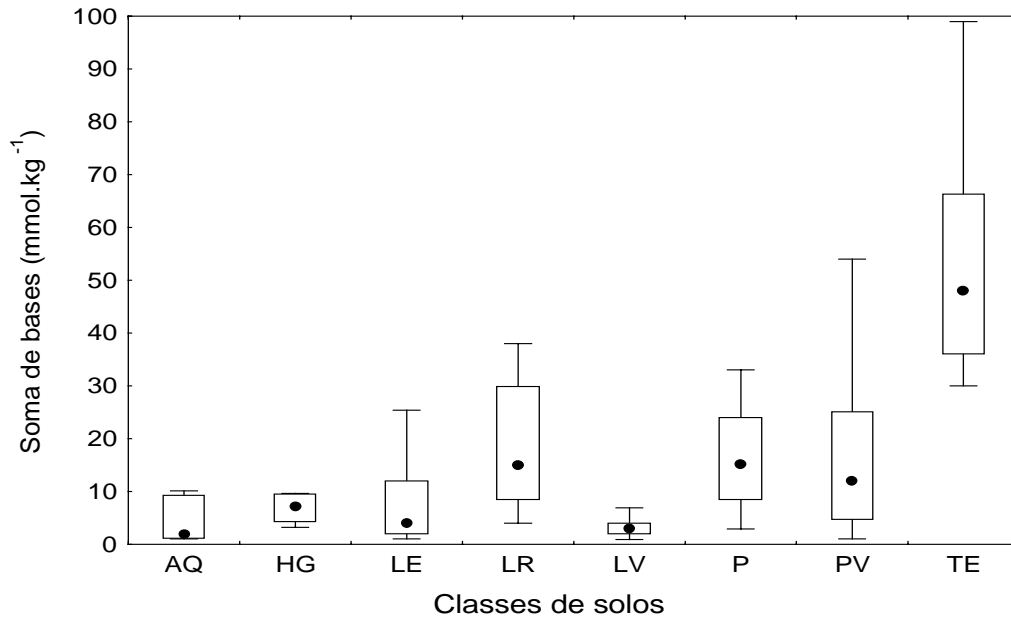


Figura 10. Valores médios de soma de bases trocáveis para diversos tipos de solos encontrados na bacia do rio Piracicaba. AQ – areia quartzosa, HG – gley pouco úmido, LE – latossolo vermelho-escuro, LR – latossolo roxo, LV – latossolo vermelho-amarelo, P – podzólico, PV – podzólico vermelho-amarelo, TE – terra roxa estruturada.

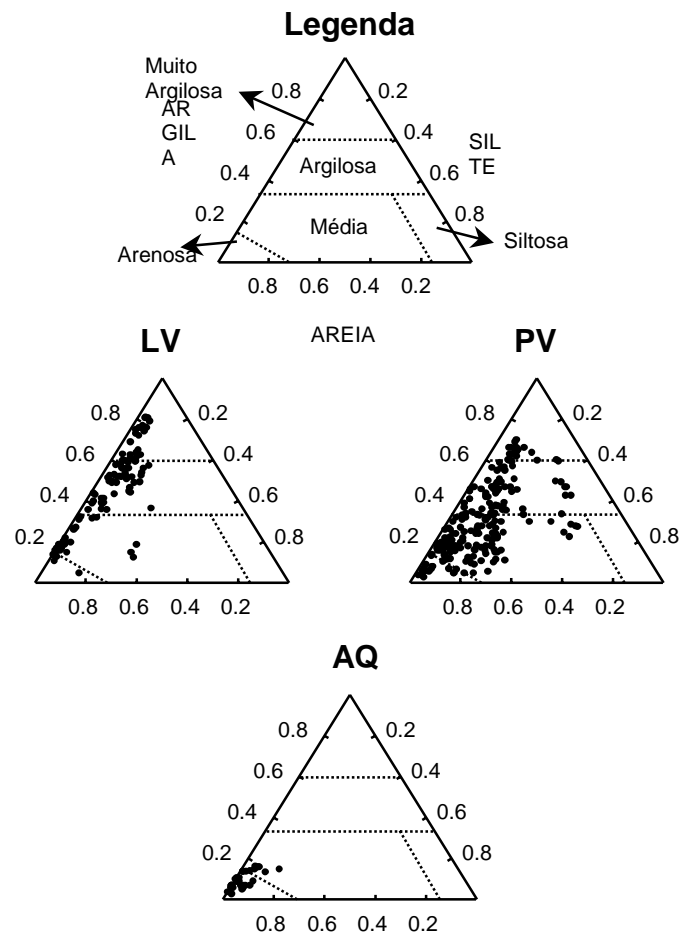


Figura 11. Textura de alguns tipos de solos encontrados na bacia do Piracicaba. Legenda dos tipos de solos encontram-se na Figura 10.

Até agora investigamos as características naturais da nossa bacia. Até aqui, já temos um conhecimento sobre o relevo, as características dos solos e a hidrografia da bacia. Chegou a hora de colocarmos “humanos” vivendo em nossa bacia e investigarmos que alterações esses “humanos” vão causar no ambiente.

As florestas, desde os mais primórdios tempos, causou medo e apreensão nas pessoas. Notem que em vários desenhos animados, uma menina passeia por um campo aberto, colhendo florzinhas do campo sem nada temer. De repente ela se perde e entra na floresta. Pronto! Começou o pesadelo. Num piscar de olhos ela se vê cercada por uma floresta sombria...onde habitam espíritos do mal. Querem outro exemplo? Onde mora o lobo-mau da famosa estória da chapeuzinho vermelho? Na floresta, é claro! Onde mais uma criatura tão malvada como o lobo-mau poderia morar? Outro aspecto cultural importante é que antigamente, desbravar uma região, tirando a floresta e semeando um campo agrícola era sinal de “progresso”. Era sinal que o homem havia dominado a natureza. De uma certa forma, as florestas atrapalhavam o “desenvolvimento”. Além desses aspectos culturais, precisamos entender que, antigamente pouco se sabia sobre a função ecológica das florestas. Portanto, era quase impossível avaliar sua importância. Somando-se todos esses aspectos, o que vimos foi uma rápida retirada das florestas, que foram substituídas por culturas agrícolas ou simplesmente as áreas desflorestadas foram abandonadas. Para exemplificar, na bacia do Piracicaba, a área coberta com florestas originais é de menos que 3,5%. Isso significa que, praticamente, não temos mais vegetação natural. Atualmente, a grande maioria da vegetação que vemos na bacia do Piracicaba é de alguma forma “criada” pelo homem. O mesmo fenômeno está ocorrendo na Amazônia, onde cerca de 15% de toda aquela imensa floresta já foi desmatada. Se não cuidarmos, a bacia Amazônica será um dia como a bacia do rio Piracicaba. Ou seja, desprovida de vegetação natural!

As florestas foram substituídas em sua grande maioria por culturas agrícolas. A distribuição dessas culturas na paisagem, define o que chamamos de cobertura do solo. Na Figura 12 vemos a cobertura do solo na bacia do Piracicaba no ano de 1993. Note que a bacia é praticamente dividida em duas regiões distintas. Na parte leste da bacia, onde estão as cabeceiras dos rios Atibaia e Mogi, os principais usos do solo são as pastagens e a silvicultura, que são florestas plantadas para a produção de celulose, madeira ou algum outro produto florestal. No lado oeste, há um grande predomínio de cana-de-açúcar.

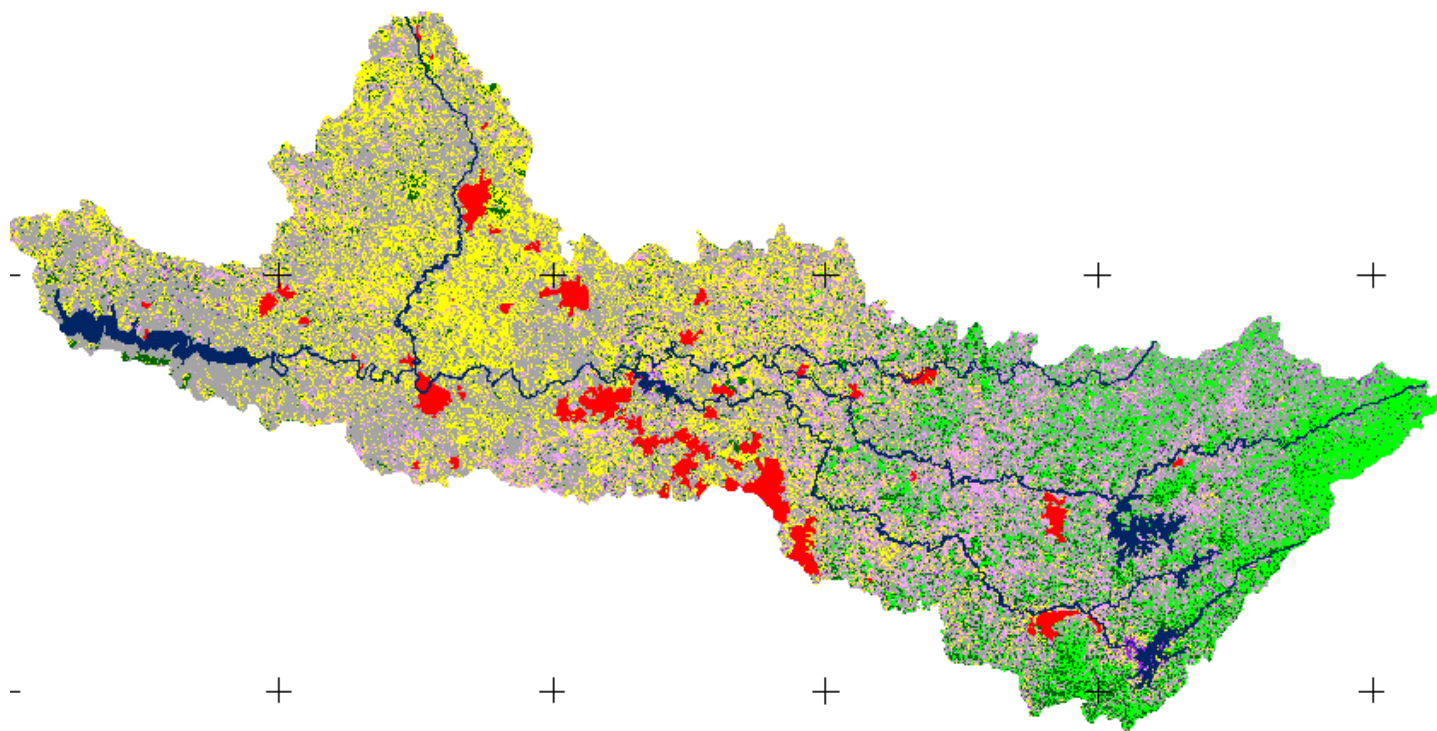


Figura 12. Uso do solo na bacia do rio Piracicaba. Em amarelo encontram-se as áreas cobertas por cana-de-açúcar; em vermelho encontram-se as principais cidades; em cinza as pastagens e em verde silvicultura.

Como podemos notar na Tabela 1, cana-de-açúcar e pastagens ocupam uma área razoável da bacia. Em 1978 a soma desses dois tipos de uso perfazia 72%. Em 1993 esse total decresceu para 69%.

Tabela 1. Área percentual ocupada por diversos usos do solo na bacia do rio Piracicaba em 1978 e 1993. Diferença 78-93 é a diferença percentual entre o uso em 1978 e 1993. Sinais positivos indicam que houve aumento da área entre as duas datas e sinais negativos indicam que houve uma diminuição na área ocupada.

Uso do solo	1978	1993	Diferença 78-93
Cana	20	35	+45
Pastagem	52	24	-54
Silvicultura	4	16	+72
Laranja	6	6	+6
Outras culturas	5	9	+4
Cidades	2	4	+61
Florestas	7	3.5	-50

Nota-se também que houve um crescimento significativo na área ocupada por silvicultura (Verbetes: silvicultura. 1. Ciência que tem por finalidade o estudo e a exploração das florestas. 2. Cultura de árvores florestais.) entre 1978 e 1993. Nesse período de 15 anos, entre 1978 e 1993, a cana-de-açúcar quase dobrou de área. A silvicultura aumentou 72%, as cidades 61%. As maiores diminuições foram observadas nas áreas ocupadas por pastagens que praticamente diminuíram pela metade e, infelizmente, as florestas que também diminuíram pela metade (Tab.1).

Todas essas mudanças têm, fundamentalmente, razões econômicas. As mudanças no uso do solo são muito dependentes da economia de uma região ou de um país. Portanto, para entender porque houveram as mudanças que vimos entre 1978 e 1993 precisamos fazer um estudo sobre a economia da região, do Estado e mesmo do nosso país. O fato é que essas mudanças apresentam conseqüências quanto ao ambiente. Por exemplo, fizemos um estudo na bacia do rio Piracicaba sobre como essas mudanças teriam afetado o risco de erosão do solo. Como vocês sabem o processo de erosão é quando partículas de solo são arrastadas do ponto em que estavam para algum outro lugar, geralmente, sobre a força de um agente externo como a água. Quando não se faz uma conservação de solo adequada, as partículas de solo acabam se desagregando e sendo arrastadas para outros locais que, freqüentemente, são os rios e córregos de uma bacia. O processo de erosão não acontece só no campo, acontece também na cidade durante o processo de diversos tipos de construções como: pontes, ruas, estradas, aterros, condomínios e loteamentos. A Figura 13 mostra como o risco de erosão da bacia aumentou entre 1978 e 1993. As áreas amarelas são áreas de baixo risco à erosão, enquanto as áreas azuis são de médio risco e as áreas vermelhas são de alto risco. Notem que as áreas situadas no extremo leste e oeste da bacia são as de maiores riscos. Portanto, particularmente nessas áreas, práticas de conservação de solo devem ser implementadas. Caso contrário, a perda de solo através do processo erosivo poderá ser acentuada, com conseqüências indesejáveis para os rios e pequenos córregos dessas áreas.

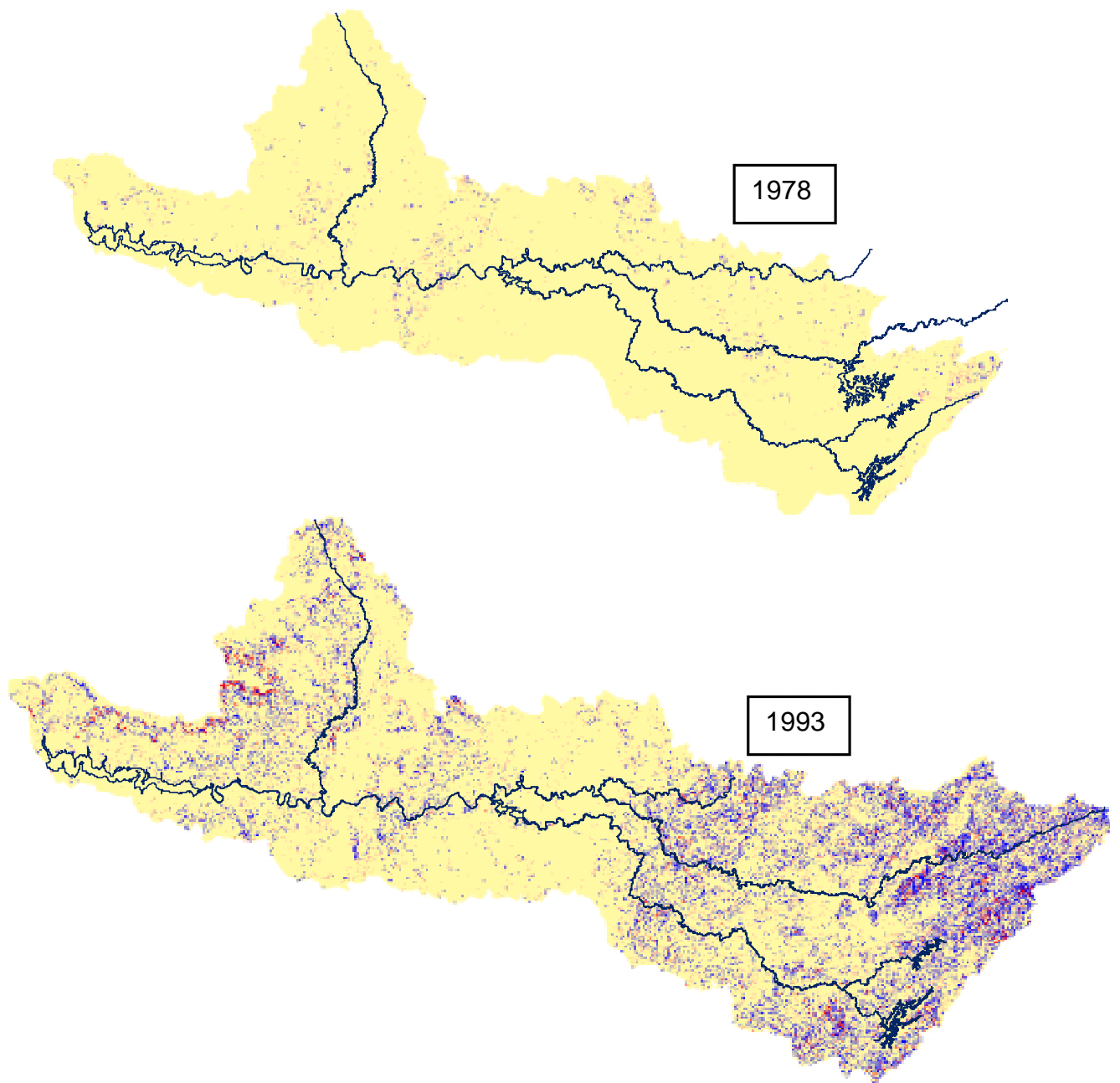


Figura 13. Mapa de risco de erosão na bacia do rio Piracicaba. As cores amarelas representam áreas com baixo risco de erosão. Áreas em azul são áreas com médio risco e áreas em vermelhas são aquelas com alto risco de erosão.

Obviamente, todas essas mudanças no uso do solo que mostramos anteriormente foram feitas por alguém. Quando se inicia a abertura de uma nova fronteira agrícola, aquela região passa a ser um polo de atração para pessoas em busca de trabalho. Caso o resultado da lavoura seja bom, mais pessoas serão atraídas, estabelecendo-se um pequeno comércio, daí chegam as primeiras indústrias, os aglomerados urbanos se transformam em cidades e temos o tal do chamado “progresso”. Esse foi o padrão de crescimento em várias regiões do país. Em várias regiões do Estado de São Paulo e norte do Paraná, o café que deu o primeiro impulso. Portanto, tivemos as primeiras importantes transformações no uso do solo quando nossos antepassados retiraram as florestas para plantar café e no bojo dessa cultura formaram-se várias das grandes cidades do interior de São Paulo. Obviamente esse “progresso” é um anseio de todos nós. Todos queremos casas para morar, lojas para comprar e etc...O problema é que o chamado “progresso”, na verdade é um “crescimento desordenado”, com sérias consequências para o meio em que vivemos, como será visto adiante. O maior problema não é crescer, mas sim, crescer desordenadamente.

Primeiramente vamos investigar como a população vem crescendo na bacia do Piracicaba, quais são as maiores cidades e quais as consequências desse crescimento demográfico (Fig. 14).

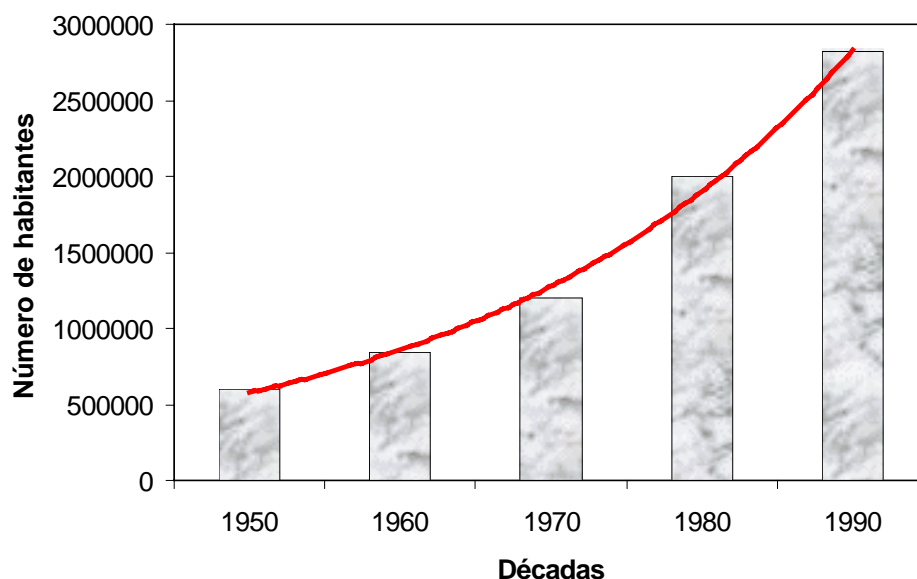


Fig. 14 Número de habitantes na bacia do Piracicaba nas décadas de 50 a 90.

Fonte: Seade.

A população da bacia do rio Piracicaba atualmente deve estar em torno de 3 milhões de habitantes. É como pode ser visto na Figura 14 o crescimento da população tem sido exponencial ao longo das décadas. Outra característica é que a taxa de crescimento (percentual de crescimento da população em um determinado período) tem sido sempre maior na bacia do rio Piracicaba que no Estado de São Paulo como um todo (Fig.15).

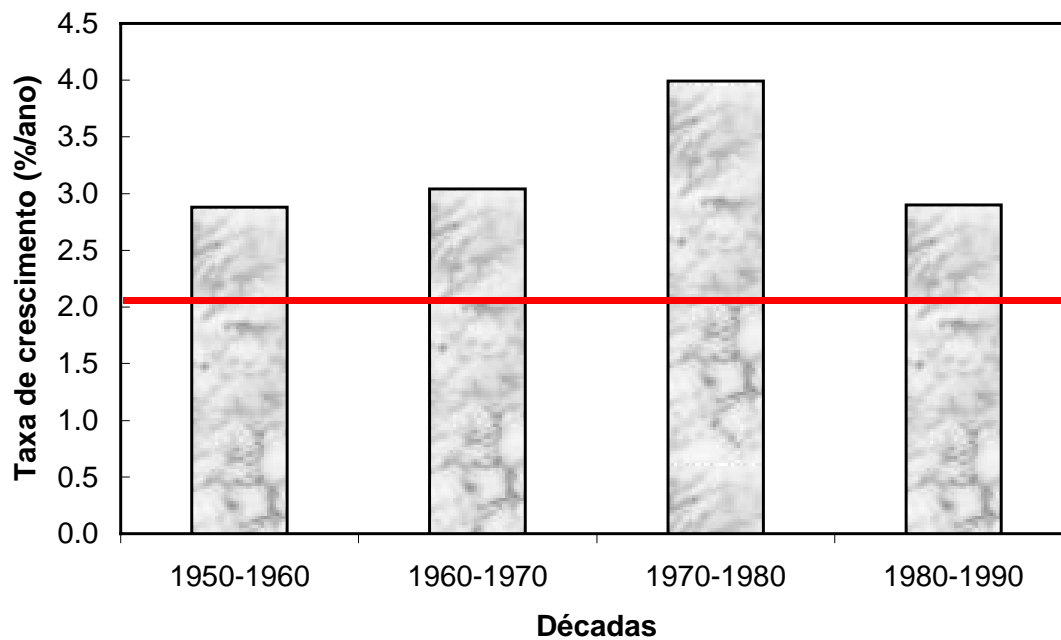


Figura 15. Taxa de crescimento na bacia do Piracicaba durante as décadas de 50 a 90. A linha vermelha indica a taxa de crescimento médio do Estado de São Paulo na década de 70-80. Fonte: Seade e IBGE.

A maior taxa de crescimento foi observada durante a década de 70-80, quando foi de aproximadamente 4%/ano. Na década de 80-90 houve um decréscimo que possivelmente tenha sido mantido na década passada.

Os habitantes de uma região não se distribuem de maneira uniforme, pelo contrário, se distribuem de maneira bastante desuniforme. Portanto, existem áreas com relativamente poucos habitante e outras com muitos. A Figura 16 mostra o número de habitantes por município e sua evolução ao longo dos anos. É importante notar que os municípios mais populosos se encontram na região central da bacia.

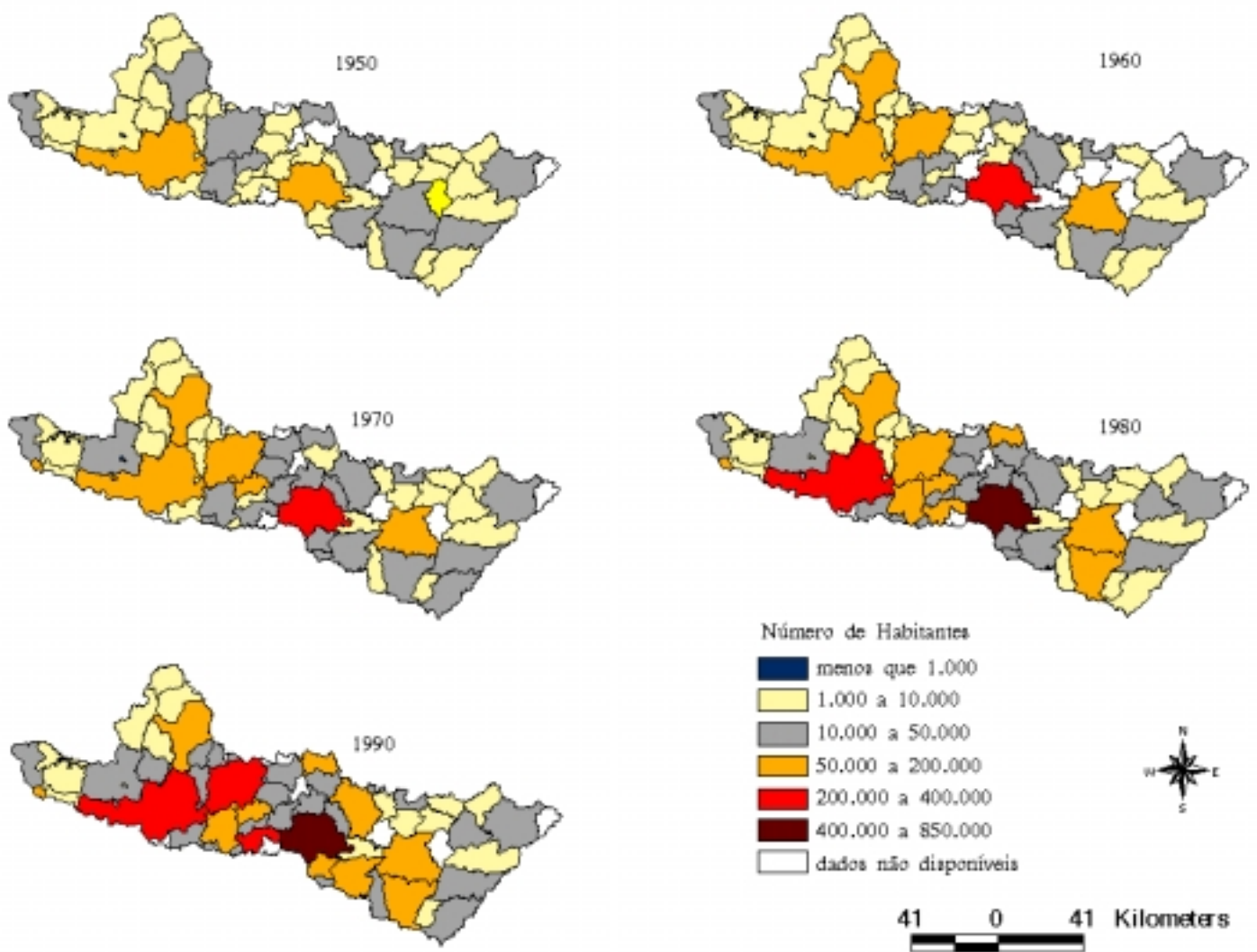


Figura 16. Distribuição da população por município na bacia do rio Piracicaba em diferentes anos. Entre parênteses encontram-se o número de habitantes.

A densidade demográfica de uma região é o número de habitantes que nela vivem por unidade de área, geralmente quilômetro quadrado. A Tabela 2 mostra a densidade demográfica dos municípios mais populosos da bacia do Piracicaba. Existem dois grupos de municípios: (1) aqueles realmente muito populosos que tem densidade demográfica acima de  $1.000\text{hab}/\text{km}^2$  e (2) os municípios ainda que populosos, mas com densidades demográficas menores, variando entre  $200\text{ hab}/\text{km}^2$  a  $600\text{hab}/\text{km}^2$ . Dentre aqueles municípios mais populosos, destaca-se Hortolândia com quase  $1.900\text{hab}/\text{km}^2$ . O município mais populoso do segundo grupo é Santa Bárbara d'Oeste com quase  $600\text{ hab}/\text{km}^2$ . É também interessante observar o aumento da densidade demográfica de alguns municípios ao longo do tempo. Por exemplo, Sumaré em 1980 tinha uma densidade demográfica de 450

hab/km<sup>2</sup> e em 1996 passou a ter uma densidade de aproximadamente 1.020 hab/km<sup>2</sup> (Tab. 2).

Tabela 2. Densidade demográfica (km<sup>2</sup>/ano) dos municípios mais populosos da bacia do rio Piracicaba. Fonte: Fundação Seade e Relatório Zero.

Municípios	1980	1991	1996
Hortolândia			1.844
Americana	847	1.068	1.164
Campinas	747	951	1.022
Sumaré	451	1.008	1.020
S.Bárbara d'Oeste	284	538	595
Limeira	260	358	397
Rio Claro	212	264	293
Piracicaba	148	196	223

A água é um item primordial na vida das pessoas. Portanto, ao aumentar a população de uma região, concomitantemente, aumenta também o consumo de água. É recomendado que uma pessoa beba de 2 a 3 litros de água por dia. Por outro lado, a sociedade moderna usa água de muitas outras formas, elevando o consumo de água para algo em torno de 200 a 250 litros de água tratada por habitante por dia! Na bacia do Piracicaba, as principais fontes de água para abastecimento são os rios e córregos da região. Uma menor parte do abastecimento é retirada dos aquíferos subterrâneos. Em média, 80% da população da bacia é servida com água tratada. Talvez ainda mais importante que a retirada de água é a devolução de quase 90% da retirada na forma de esgoto. Assim sendo, o aumento da população não exige somente mais água para abastecimento, mas também acarreta um aumento no volume de esgoto gerado. O esgoto doméstico é composto praticamente de água e matéria orgânica, que é adicionada a água na forma de dejetos humanos (fezes e urina) e restos de comida, papel higiênico, óleo de cozinha, detergente e etc. Na bacia do Piracicaba, a retirada total de água para abastecimento público é da ordem de 15 m<sup>3</sup>/s (Fig. 17). Lembrando que aproximadamente 80% desse volume retorna na forma de esgoto. Um volume de água similar é também retirado para abastecimento industrial, sendo que também cerca de 80% retorna na forma de efluentes industriais (Fig. 17). Outro uso

importante da água, é a irrigação de culturas agrícolas, que na bacia do Piracicaba corresponde à aproximadamente 1/3 da retirada para abastecimento público e industrial (Fig. 17). Como existem perdas por evaporação e consumo pelas culturas, é calculado que somente 25% da água utilizada na irrigação retorna aos rios (Fig. 17). Uma outra retirada muito expressiva na bacia do Piracicaba é a exportação de cerca de 31m<sup>3</sup>/s para abastecimento da cidade de São Paulo. Nesse caso, não há retorno algum de água, uma vez que a cidade de São Paulo encontra-se em outra bacia hidrográfica. Portanto, um montante equivalente à soma das retiradas para o abastecimento público e industrial é exportado da bacia do Piracicaba para a cidade de São Paulo.

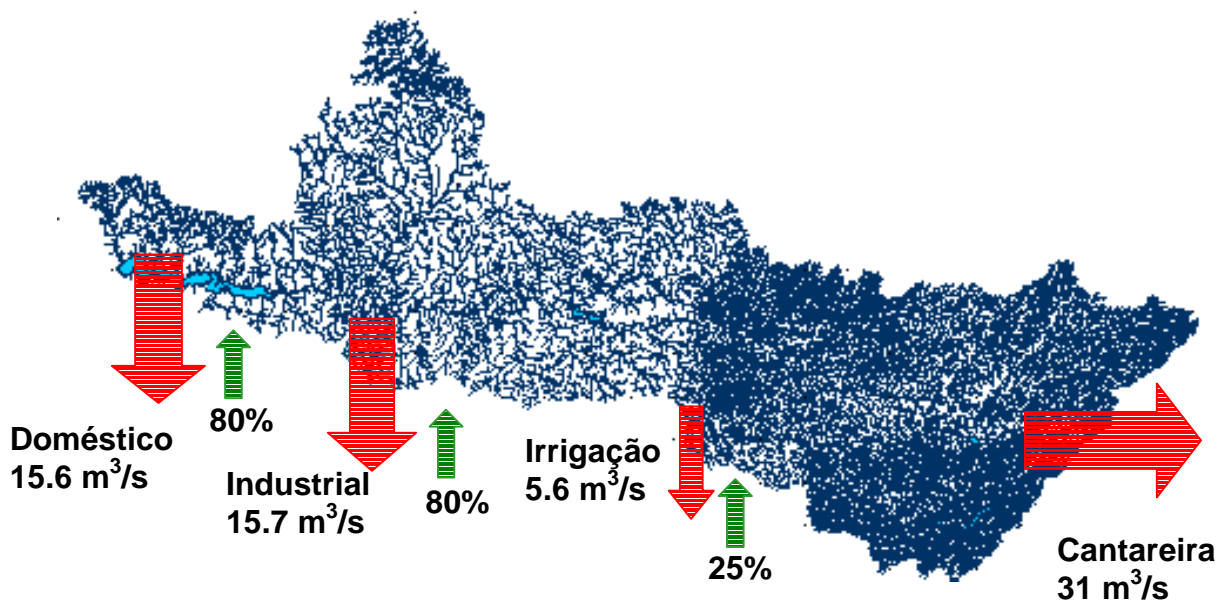


Figura 17. Demandas de água na bacia do rio Piracicaba (1996-1997). Setas em vermelho indicam retirada de água e setas em verde indicam o percentual da retirada que retorna à bacia. Fonte: Relatório Zero.

Existem outras demandas de água na bacia que são menos importantes. Por exemplo, aquacultura (pesque-pag) retira cerca de 0,34m<sup>3</sup>/s, seguindo-se mineração com 0,03m<sup>3</sup>/s e pecuária com 0,002m<sup>3</sup>/s. Note que a aquacultura é uma atividade relativamente nova na bacia, com tendência a aumentar.

Somando-se todas as demandas de água, teremos um total aproximado de 68 m<sup>3</sup>/s. Desse total, quase a metade é exportado para a cidade de São Paulo (Fig. 18). Cerca de 23% é utilizado para abastecimento público e outros 23% é destinado para uso industrial. O restante é utilizado para outros fins, principalmente irrigação, que é responsável por cerca de 8% do volume total utilizado na bacia (Fig. 18).

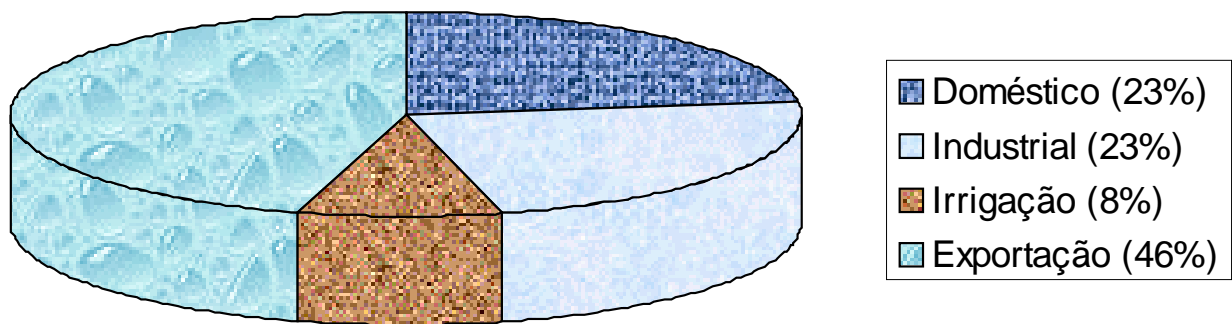


Figura 18. Percentual das principais demandas de água na bacia do rio Piracicaba (1996). Fonte: Relatório Zero.

Como já dissemos, cerca de 80% da água utilizada pelas populações e pelas indústrias retorna aos rios na forma de esgoto e efluentes industriais. O esgoto gerado pela população precisa, além de ser tratado, ser coletado das casas e levado à uma estação de tratamento de esgoto. Na maioria dos municípios, a grande parte do esgoto gerado pela população é recolhido das casas. Contudo, em alguns municípios parte considerável do esgoto ainda não é tratado. Já vimos que o esgoto é composto principalmente de água e matéria orgânica, que é adicionada quando a água “passa” pela nossa casa. Sim, pois, a água entra em nossas casas por uma fonte única (água tratada servida pelos órgãos responsáveis). Nas nossas casas essa água sofre uma divisão. Parte será utilizada para bebermos, cozinarmos e etc.; uma outra parte serve para lavarmos os alimentos, limpamos o chão e captar nossas fezes e urinas. Portanto, nesse período de tempo que permanece em nossas casas, enriquecemos a água com matéria orgânica e geramos o que chamamos esgoto. A matéria orgânica serve como alimento para organismos heterotróficos, que são aqueles que retiram carbono da matéria orgânica e não do ar como são os autotróficos. Assim, esses organismos irão se alimentar da matéria orgânica que se encontra no esgoto. Para poder decompor a matéria orgânica, os organismos utilizam o oxigênio que se encontra dissolvido na água. Portanto, quanto mais oxigênio for consumido pelos organismos, mais matéria orgânica terá sido decomposta. Sendo assim, mais importante que o volume de esgoto gerado, é a quantidade de matéria orgânica que ele carrega. A quantidade de oxigênio consumida no processo de decomposição da matéria orgânica

presente, em um determinado intervalo de tempo, é uma medida indireta da quantidade de matéria orgânica presente no esgoto. A essa quantidade consumida de oxigênio, resolveu-se dar o nome de demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Quando se limita o tempo de consumo da matéria orgânica em 5 dias, a uma determinada temperatura, o DBO passa a chamar  $DBO_5$ . Por exemplo, quando dizemos que a carga de esgoto que um rio recebe é de 500  $kgDBO_5$  por dia, significa dizer que em cinco dias serão consumidos cerca de 500 kg de oxigênio dissolvido para consumir toda aquela matéria orgânica presente. Portanto, quanto maior a DBO, mais oxigênio dissolvido que se encontra no corpo hídrico receptor será consumido. Conseqüentemente, menos oxigênio dissolvido estará disponível para os peixes e outros animais que dependem desse oxigênio para sobreviver.

Quanto ao esgoto doméstico, além da necessidade de captá-lo nas residências, há também a necessidade de tratá-lo. O tratamento do esgoto, numa primeira fase, nada mais é que a retirada da matéria orgânica que foi adicionada nas residências. Essa retirada é feita por microrganismos que se alimentam da matéria orgânica. Portanto, em vez de a decomposição da matéria orgânica se dar no rio ou córrego em que o esgoto foi jogado, fazemos essa decomposição em condições controladas.

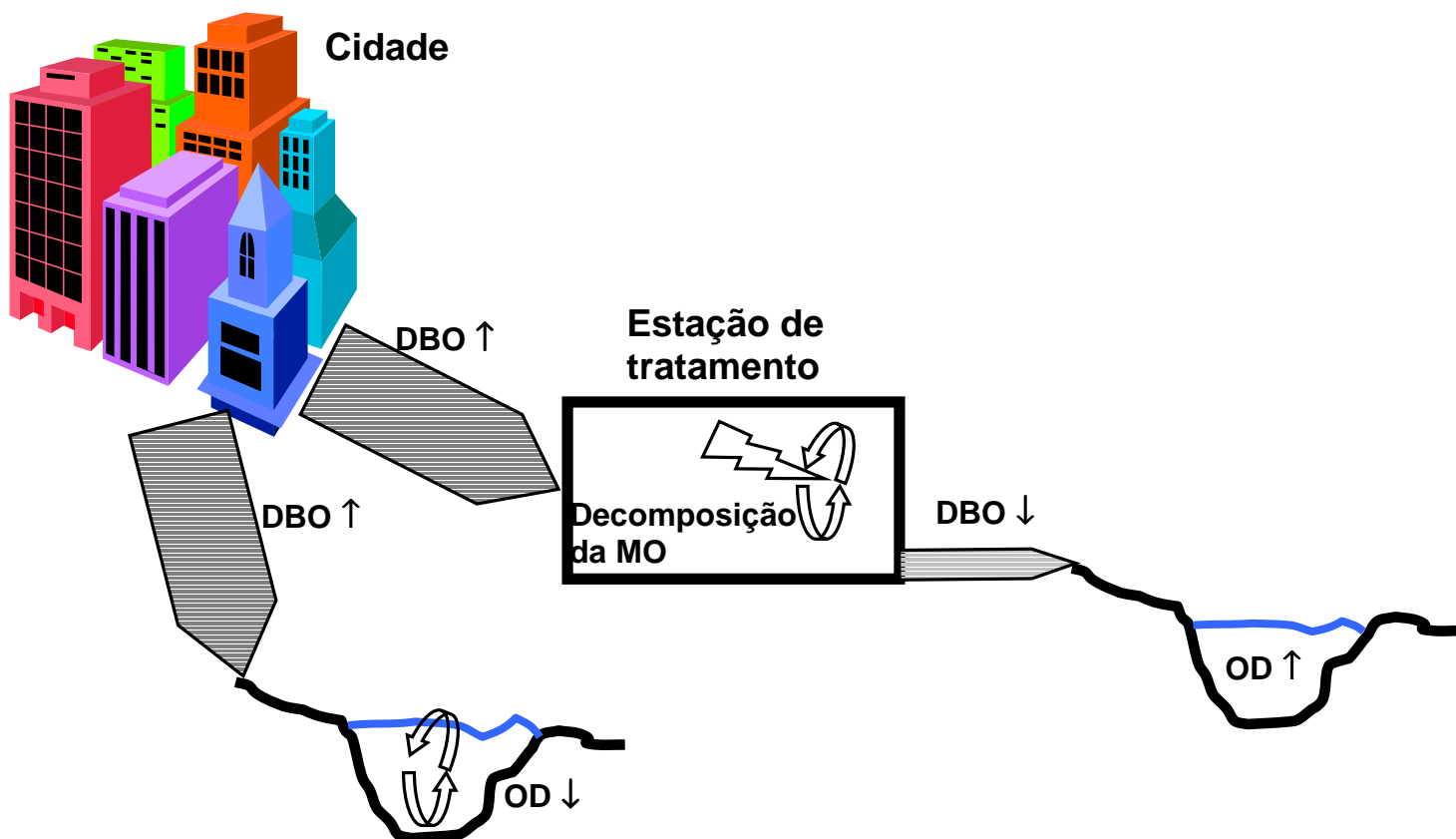


Figura 19. Esquema mostrando uma cidade e os dois caminhos que o esgoto pode seguir: direto para um rio ou passando antes por uma estação de tratamento.

A Figura 19 ilustra duas situações. Em uma delas o esgoto é lançado sem tratamento diretamente em um rio. Essa carga de esgoto com alta DBO vai consumir boa parte do oxigênio dissolvido do rio. Por outro lado, na segunda situação, a carga de esgoto gerada pela cidade é tratada e depois lançada ao rio. Nesse tratamento, é retirada boa parte da matéria orgânica, portanto, a DBO decresce. Ao ser lançado ao rio o efluente da estação de tratamento não trará um dano tão significativo como no caso anterior. Na bacia do Piracicaba, somente cerca de 16% do volume de esgoto doméstico é tratado, o restante é lançado aos rios sem nenhum tratamento! A carga total de esgoto gerada na bacia é de aproximadamente 120 tDBO/dia. Como somente cerca de 16% desse total é tratado, são lançados diariamente nos rios cerca de 98 tDBO/dia.

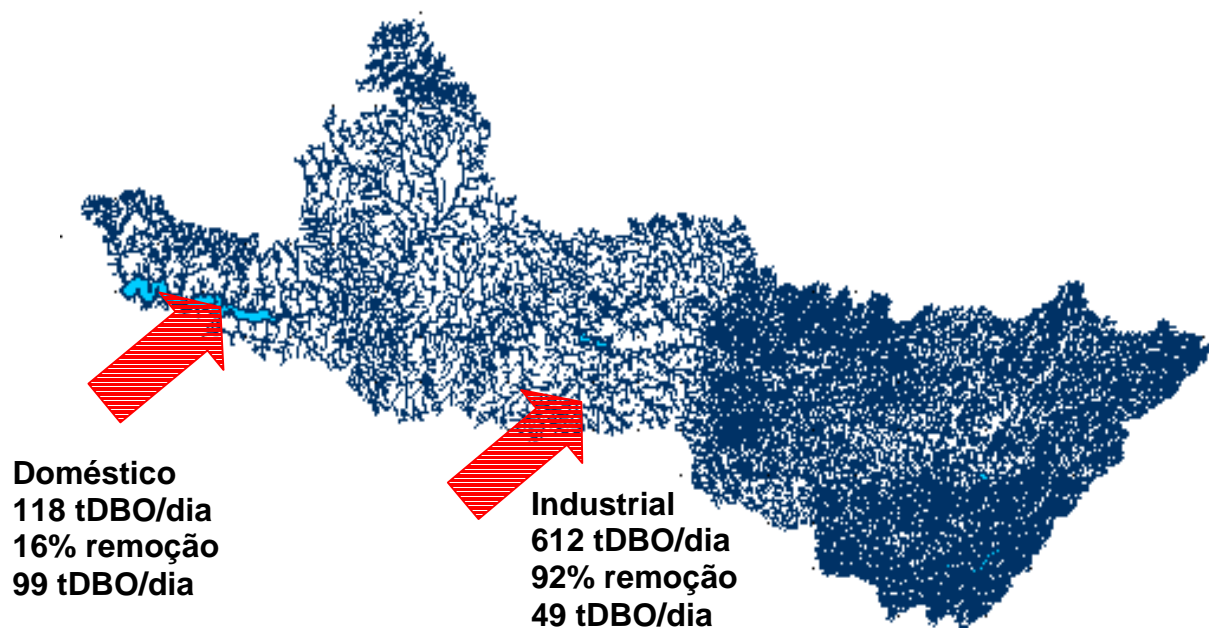


Figura 20. Cargas de esgoto doméstico e industrial lançadas em rios e córregos da bacia do Piracicaba (1996). Fonte: Relatório Zero.

A carga de esgoto gerada pelas indústrias é bem maior, cerca de 600 tDBO/dia, portanto, quase 6 vezes maior que a carga de esgoto doméstico. Por outro lado, cerca de 90% do total gerado é tratado, sendo lançado diariamente cerca de 50 tDBO nos rios e córregos da bacia. Somando-se a carga de origem doméstica e

industrial teremos que um total de aproximadamente 150 tDBO/dia são lançados nos rios da bacia do Piracicaba.

Além do esgoto que geramos, também somos grandes produtores de lixo, que tecnicamente, denominamos de resíduos sólidos. Na bacia do rio Piracicaba, em média, cada habitante produz cerca de 0,54kg de lixo por dia. O destino desse lixo é muito importante. Caso não haja uma coleta eficaz desses resíduos, boa parte deles vai parar nos rios e córregos. É comum vermos sacos de lixo boiando em nossos rios. A primeira providência por parte das prefeituras das cidades é uma coleta eficiente do lixo. A segunda providência é o destino que será dado à esse lixo. Existem várias formas de se “armazenar” os resíduos sólidos, desde lixões, onde o lixo é simplesmente amontoado em uma determinada área, até aterros sanitários, onde existe um maior cuidado no tratamento do resíduo sólido. A CETESB fez uma avaliação abrangente sobre os depósitos de lixo na bacia do Piracicaba. Essa avaliação é feita através de um índice de qualidade de aterros de resíduos (IQR). Índices de 0 a 6 significam condições inapropriadas, de 6 a 8 condições razoáveis e de 8 a 10 condições boas. Infelizmente, quase a metade dos municípios tiveram um IQR abaixo de 6, 33% tiveram um IQR entre 6 e 8 e somente cerca de 20% teve um IQR acima de 8 (Fig. 20).

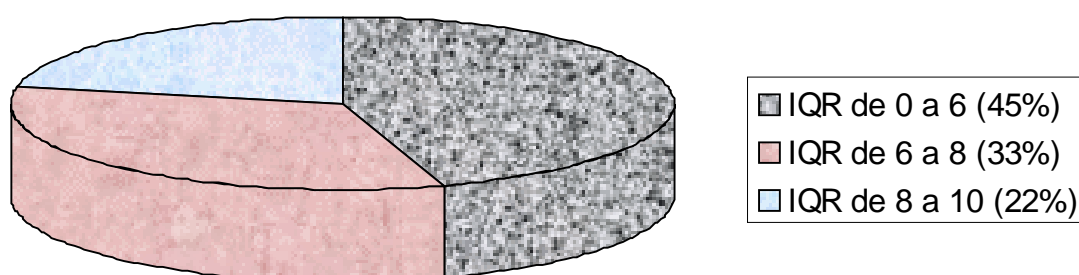


Figura 20. Percentual dos municípios que tiveram IQR menor que 6, entre 6 e 8 e maior que 8. Fonte: Relatório Zero.

Outros dois pontos importantes são que: (1) em cerca de 40% dos municípios, o aterro ou lixão encontravam-se a menos de 200 metros de um rio ou córrego e (2) em cerca de 35% dos municípios, os depósitos encontravam-se em áreas que o

lençol freático estava a menos de 3 metros de profundidade. Portanto, nesses municípios, há um perigo eminente de contaminação dos rios e córregos, e também do lençol freático.

Falando em lixo, é extremamente importante lembrar que não adianta nada termos a coleta de lixo mais eficiente do mundo, se as pessoas não se conscientizarem que lixo não foi feito para ser jogado nos rios. Os rios não são latas de lixo. Pelo contrário, são fontes de água, de lazer e, principalmente de vida. Portanto, é preciso chamar a atenção das pessoas para esse fato. Tenha a curiosidade de observar e contar em um pequeno trecho de um rio qualquer o número de objetos estranhos que se encontram na água ou nas margens. Não é raro se encontrar televisores, sofás, cadeiras e até carcaças de carros! O mais freqüente, no entanto, é encontrarmos sacos de lixo e garrafas de plástico. Portanto, de nada adianta as autoridades de nossas cidades cumprirem com as suas obrigações se nós não cumprirmos as nossas.

Considerando-se tudo que foi mostrado anteriormente, não é difícil imaginar que a maioria dos rios da bacia do Piracicaba não se encontram em bom estado. O principal problema é o volume enorme de esgoto que é lançado sem tratamento nos rios da bacia. O esgoto doméstico e os efluentes industriais são muito ricos em matéria orgânica. Os microrganismos se alimentam dessa matéria orgânica utilizando oxigênio da água. Portanto, quanto mais matéria orgânica for lançada aos rios, maior será o consumo de oxigênio da água. Os peixes que utilizam esse oxigênio dissolvido no processo de respiração acabam morrendo asfixiados. Além desse problema com os peixes, o esgoto não tratado leva aos rios uma série de outros elementos químicos e patógenos. A longo prazo, as características naturais dos rios vão sendo modificadas, e acabam se tornando rios totalmente degradados. Essa degradação faz com que se torne cada vez mais difícil tratar a água destinada ao abastecimento das cidades. Por mais estranho que possa parecer, estamos sujando a nossa própria fonte de água. Por exemplo, a cidade de Piracicaba antigamente captava água do rio Piracicaba para alimentar a cidade. O estado de degradação desse rio chegou a tal ponto, que hoje praticamente toda a água é retirada do rio Corumbataí, que por sua vez também começa a apresentar sinais sérios de deterioração.

Para darmos uma idéia das condições dos rios da bacia do Piracicaba vamos recorrer à uma figura que mostra como os rios encontram-se enquadrados de acordo com o Decreto Estadual 10.755/77. Esse enquadramento prevê que os rios

sejam classificados em 4 classes distintas de acordo com algumas características físico-químicas e biológicas. Os principais parâmetros avaliados são: o oxigênio dissolvido (OD), a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e o número de coliformes fecais (CF) e totais (CT). A classe 1 é a melhor e a classe 4 a pior em termos de qualidade de água.

- Classe 1 – água destinada ao abastecimento doméstico sem tratamento prévio ou com simples desinfecção. Não são tolerados lançamentos de efluentes.
- Classe 2 – água destinada ao abastecimento doméstico após tratamento convencional, irrigação e recreação. OD > 5 mg/L; DBO < 5 mg/L; CT < 5.000/100mL; CF < 1.000/100mL.
- Classe 3 – água destinada ao abastecimento doméstico após tratamento convencional. OD > 4 mg/L; DBO < 10 mg/L; CT < 20.000/100mL; CF < 4.000/100 mL.
- Classe 4 – água destinada ao abastecimento doméstico após tratamento avançado. OD > 0.5 mg/L.

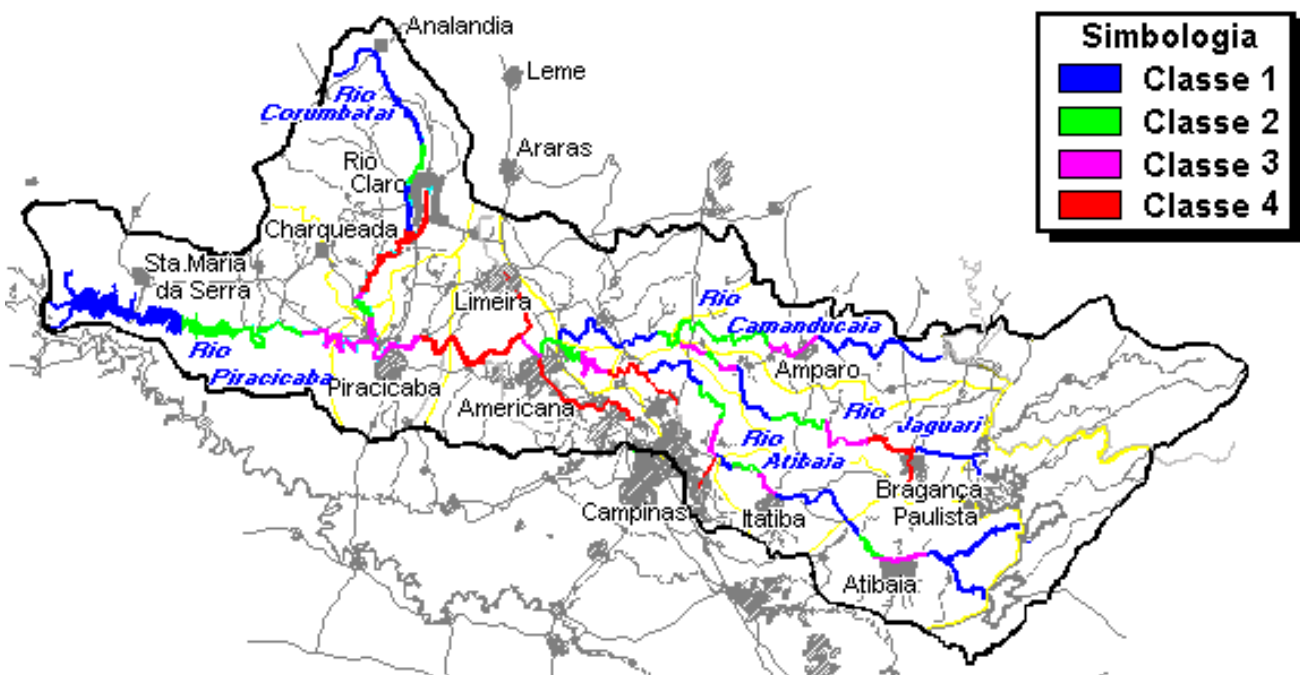


Figura 21. Classificação dos rios da bacia em 4 classes de uso no ano de 1990.

Nota-se na Figura 21 que são poucos os rios enquadrados na classe 1 (azul). Os trechos de rios pertencentes à essa classe de uso encontram-se principalmente nas

regiões das nascentes dos rios Atibaia, Jaguari, Camanducaia e Corumbataí. A maior parte do rio Piracicaba encontra-se classificado nas classes 3 e 4. Atualmente sabemos que nem na classe 4 alguns trechos do rio Piracicaba podem ser enquadrados, pois, a concentração de oxigênio dissolvido é menor que 0.5 mg/L.

Portanto, não é difícil concluirmos que as condições dos rios da bacia do Piracicaba não são das melhores. O fato dos rios encontrarem-se nessa situação causa vários problemas: dificuldade no tratamento para abastecimento público, veiculação de várias doenças, perda na biodiversidade e perda da identidade cultural e visual de algumas regiões.

Sem dúvida nenhuma os problemas ambientais que a bacia do rio Piracicaba enfrenta são extremamente complexos. No entanto, o principal deles parece ser a falta de tratamento dos esgotos domésticos e em menor proporção dos efluentes industriais. Esse fato não é uma exclusividade da bacia do Piracicaba, pelo contrário, a falta de saneamento básico é um problema de todo o país. A situação é mais grave na bacia do rio Piracicaba devido ao elevado número de habitantes e também o é em qualquer região populosa do país. O nosso papel é muito importante se quisermos reverter esse quadro. Não adianta cobrar ações dos nossos governantes se não fizermos nossa parte. Obviamente temos que continuar pressionando e alertando as autoridades competentes sobre os problemas que temos e a urgência em resolvê-los. Contudo, precisamos também fazer a nossa parte. Em primeiro lugar tomando consciência dos nossos problemas ambientais e auxiliar na conscientização do maior número de pessoas possíveis. É a chamada “educação ambiental”. A segunda parte é tomarmos ações concretas para melhorarmos o quadro triste que temos hoje. As sugestões abaixo, retiradas do informativo Senac Alerta – Por uma cidade sem sede, parecem óbvias, mas na maioria das vezes não são seguidas.

➤ Não desperdiçar água. Alguns dados e conselhos:

Lavar o carro com esguicho: consumo de 600 litros

Lavar o carro com balde: 40 litros

Tome banhos rápidos e feche a torneira para se ensaboar ou enquanto faz a barba ou escova os dentes

Controle os vazamentos de água da sua casa

➤ Não jogar qualquer tipo de lixo no rio.

Tempo de decomposição de alguns materiais:

Papel - 3 a 6 meses

Plástico - > 100 anos

Borracha - tempo indeterminado

- Exigir das autoridades uma ação contundente em relação ao meio ambiente, principalmente em épocas de eleição, quando os ouvidos dos políticos estão mais atentos.