

6. A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ANÁLISE E REALIDADE DE INTEGRAÇÃO DISCIPLINAR

*Francisco A. R. Barbosa
João Antônio de Paula
Roberto L. de M. Monte-Mór*

Para o grupo que elaborou o projeto que deu origem ao Programa que se está sintetizando aqui, o grande desafio foi construir metodologia que permitisse a interação entre as disciplinas mobilizadas. Nesse esforço, o principal elemento, o instrumento viabilizador da interação, da articulação de perspectiva, foi o uso que fizemos da realidade e das possibilidades analíticas do conceito de Bacia Hidrográfica.

UM CONCEITO DE BACIA HIDROGRÁFICA

Inicialmente, os esforços para aprimorar o manejo dos recursos naturais enfocavam, via de regra, grandes projetos: desenvolvimento industrial, infra-estrutura, irrigação. Esses tipos de atividades têm a característica de originar problemas ambientais bem definidos. Em muitos casos, porém, principalmente nos países em desenvolvimento, o efeito cumulativo de milhares, ou milhões, de *micro-decisionmakers* acarreta problemas ambientais tão sérios quanto os decorrentes de grandes empreendimentos.

Tradicionalmente, os esforços de proteção do meio ambiente se deram no sentido de mitigar os impactos de grandes projetos. Tem sido mais complicado, no entanto, influenciar e atuar sobre o usuário de recursos naturais em pequena escala.

Um abordagem nova e mais abrangente se faz necessária. Esta deverá utilizar análises e formas de gerenciamento de caráter “multinível” para dar conta das consequências tanto dos impactos de grandes projetos de desenvolvimento quanto dos usuários individuais.

BACIAS COMO SISTEMAS INTEGRADOS

O termo “bacia hidrográfica” refere-se literalmente a “divisor de águas”. Essa definição é utilizada, portanto, no sentido de instrumentalizar a identificação de uma área geográfica bem delimitada pela hidrografia, onde as questões ambientais se interpenetram. Aqui, entretanto, ao utilizar o conceito de bacia, estaremos nos referindo a uma unidade espacial menor do que uma bacia hidrográfica em sua acepção geográfica. Dessa forma, podemos dizer que “bacias” são sistemas terrestres e aquáticos geograficamente definidos, compostos por sistemas físicos, econômicos e sociais.

Muitos problemas ambientais são resultado do que se pode chamar de “tirania das pequenas decisões”. Os efeitos negativos advêm das tentativas de intocáveis indivíduos usarem e manusearem os recursos (naturais) disponíveis no sentido da maximização do seu bem-estar.

Nesse caso, pode ser errôneo analisar o problema atomisticamente, na própria base do usuário individual. Um nível maior de agregação torna-se necessário, mas um nível que tenha uma escala menor que dimensões quase nacionais. Assim, uma “bacia” tem considerável mérito enquanto unidade física e econômica de análise. Dada a interação entre topografia e “atração”, a maioria dos efeitos físicos de relevância e das interações de ecossistemas estão presentes dentro de um sistema definido por um “divisor de águas”. Isso, no entanto, deve ser analisado com cuidado. Pensou-se, num primeiro momento, que “bacias”, enquanto unidades de planejamento, incluíam a maioria das relações causa-efeito de peso e que a análise econômica dessas unidades englobaria muitas dessas interações dentro de um marco teórico capaz de dar conta da questão do gerenciamento dos recursos naturais. No entanto, essa visão é incompleta. Ações ou políticas externas às “bacias” (políticas de preços, por exemplo) podem ter efeitos importantes dentro de um sistema definido nestas e uma análise econômica, mesmo que incorpore a questão do bem-estar social, pode captar apenas uma parte das interações relevantes dentro do sistema.

O gerenciamento apropriado requer, assim, que as bacias sejam consideradas como sistemas “multiníveis” que incluem água, solo e componentes sócio-políticos internos e externos. Dessa forma, uma “bacia” característica seria a sobreposição de sistemas naturais e sociais. O sistema natural estaria definido nas bases aquáticas e terrestres (fauna, flora, recursos aquáticos e minerais). O sistema social determinará como essas bases serão utilizadas. Políticas governamentais enquanto uma extensão da organização social e institucional influenciam padrões locais de utilização dos recursos naturais.

Ambientes aquáticos constituem corpos receptores de todas as formas de esgoto das atividades humanas, o que resulta em sua rápida e contínua degradação. Apesar disso, vários desses ecossistemas mantêm uma rica biota natural, numa clara demonstração de sua resiliência. Contudo, conforme salientado por Moyle & Leidy (1992), a

demanda crescente pelos recursos aquáticos causada pelo crescimento populacional contínuo, urbanização, industrialização e irrigação certamente resultará na diminuição da qualidade dos biomas aquáticos. A perda da diversidade registrada nos ecossistemas de água doce começa a se estender para os oceanos, particularmente nas áreas costeiras mais rasas, uma vez que a capacidade dos ambientes aquáticos de absorver os impactos (tamponamento) está sendo rapidamente perdida.

A grande diversidade biológica da maioria dos ecossistemas aquáticos, principalmente aqueles de água doce, constitui outra razão para sua conservação. Considerando-se que a Terra é coberta por 2/3 de água e que a profundidade média dos oceanos é de aproximadamente 4.000 metros, é razoável supor que a maioria das espécies aquáticas seria encontrada em mar aberto. Entretanto, isso não é verdade, pois as águas oceânicas são habitats relativamente uniformes, com baixa produtividade e contendo poucas espécies. A maioria da diversidade biológica aquática está distribuída na plataforma continental, em recifes de coral e na água doce. Assim, 41% dos peixes existentes são exclusivos da água doce, 1% vive entre oceanos e água doce, 44% são espécies marinhas de águas rasas, 12% são espécies de águas oceânicas profundas e apenas 1% são espécies de mar aberto (Cohen, 1970).

A diversidade de peixes nas águas marinhas rasas e na água doce é resultante dos mesmos processos evolutivos responsáveis pela alta diversidade dos habitats terrestres: especiação, seguindo eventos como movimentos orogênicos que isolaram áreas ou flutuações do nível do mar, que formaram baías isoladas. Considerando que a água doce cobre apenas 1% dos continentes e que a plataforma continental abrange uma área inferior a 10% destes, a diversidade de espécies aquáticas é surpreendentemente alta.

Em termos gerais, os ecossistemas aquáticos têm maior número de taxas mais elevados (famílias, ordens, *phyla*) do que os ecossistemas terrestres, existindo, segundo Ray (1988), aproximadamente duas vezes mais *phyla* nos oceanos do que nos ecossistemas terrestres. Por outro lado, os habitats terrestres possuem maior riqueza de espécies do que os aquáticos, principalmente devido à grande diversidade de insetos e plantas com flores.

Essa grande biodiversidade aquática está contudo seriamente ameaçada, tendo como uma das causas principais o crescimento exponencial das populações humanas e o conjunto de suas atividades, resultando nos mais diversos impactos para os ambientes aquáticos. Para Moyle & Leidy (1992), as principais causas da perda da diversidade biótica nos ecossistemas aquáticos podem ser divididas em cinco categorias:

- usos da água através de ações como barramentos, canalização, irrigação, controle de inundação, consumo doméstico e industrial, provocando competição com a biota;
- alterações dos habitats: canalização, represas e barragens, assoreamento, degradação de áreas alagáveis;
- poluição: fontes puntuais, esgotos domésticos e industriais, poluentes agrícolas, chuva ácida;
- introdução de espécies exóticas;
- exploração comercial de recursos.

A manutenção da biodiversidade aquática constitui portanto uma das razões básicas para a conservação, uma vez que a flora e a fauna têm um papel fundamental na sustentabilidade dos ambientes aquáticos e constituem uma fonte imprescindível de alimentos.

Segundo Tundisi & Barbosa (1995), a razão primordial para a conservação dos ecossistemas aquáticos é o fato de a água doce ser um recurso limitado, passível de ser aumentado até o momento apenas através do processo de dessalinização, de custo muito elevado. Assim, embora cobrindo 71% da superfície da Terra, 94% de toda a água encontram-se nos oceanos e portanto não prontamente utilizáveis para as necessidades humanas; dos 6% de água doce, 27% formam as calotas polares, 72% é água subterrânea, restando 1% formando rios, lagos, atmosfera, que pode ser prontamente utilizada. Considerando o aumento da demanda para garantir o crescimento populacional e tecnológico (demofórico), o qual por sua vez resulta no aumento de esgotos e degradação, a conclusão óbvia é que esse recurso é limitado, tornando necessária a implementação de medidas de conservação e recuperação dos recursos disponíveis.

Tal necessidade é reforçada quando se considera que o consumo mundial de água dobrou entre 1940-1980 e deverá dobrar novamente até o ano 2000. Segundo dados da United Nations Environmental Programme-UNEP (1991/92), 40% da população mundial (80 países) já sofrem de sérias limitações de água, dividindo bacias comuns nas quais competição e conflito têm sido freqüentes.

Outra razão para a conservação de ecossistemas aquáticos segundo Tundisi & Barbosa (1995) é o custo de tratamento para garantir o suprimento de água potável: US\$ 2,00 para tratar 1000m³ de água de boa qualidade contra US\$ 8,00 para tratar o mesmo volume de águas degradadas. Acrescente-se o fato de que os custos para recuperação são muito maiores do que os custos com preservação e conservação.

O aumento de doenças de veiculação hídrica, particularmente nos trópicos (schistosomose, cólera, malária etc.) constitui outra razão para tornar uma prioridade a conservação de recursos hídricos. A esse respeito, Tundisi (1990) chama a atenção para as relações entre a expansão geográfica de doenças tropicais, a construção de reservatórios, a consequente migração de populações e a deterioração da qualidade da água.

Considerando todos esses fatores, fica evidente que o recurso água é um recurso finito e que qualquer ação no sentido de sua utilização sustentável tem que considerar a conservação dos ecossistemas aquáticos.

Até a introdução do conceito de carga por Volleweider (1968), os ecossistemas aquáticos eram vistos como sistemas isolados na paisagem, mantendo pequena interação com o seu entorno. Com o novo conceito, problemas como eutrofização, contaminação e poluição em geral passaram a ser vistos com tendo suas origens/causas freqüentemente fora do ambiente aquático, mostrando neste as consequências das ações antrópicas na bacia. Em consequência, novos problemas conceituais passaram a ser discutidos, evidenciando a necessidade de uma abordagem integrada que considere não

apenas os aspectos biogeográficos mas também aqueles sócio-econômicos e o papel que os mesmos desempenham na definição da qualidade da água e na deterioração dos ecossistemas aquáticos. Essa visão introduziu também novas escalas de espaços e tempos e novos conceitos de atividades interdisciplinares.

Tais idéias provocaram uma mudança no antigo paradigma de Forbes — o lago como um microsistema (Forbes, 1887) —, como ressaltado por Rigler & Peters (1995), resultando num conceito mais integrativo, segundo o qual a bacia da drenagem e as inter-relações bacia/corpo d'água têm um papel fundamental. Assim, a bacia de drenagem e o conjunto de processos que nela atuam constituem a unidade de estudo, um novo paradigma para a limnologia, na medida em que se constata que as ações visando à conservação devem considerar o conjunto das atividades em toda a bacia de drenagem e não apenas aquelas restritas ao corpo d'água.

Considerando as limitações das teorias anteriormente descritas e suas possibilidades de aplicação para a conservação de ecossistemas aquáticos, Barbosa (1994) propõe que três conjuntos de atividades sejam considerados como elementos fundamentais para a definição de políticas e programas de conservação de ecossistemas aquáticos:

- a bacia de drenagem e o conjunto de inter-relações dos fatores físicos e bióticos devem ser tomados como unidade de estudo, para a qual as intervenções devem ser planejadas;
- os usos da água na bacia, dentre os quais o abastecimento público, a manutenção da vida silvestre, o atendimento às necessidades da agricultura, indústria, pecuária e atividades de lazer e recreação, devem ser priorizados, considerando-se as especificidades regionais;
- os aspectos sócio-econômicos devem ser incluídos nos programas de conservação e manejo, considerando que a melhoria da qualidade de vida das populações humanas deve ser a principal meta, sem desconsiderar, porém, que essa qualidade de vida será tanto maior quanto menor for a degradação dos recursos naturais.

Uma mudança significativa decorrente desse novo paradigma para a limnologia é a necessidade de conceitos e ações interdisciplinares, segundo os quais a limnologia deve continuar desempenhando um papel fundamental na conservação e recuperação dos ecossistemas aquáticos, incorporando, porém, as contribuições de áreas novas, como por exemplo, a Engenharia Ecológica e Sócio-Economia Ambiental, de forma a promover ações integradas e a utilização de ecotecnologias que considerem as ações antrópicas e seus impactos na bacia de drenagem como um todo e para onde as ações corretivas e/ou preventivas devem ser definidas, de modo a permitir a utilização sustentável dos recursos existentes.

O novo paradigma da bacia de drenagem como unidade de conservação impõe nova concepção no treinamento e formação pessoal: os currículos e o sistema de ensino devem ser orientados no sentido de solucionar problemas práticos urgentes, para o que uma abordagem interdisciplinar teórica e prática é fundamental, como sugerido por Tundisi & Barbosa (1995).

O RIO COMO TESTEMUNHO-SÍNTSE

Escolhida a área da pesquisa de campo — a bacia do rio Piracicaba e suas extensões próximas —, foi fundamental para efeito de operacionalização do projeto encontrar, dentro da infinidade de aspectos constituintes da realidade ambiental, aquele que fosse capaz de sintetizá-lo e ao mesmo tempo permitisse a convergência das disciplinas e métodos necessários à sua compreensão.

Tratava-se, nesse sentido, de encontrar um objeto que fosse abrangente e sistêmico o suficiente que permitisse que se o compreendesse em sua totalidade e que se prestasse a ser testemunho da realidade ambiental como um todo. Para tanto, escolheram-se 13 pontos amostrais no Rio Piracicaba e seus afluentes e sete pontos amostrais no Rio Doce, como áreas-experimentos-testemunhos da realidade ambiental da bacia do Rio Piracicaba e suas extensões próximas. Nesses pontos, durante dois anos e meio, em períodos secos e chuvosos, foram coletadas amostras para mensurações de variáveis físico-químicas e bióticas. A esses dados foram acrescentadas informações referentes à biodiversidade faunística e florística terrestre e informações sócio-econômico-político-culturais mediante pesquisas de campo e levantamento de dados secundários quando pertinentes.

A articulação desses dados numa metodologia coerente é o grande desafio que se enfrenta neste projeto. Uma dificuldade inicial refere-se à diversidade da escala das informações e a heterogeneidade das fontes e recortes espaciais. Buscou-se responder a esta mediante a montagem de base de dados e base cartográfica calibrados para atender a diversos tipos de escalas e níveis de agregação.

Na verdade, tomar o rio como testemunho, como síntese, é abrir-se para a multiplicidade dos seus papéis e registros. São vários os rios, como são várias as formas de sua apropriação simbólica e material:

- a. O rio dos viajantes — a visão do estrangeiro; dos viajantes que o percorrem no século XIX;
- b. O rio do antropólogo — a visão e o imaginário das populações ribeirinhas sobre o rio;
- c. O rio da literatura — o rio apropriado pela ficção e pela poesia;
- d. O rio do geógrafo — o rio e sua região; o rio e sua bacia de drenagem;
- e. O rio do historiador — o rio e as transformações de seus usos e perspectivas ao longo do tempo;
- f. O rio do economista — o papel econômico do rio; seus potenciais como meio de transporte (inclusive de dejetos), fonte de energia, fonte de alimentos, supridor de água;
- g. O rio do hidrólogo e do biólogo — as características físico-químicas e a realidade biótica do rio;
- h. O rio legal — legislação, políticas e fiscalização de seus usos;
- i. O rio da população — espaço de lazer, trabalho, fonte de alimento, meio de transporte;

- j. O rio do arqueólogo — as escavações dos depósitos produzidos pelas ações do rio, datações e inventário de utensílios e modos de trabalho e vida do passado;
- k. O rio possível — políticas e medidas capazes de melhorar a qualidade do rio e a qualidade de vida;
- l. O rio-síntese — o rio como registro do passado e do presente e como indicador da qualidade de vida e da biodiversidade.

O Rio Piracicaba foi — e ainda é — o principal elemento organizador do espaço social na região. Ao longo de sua bacia implantou-se a Estrada de Ferro Vitória-Minas, que se estendeu serra acima em busca dos minérios até interligar-se, recentemente, à bacia do Rio das Velhas. À ferrovia seguiram-se as concentrações urbano-industriais, assim como as principais rodovias e áreas massivas de reflorestamento com a monocultura de eucaliptos. O rio e alguns de seus principais afluentes — os rios Conceição, Santa Bárbara, Peixe, Prata, Severo, entre outros — condicionam a malha rodo-ferroviária e as principais atividades humanas naquela bacia.

A análise das águas do Rio Piracicaba e seus afluentes nos permite assim desconstruir e reconstituir as relações entre as atividades antrópicas e o meio ambiente natural. A análise físico-química nos fornece uma visão estática, um retrato momentâneo da drenagem da sua bacia, expressa em índices e medidas de elementos físico-químicos em suas águas. A análise da biodiversidade encontrada em suas águas nos permite identificar processos mais permanentes, na medida em que a sobrevivência e/ou o desenvolvimento de certos organismos vivos refletem as condições ambientais presentes no seu leito em períodos mais dilatados.

As Sub-bacias e os Pontos Amostrais

Escolhido o foco dos nossos estudos, era preciso definir a metodologia específica para atingir o objetivo central da pesquisa: medir os impactos antrópicos na bacia do Rio Piracicaba, estudar as atuais condições de biodiversidade ao longo do rio, buscando relacioná-las com os impactos causados pelas atividades antrópicas na bacia. Em última instância, buscava-se relacionar a qualidade da vida animal e vegetal nos rios com a qualidade da vida humana no conjunto da bacia.

Optou-se por identificar as sub-bacias para o estudo das atividades antrópicas e definir pontos para coleta de água para análise da biodiversidade no(s) rio(s). Partimos da pré-definição de 15 pontos que refletissem as principais atividades antrópicas ambientalmente impactantes na bacia do Piracicaba, com efeitos diretos sobre a água dos rios, quais sejam: a mineração de ferro, manganês, ouro e outros minerais; o garimpo de ouro e pedras preciosas; a siderurgia, de grande, médio e pequeno porte; a indústria de celulose; o reflorestamento com a monocultura de eucaliptos com matas homogêneas de eucalipto; a agropecuária de pequeno porte; as concentrações urbanas, com ênfase na disposição dos esgotos e lixo.

FIGURA 6.1
PONTOS DE COLETA



TOPONÍMIA*, LOCALIZAÇÃO E IMPACTOS POTENCIAIS NOS PONTOS AMOSTRAIS

Ponto 1 (*Caraça*)

unidade de conservação

Ponto 2 *Santa Rita* (alto Piracicaba)

mineração e garimpo de ouro

Ponto 3 *Barão* (Rio Barão de Cocais)

- siderúrgica (Cosíguia)

- urbano (Barão de Cocais)

Ponto 4 *Santa Bárbara* (montante da represa de Peti)

- urbano (Santa Bárbara)

- mineração e garimpo de ouro

Ponto 5 *São Gonçalo* (a jusante da represa de Peti)

- mineração (areia)

Ponto 6a *Rio Piracicaba* (a montante de João Monlevade)

- caso-controle (urbano, mineração e garimpo de ouro, antes da Usina Siderúrgica da Belgo-Mineira)

* Os grifos referem-se ao nome dos pontos

Ponto 6 João Monlevade (a jusante de João Monlevade)

- urbano/industrial (João Monlevade)

Ponto 7 Rio do Peixe (próximo à confluência com o Rio Piracicaba)

- urbano/mineração (Itabira e Nova Era) e garimpo de pedras preciosas (Nova Era)

Ponto 7a Drummond (Rio Piracicaba)

- caso controle (antes do encachoeiramento)

Ponto 8 Severo (Ribeirão Severo)

- reflorestamento com a monocultura de eucaliptos/agropecuária

Ponto 9a Cachoeira do Vale (Rio Piracicaba)

- caso-controle (efeito encachoeiramento, antes do Vale do Aço)

Ponto 9 Porto do Bote (a jusante de Timóteo e Coronel Fabriciano)

- urbano/industrial (Acesita)

Ponto 10 Cariru (à jusante da USIMINAS)

- urbano (Ipatinga) industrial (Usiminas)

Ponto 10a Ipanema (Ribeirão Ipanema)

- urbano (esgoto de Ipatinga)

Ponto 11c Rio Casca (Rio Doce)

- caso-controle (efeito do PERD), agricultura e pecuária

Ponto 11b Revés do Belém (Rio Doce no PERD)

- depuração do PERD, monocultura de eucaliptos

Ponto 11a Porto de Areia (Rio Doce após a confluência com o Rio Piracicaba e Ribeirão Ipanema)

- urbano/industrial (Ribeirão Ipanema + Rio Piracicaba)

- efeito diluidor do Rio Doce

Ponto 12 Cenibra (a montante da Cenibra)

- urbano (Ipaba)

- caso-controle

Ponto 13 Cenibra (a jusante da Cenibra)

- industrial (Cenibra)

Ponto 14 Cachoeira Escura (a jusante da Cachoeira Escura)

- capacidade depuradora da cachoeira

CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA*

I= Indústria U= Urbano M= Mineração G= Garimpo

R= Reflorestamento com a monocultura de eucaliptos com Monocultura de Eucalipto

A= Agropecuária C= Unidade de Conservação D= Depuração

Ponto 1

C1 (unidade de conservação)

* O número posterior à letra refere-se ao número do ponto.

Ponto 2 $G_2 + M_2$ (Samarco e Samitri)**Ponto 3** U_3 (Barão de Cocais) + I_3 (Cosíguia)**Ponto 4** U_4 (Santa Bárbara) + M_4 + Σ_1 + Σ_3 **Ponto 5** $M_5 + \Sigma_4 - D_5$ (barragem de Peti)**Ponto 6A** U_6 (Rio Piracicaba) + G_6 + Σ_2 **Ponto 6** $I_6 + U_6 + \Sigma_{6a} - D_6$ (barragem de João Monlevade)**Ponto 7** U_7 (Itabira) + M_7 (parte da Companhia Vale do Rio Doce)**Ponto 7a** $G_{7a} + U_{7a}$ (Nova Era, São Domingos do Prata e Bela Vista de Minas) + $\Sigma_5 + \Sigma_6 + \Sigma_7$ **Ponto 8** $R_8 + A_8$ **Ponto 9a** U_{9a} (Antônio Dias, Jaguaraçu e Marliéria) + $\Sigma_{7a} + \Sigma_8 - D_{9a}$ (encachoeiramento e represa)**Ponto 9** U_9 (Timóteo) + I_9 (Acesita) + U_9 (lixão e parte da área urbana de Coronel Fabriciano) + Σ_{9a} **Ponto 10** U_{10} (Coronel Fabriciano e parte de Ipatinga) + I_{10} (Usiminas) + Σ_9 **Ponto 10a** U_{10} (Ipatinga)**Ponto 11c** Σ_{11} (Σ Rio Doce)**Ponto 11b** U_{11b} (Bom Jesus do Galho, Entre Folhas, Córrego Novo) + $\Sigma_{11c} - D_{11b}$ (PERD)**Ponto 11a** $\Sigma_{10A} + \Sigma_{10} + \Sigma_{11b}$ **Ponto 12** U_{12} (Ipaba) + Σ_{11a} **Ponto 13** I_{13} (Cenibra) + U_{13} (Santana do Paraíso) + Σ_{12} **Ponto 14** $\Sigma_{13} - D_{14}$ (Cachoeira Escura)

Posteriormente às primeiras medições e em função do avanço dos estudos antrópicos nas sub-bacias, foram incluídos outros cinco pontos para controle e melhor comparação entre os pontos iniciais, de modo a incluir aspectos adicionais, tais como: medição das condições do Piracicaba antes de receber os esgotos industriais e urbanos da cidade de João Monlevade e da Cia. Siderúrgica Belgo-Mineira; medição no Rio Piracicaba após receber seus principais afluentes (Santa Bárbara, Peixe e Prata) e antes de descer a serra em direção à planície, quando o efeito de oxigenação provocado pelas quedas de altitude promove recuperação natural da qualidade da água; medição antes de receber o esgoto industrial e urbano do Vale do Aço; medição no Rio Doce, antes do Parque Estadual do Rio Doce, de modo a tentar-se determinar o “efeito Parque”; medição na foz do Ribeirão Ipanema, cuja microbacia contém integralmente o município mais populoso da região, Ipatinga (excluindo o esgoto da Usiminas, lançado diretamente no Piracicaba).

Os 20 pontos amostrais resultantes estão localizados na Figura 6.1 e descritos em suas grandes características no quadro. A coleta de material para análise físico-química e biológica vem sendo feita em cada ponto nos períodos de chuvas e de seca (iniciada em julho de 1993, até dezembro de 1995; no caso dos cinco pontos adicionados, foram feitas apenas duas coletas em 1995). O material coletado engloba aspectos físico-químicos e da biodiversidade, sendo medidas as seguintes variáveis:

1. Físico-químicas:

temperatura da água; oxigênio dissolvido; pH; alcalinidade total; condutividade elétrica; sílica solúvel “reativa”; amônia; nitrito; nitrato; nitrogênio total; orto-fosfato; fósforo total; metais pesados; granulometria; teor de matéria orgânica e cinzas; clorofila-a.

2. Biológicas:

Fitoplâncton: número de *taxa*; densidade; composição em espécies; riqueza e diversidade de espécies.

Zooplâncton: número de *taxa*; densidade; composição em espécies; riqueza e diversidade de espécies.

Benton: número de *taxa*; densidade; composição em famílias; riqueza de famílias; EPT; Chironomidae.

Peixes: diversidade; composição em espécie; capturas por unidade de esforço em números e biomassa.

As variáveis medidas foram escolhidas em função do seu significado ecológico, isto é, do que podem informar sobre os processos ecológicos observados no meio aquático estudado. Considera-se que as variáveis físico-químicas determinam, em última instância, as condições dos diversos habitats onde a vida aquática se desenvolve. Essas condições são alteradas, entretanto, pelas próprias atividades da biota, isto é, pela interação entre os organismos vivos e as condições específicas dos habitats. O objetivo é conhecer e caracterizar os ambientes aquáticos amostrados do ponto de vista físico-químico para que se possa interpretar a estrutura e funcionamento das comunidades em estudo.

Além das variáveis medidas em cada ponto amostral, estão sendo utilizados dados de vazão existentes na literatura técnica especializada e em outros estudos, e a altitude, medida localmente com altímetro de precisão.

Quanto aos aspectos sócio-econômicos, buscou-se uma abordagem que evitasse um amplo diagnóstico tradicional de economia e/ou planejamento regional. Trata-se de compreender aspectos locacionais e organizacionais das principais atividades desenvolvidas na bacia em função de seus impactos ambientais sobre os rios. Para tanto, identificamos as áreas de estudo onde os levantamentos locais e regionais deveriam concentrar-se: indústria; mineração; agropecuária e reflorestamento com a monocultura de eucaliptos; estruturação espacial e urbana; políticas públicas, cultura e organização social. Os estudos nessas áreas envolvem os aspectos históricos de formação e organização do espaço regional e urbano e um cuidadoso levantamento de dados secundários disponíveis, entrevistas com representantes das instituições públicas, empresariais e comunitárias atuantes na bacia, além de observações diretas em campo.

Uma série de aspectos ligados à metodologia interdisciplinar e à organização dos dados disponíveis colocaram enormes dificuldades e desafios ao trabalho. Em primeiro lugar, a interdisciplinaridade metodológica exige um esforço especial de integração de objetivos, linguagens, métodos de trabalho e de conhecimento das subáreas no sentido de se construir uma abordagem-síntese comum. Essa é uma tarefa permanente, cujo desenvolvimento exige um esforço de médio prazo, se pretende chegar a resultados satisfatórios.

Em segundo lugar, como nosso espaço referencial, nosso território e escala de trabalho são as micro- e sub-bacias da região, a organização dos dados sócio-econômicos disponíveis torna-se difícil e trabalhosa, visto que os dados estão organizados por municípios, microrregiões homogêneas, macrorregiões planejadas para estados como um todo. Assim, apenas por meio de observações de campo e da utilização de informações adicionais (municipais, da Sucam, atual FNS), pode-se reorganizar o espaço ocupado segundo categorias espaciais ainda não-oficiais ou inexistentes (no caso, as bacias hidrográficas).

Para integração analítico-metodológica, dividimos a bacia do Rio Piracicaba em seis outras sub-bacias: Santa Bárbara/Conceição; Alto Piracicaba; Peixe; Médio Piracicaba (englobando o Prata e Severo); Baixo Piracicaba; Médio Doce. Ainda que a utilização das sub-bacias cumpra o papel de referenciar o trabalho a nível microrregional, para a aplicação da metodologia conjunta tornou-se necessário pensar em sub-bacias menores, correspondentes aos pontos de coleta (individualmente ou em conjunto), exigindo dessa forma um detalhamento maior. Buscou-se, então, identificar os principais elementos impactantes sobre — e potencialmente expressos em — cada ponto amostral, de forma a se proceder a uma análise comparativa do conjunto do rio.

Assim, os pontos estão sendo analisados segundo suas características naturais e antrópicas (de sua bacia), buscando-se identificar e medir os aspectos principais das duas abordagens: das ciências sociais e biológicas. O quadro sistematiza alguns aspectos principais a serem considerados quando da análise dos resultados das análises físico-químicas e biológicas em cada ponto.

A articulação das duas abordagens — sócio-econômica e biológica — surge quando correlações e causalidades podem ser identificadas, somando-se num diagnóstico ambiental mais agudo, tanto no balizamento das medições dos biólogos quanto nas conclusões sobre as possíveis diversas causas e impactos das atividades antrópicas nas condições ambientais e na qualidade de vida no rio.

Paralelamente, estudos disciplinares que dialogam com a problemática ambiental vêm sendo desenvolvidos nas áreas da economia, demografia, urbanismo e saneamento, estudos regionais sobre políticas públicas e história. Esses estudos também vêm contribuir diferenciadamente para a espacialização dos dados e informações, para a quantificação e qualificação de processos e na construção de índices referenciais que, utilizando cartografia geo-referenciada, alimentem a metodologia analítica centrada nos pontos amostrais e nas bacias hidrográficas.

