



8. CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS



8.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL

Como linha geral, os trabalhos do Diagnóstico de Situação dos Recursos Hídricos disponibilizados no Relatório de Situação 2002/2003 conduziram ao levantamento das disponibilidades e demandas hídricas das bacias em estudo.

O **Quadro 66** apresenta os parâmetros fisiográficos das bacias do PCJ.

Quadro 66 - Parâmetros fisiográficos das bacias PCJ

Bacia	Área (km²)	Extensão do rio principal (km)	Índice de forma	Coefficiente de compactidade
Total Piracicaba	12.568	250	0,181	1,47
Total Jundiaí	1.114	110	0,150	1,31
Total Capivari	1.621	85	0,160	1,32

Fonte: Relatório de Situação 2002/2003

O **Quadro 67** e a **Ilustração 29** apresentam a divisão hidrográfica utilizada pelo Relatório de Situação 2002/2003.

Quadro 67 - Divisão em bacias hidrográficas

Bacia	Área de drenagem (km²)
Rio Piracicaba	3.700,79
Rio Jaguari	3.290,00
Rio Atibaia	2.868,74
Rio Camanducaia	1.030,00
Rio Corumbataí	1.679,19
Total Piracicaba	12.568,72
Total Capivari	1.620,92
Total Jundiaí	1.114,03
Total PCJ	15.303,67

Fonte: Relatório de Situação 2002/2003

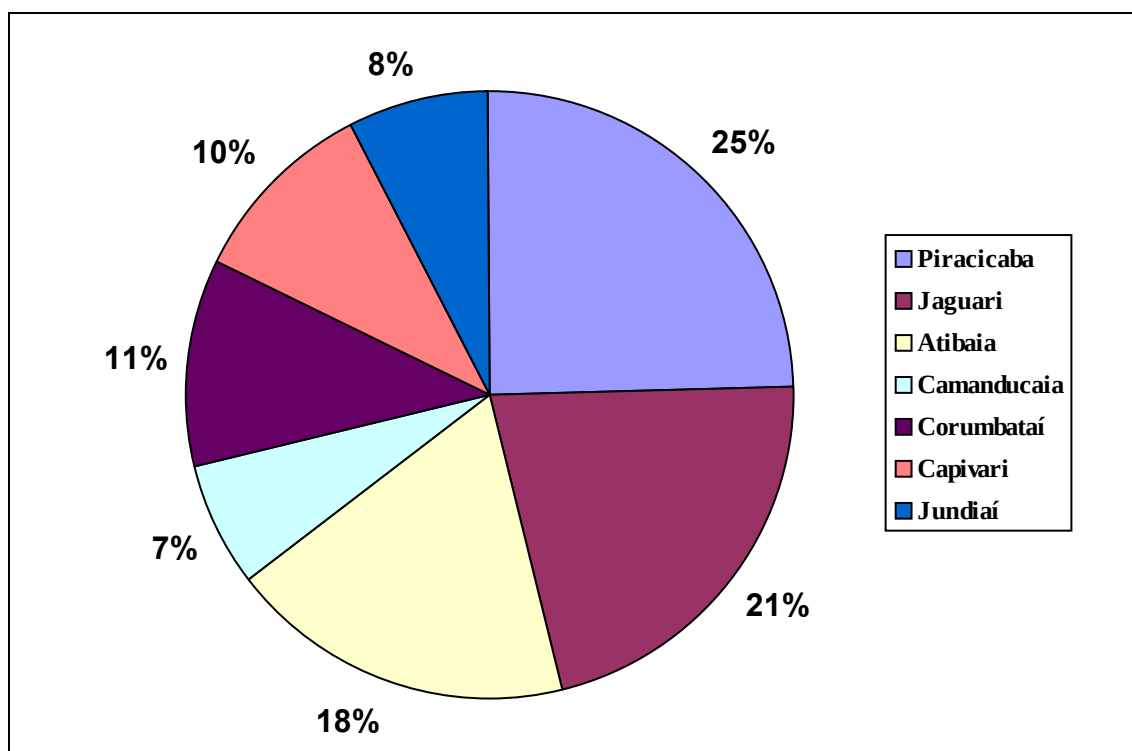


Ilustração 29 - Porcentagem da contribuição em área de cada sub-bacia

Fonte: Relatório de Situação 2002/2003



8.2. Usos CONSUNTIVOS

8.2.1. USOS URBANOS NAS BACIAS PCJ

De acordo com o Relatório de Situação 2002/2003, baseando-se nas informações extraídas dos questionários enviados às prefeituras dos municípios das bacias do PCJ, especificamente referente ao saneamento básico (água e esgoto), foram comparadas as vazões captadas efetivamente (do questionário) com as “outorgadas” junto ao DAEE, destinadas ao abastecimento urbano das concessionárias.

Como critério de análise, adotou-se que as vazões declaradas nos questionários são captadas durante 24 h/dia e 30 dias/mês. Estes dados são utilizados nas análises das demandas e balanços gerais.

Verificou-se que as bacias hidrográficas PCJ apresentam um panorama heterogêneo em termos de abastecimento público. Os sistemas de abrangência local são administrados através das concessões das Prefeituras Municipais e podem ser de Direito Público como os Departamentos Autônomos, e concessões de Direito Privado (Campinas, Jundiaí, Limeira, Holambra e Tuiuti). Além dessas concessões existe ainda a empresa concessionária estadual de abrangência regional, que para o Estado de São Paulo é a SABESP, e para o estado de Minas Gerais é a COPASA (**Ilustração 30 e Ilustração 31**).

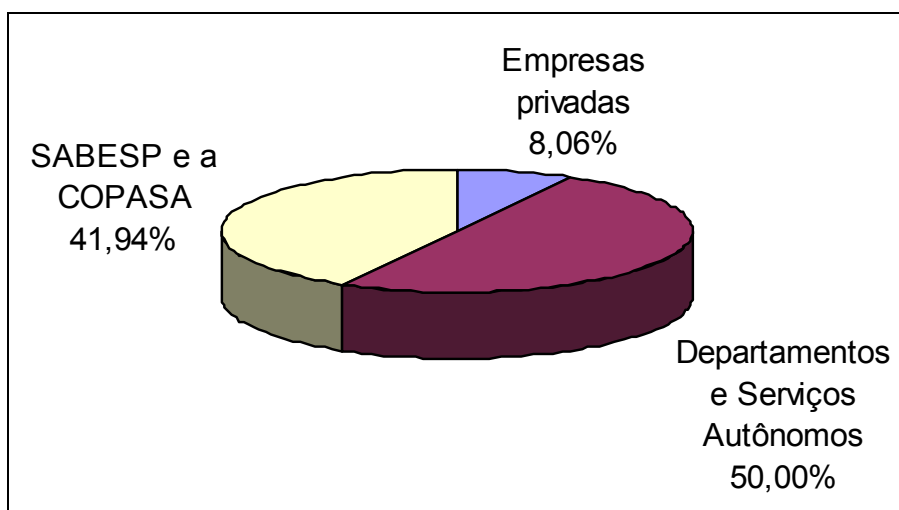


Ilustração 30 - Concessão do abastecimento público (por municípios)

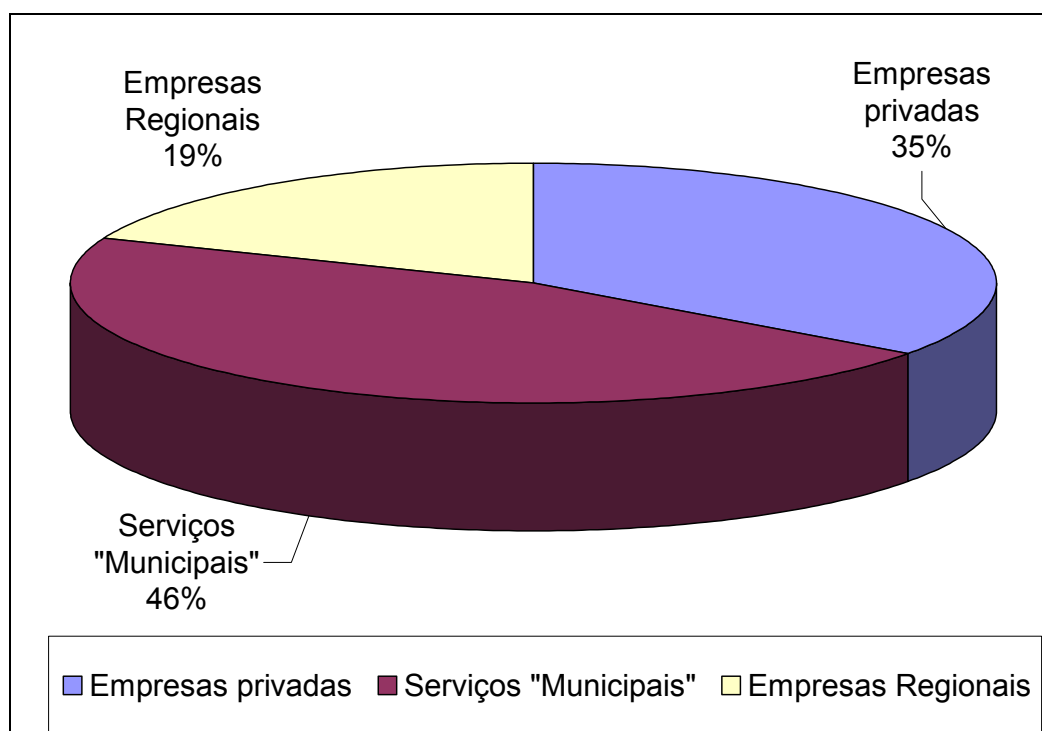


Ilustração 31 - Concessão do abastecimento público (por população)



8.3. Usos NÃO CONSUNTIVOS

Muitos são os critérios utilizados para classificar os tipos de usos dos recursos hídricos. Dentre eles pode-se adotar o critério de usos consuntivos e não consuntivos.

Quanto aos usos consuntivos, estes envolvem as captações para os seguintes usos: industrial, irrigação e outros usos rurais, mineração, abastecimento de água, saneamento urbano e uso comercial.

Quanto aos usos não consuntivos, entende-se como aqueles em que, no aproveitamento do recurso hídrico, não existe consumo, ou seja, entre a derivação e o lançamento de água no rio não há perda, como na geração hidrelétrica, na navegação, na recreação e lazer, nos usos ecológicos, na pesca, na aquicultura, entre outros. Essas atividades, embora não consumam água exigem, muitas vezes, intervenções voltadas à regularização de cursos e vazões dos corpos hídricos e interferem na qualidade das águas em maior ou menor intensidade, dependendo da modalidade de uso. Por sua vez, as atividades de lazer, de recreação e da pesca têm exigências próprias no que concerne à qualidade das águas utilizadas. Poucos são os dados disponíveis sobre esses tipos de usos.

8.3.1. NAVEGAÇÃO

A navegação comercial nas bacias PCJ restringe-se a um trecho de 40 km no compartimento de entrada do reservatório de Barra Bonita pelo rio Piracicaba até o terminal portuário em Santa Maria da Serra, a jusante da SP-191. Este trecho interliga-se à hidrovia Tietê-Paraná, o qual possui aproximadamente 2.400 km de extensão.

Cabe destacar que este terminal movimentou, em 2004, em torno de 138 mil toneladas de soja e farelo. Em anos anteriores, já movimentou significativos volumes de açúcar, milho e trigo.

Um projeto de aproveitamento múltiplo de outro trecho a montante do terminal de Santa Maria da Serra tem sido estudado a fim de se verificar sua viabilidade para



diversos setores da sociedade, mas necessita de maior apoio e articulações entre diversos órgãos para sua implementação. A proposta deste projeto visa a extensão do trecho navegável no rio Piracicaba até a localidade de Ártemis ou próximo à foz do rio Corumbataí. Dependendo da cota definida para o reservatório, o mesmo poderá integrar o município de Piracicaba à hidrovia Tietê - Paraná.

8.3.2. TURISMO, RECREAÇÃO E LAZER

Nas regiões densamente ocupadas, ocorre uma forte pressão da população para o exercício do lazer e recreação, principalmente em contato com a água, seja de origem marinha ou fluvial.

O aproveitamento do rio para lazer tem a vantagem de atender à população carente e a dos municípios mais distantes do litoral marítimo. O que impede a prática do lazer e recreação dos recursos hídricos da bacia em estudo é a qualidade de suas águas, exigindo condições de balneabilidade (Resolução CONAMA 357/05).

No **Quadro 68** encontra-se a relação dos principais reservatórios de água e dos principais rios que constituem o potencial da região de estudo para o desenvolvimento de atividades recreativas, acompanhada da respectiva condição de balneabilidade de suas águas. Para definir as condições de balneabilidade são utilizados os conceitos de “excelente”, “satisfatória” e “regular” para os casos que apresentam condição de balneabilidade; “má”, designando espaços contra-indicados para o contato direto; e “péssima”, para espaços contra-indicados mesmo para atividades como recreação e esportes náuticos.

Há pontos, ao longo das Bacias PCJ em que essas atividades são exercidas, principalmente em alguns trechos dos Rios Piracicaba, Atibaia e Camanducaia.

Embora não haja registros sistemáticos, o reservatório de Barra Bonita é também um pólo de atração de fluxo turístico bastante respeitável, embora exerça pouca influência econômica sobre as bacias PCJ.



Quadro 68 - Condição de Balneabilidade dos Corpos Hídricos

Reservatório	Município	Condição de balneabilidade
Jaguari	Joanópolis/Bragança	Excelente
Atibaia	Atibaia	Excelente
Cachoeira	Atibaia	Excelente
Jaguari	Pedreira	Satisfatória
Salto Grande	Americana/Paulínia	Regular
Tatu	Cosmópolis	Satisfatória
Paramirim	Iracemópolis	Satisfatória
Barra Bonita	Piracicaba/Barra Bonita/Anhembi	Má
Jundiaí	Campo Limpo/Várzea Paulista/Itupeva/Indaiatuba/Salto	Péssima
Capivari	Jundiaí/Louveira/Vinhedo/Campinas/Monte Mor/ Capivari/ Mombuca	Péssima
Atibaia	Atibaia/Itatiba/Valinhos/Campinas/Paulínia/Americana	Satisfatória
Camanducaia	Monte Alegre do Sul/ Amparo/Pedreira /Jaguariúna	Satisfatória
Piracicaba	Limeira/Santa Bárbara D'Oeste/Piracicaba/Águas de São Pedro	Péssima

Fonte: HIDROPLAN

8.3.3. APROVEITAMENTOS HIDRELÉTRICOS

O **Quadro 69** apresenta os principais Aproveitamentos Hidrelétricos na Bacia dos Rios PCJ.

Quadro 69 - Aproveitamentos Hidrelétricos

Aproveitamento	Curso d' água	Município	Concessionária
UHE Atibaia	Atibaia	Atibaia	PM de Atibaia / EE Bragantina
UHE Salto Grande	Atibaia	Campinas	CPFL
UHE Americana	Atibaia	Americana	CPFL
UHE de Feixos(*)	Camanducaia	Amparo	CPFL
UHE Santa Tereza	Camanducaia	Pedreira/Amparo	Brandi
UHE Ester	Pirapitingui	Cosmópolis	Us. Açúcar Ester
UHE Tatu	Ribeirão Pinhal	Limeira	CESP
UHE Geraldo T.	Jaguari	Bragança Paulista	EE Bragantina
UHE Jaguari	Jaguari	Pedreira/ Campinas	CPFL
UHE Macaco Branco	Jaguari	Pedreira	CPFL
UHE Eng. Bernar.	Jaguari	Pedreira	Ind. Nadir Figuer.
UHE Cachoeira(*)	Jaguari	Cosmópolis	Us. Açúcar Ester



Aproveitamento	Curso d' água	Município	Concessionária
UHE Cariobinha	Quilombo	Americana	CPFL
UHE Boyes	Piracicaba	Piracicaba	Cia. Ind. Boyes

(*) não está em operação

Fonte: DAEE/SRHSO/SP

As usinas hidrelétricas de Tatu, Americana e Jaguari, constituem um sistema de capacidade superior a 40 MW, como pode ser visto no **Quadro 70**

A UHE de Americana, com potência instalada de 30 MW, opera em regime de ponta, e é condicionada aos níveis d'água observados a jusante em épocas de estiagem, acarretando grandes variações no regime do Rio Piracicaba e dificuldades nas diversas captações existentes ao longo do rio (HIDROPLAN, 1995).

A UHE do Jaguari, com 14 MW instalados, situa-se entre os municípios de Morungaba e Pedreira.

A UHE Tatu apresenta uma capacidade instalada inferior a 10 MW e as demais são menores, todas com menos de 5 MW de potência instalada cada uma.

Quadro 70 - Geração de Energia Elétrica

Nome	Operadora	Situação	Potência (kW)
Tatu	CESP	desativada	780
Arpui	CESP	desativada	660
Cariobinha	CPFL	desativada	1.350
Feixos	CPFL	desativada	1.000
Boyes	BOYES	em operação	1.300
Corumbataí	CESP	em operação	2.130
Macaco Branco	CJE	em operação	2.363
Americana	CPFL	em operação	33.600
Jaguari	CPFL	em operação	14.400
S. Grande/ Ampliação	CPFL	em operação	3.900
Dr. Tosta	EEB	em operação	848
Ester	ESTER	em operação	600
Ber. Figueiredo	FIGUEI	em operação	1.100
Luis Queiroz	FLP	em operação	1.500
Santa Maria da Serra	CESP	em operação	12.000
Camanducaia	CPFL	inventário	5.000



Nome	Operadora	Situação	Potência (kW)
Capivari	CPFL	inventário	3.400
Corredeira	CPFL	inventário	4.500
Jaguari	CPFL	inventário	2.100

Fonte: Sistema de Informação do Potencial Hidrelétrico Brasileiro –SIPOT/Eletróbrás (2000/2004).



8.4. DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL

O estudo da disponibilidade hídrica total das bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí foi realizado por métodos que foram apresentados anteriormente, que tratam de disponibilidade hídrica superficial, entretanto para a realização do cálculo do balanço utilizou-se o método definido pela regionalização das vazões.

O **Quadro 71** apresenta as vazões disponíveis para as bacias hidrográficas PCJ.

Quadro 71 – Vazões disponíveis para as bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí

Bacia hidrográfica	Q _{7,10} (m³/s)	Qdisp (m³/s)(*)
Rio Piracicaba	8,16	8,16
Rio Corumbataí	4,704	4,704
Rio Jaguari	5,519	6,519
Rio Camanducaia	3,593	3,593
Rio Atibaia	6,403	7,403
Total Rio Piracicaba ³⁴	28,379	30,379
Total Rio Capivari	2,382	2,382
Total Rio Jundiaí	2,298	3,298
PCJ	33,059	36,059

(*) Valores de Q_{7,10} acrescidos das vazões mínimas do Sistema Cantareira e reversão do Atibaia para o Jundiaí-Mirim

O potencial de recursos hídricos da bacia do Rio Piracicaba não está totalmente disposto para o uso na mesma, uma vez que há uma reversão de até 31 m³/s para o abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo através do Sistema Cantareira.

³⁴ Refere-se apenas à soma das disponibilidades hídricas de suas sub-bacias e não à vazão Q_{7,10} da última seção do rio Piracicaba.



8.5. DEMANDA DE ÁGUA SUPERFICIAL

Grande parte das informações disponíveis sobre as demandas de água baseia-se em dados de demanda outorgada, que nem sempre refletem a situação real de seu uso. A condição ideal de avaliação da situação do uso dos recursos hídricos seria a obtenção de valores de demandas reais. Até o presente momento tem-se dados de demanda outorgada. Esse relatório baseia-se nessas informações.

Quando se trabalha com dados de demandas outorgadas, nem sempre é possível estimar as vazões efetivamente outorgadas, pois os bancos de dados disponíveis contemplam diversos casos, tais como usuários em processo de obtenção de outorga, outorgas vencidas e outorgas prévias (como perfuração de poço, por exemplo), além de alguns dados estarem desatualizados.

Dados de demanda de água nas bacias PCJ estão disponíveis no “Relatório de Situação” (CETEC, 1999), com base no Cadastro de Usuários do Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE. Estes dados foram atualizados no DAEE, através dos questionários respondidos pelos municípios e concessionárias para a elaboração do Relatório de Situação 2002/2003 (“Mapa D10 – Pontos de Captação de Superficial” do Relatório de Situação 2002/2003 (www.comitepcj.sp.gov.br)).

O DAEE possui um banco de dados, contendo tabelas com informações quanto aos usos dos recursos hídricos superficiais e usos subterrâneos, apresentando dados importantes de cada captação, como o tipo de usuário (industrial, comércio, etc.), a finalidade do uso (agricultura, sanitário, indústria), a vazão de captação, entre outros (www.daee.sp.gov.br - Outorga e Fiscalização - Relatório do Banco de Dados de Outorga).

Na elaboração do balanço hídrico não foram considerados os usos não-consuntivos existentes na região, quais sejam: geração de energia, navegação e lazer e turismo. O **Quadro 72** apresenta as captações de água superficial nas bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.



Quadro 72 - Vazões captadas apresentada para todas as bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí

Sub-bacias	Vazões captadas (m³/s)	%
Rio Piracicaba	8,779	21%
Rio Corumbataí	3,996	10%
Rio Jaguari	7,230	17%
Rio Camanducaia	1,011	2%
Rio Atibaia	10,123	24%
Total Rio Piracicaba	31,139	75%
Total Rio Capivari	6,333	15%
Total Rio Jundiaí	3,859	9%
PCJ	41,331	100%

Fonte: SABESP, questionários/municípios, DAEE/PRODESP e Diagramas Unifilares dos rios Piracicaba, Corumbataí, Atibaia, Jaguari e Camanducaia (CETESB).



8.6. LANÇAMENTOS

Para a estimativa dos lançamentos de efluentes nas bacias PCJ foram utilizadas as informações disponibilizadas no Relatório de Situação 2002/2003, obtidas através do cadastro DAEE-PRODESP e apresentadas no **Quadro 73** e seu quadro resumo, **Quadro 74**.

Quadro 73 - Vazão de efluentes por tipo de uso nas sub-bacias PCJ (m³/s)

Bacias	Unidades	Uso Urbano	Uso Industrial	Uso Rural		Mineração	Outros	Total
				Aqüicultura	Outros			
Piracicaba	vazão	4,059	3,775	0,106	0,015	0,027	0,013	7,995
	%	16,2	15,1	0,4	0,1	0,1	0,1	31,9
Corumbataí	vazão	0,274	0,593	0,078	0,027	0,051	0,004	1,029
	%	1,1	2,4	0,3	0,1	0,2	0,0	4,1
Jaguari	vazão	0,917	1,290	0,062	0,066	0,017	0,000	2,351
	%	3,7	5,1	0,22	0,3	0,1	0,0	9,4
Camanducaia	vazão	0,086	0,129	0,066	0,043	0,005	0,003	0,331
	%	0,3	0,5	0,3	0,2	0,0	0,0	1,3
Atibaia	vazão	3,327	2,937	0,1724	0,106	0,005	0,001	6,549
	%	13,3	11,7	0,7	0,4	0,0	0,0	26,1
Rio Piracicaba	vazão	8,663	8,724	0,484	0,257	0,105	0,022	18,255
	%	34,6	34,8	1,9	1,0	0,4	0,1	72,8
Rio Capivari	vazão	1,540	2,083	0,086	0,023	0,283	0,008	4,034
	%	6,1	8,3	0,3	0,1	1,1	0,0	16,1
Rio Jundiá	vazão	2,242	0,387	0,072	0,024	0,058	0,001	2,783
	%	8,9	1,5	0,3	0,1	0,2	0,0	11,1

Fonte: Relatório de Situação 2002/2003



Quadro 74 - Resumo das vazões de lançamento por sub-bacia

Sub-bacia	Vazão (m³/s)
Rio Piracicaba	7,995
Rio Corumbataí	1,029
Rio Jaguari	2,351
Rio Camanducaia	0,331
Rio Atibaia	6,549
Total Rio Piracicaba	18,255
Total Rio Capivari ³⁵	4,534
Total Rio Jundiaí	2,783
PCJ	25,072

Fonte: Relatório de Situação 2002/2003.

³⁵ Com a anuência do Grupo de Acompanhamento do Plano de Bacias, a SHS se permitiu acrescentar 0,5 m³/s à vazão de lançamento do rio Capivari na tentativa de corrigir alguma incoerência nos resultados finais. Sabe-se que há lançamentos importantes de efluentes do uso urbano na bacia do Capivari que não constam no Cadastro de Outorgas.



8.7. BALANÇO HÍDRICO SUPERFICIAL

O **Quadro 75** apresenta o balanço hídrico superficial para as bacias PCJ.

Cabe esclarecer que o balanço hídrico é calculado pela vazão disponível subtraída da vazão de captação e somada à vazão de lançamento.

Quadro 75 – Balanço Hídrico para as Bacias PCJ (m³/s)

Sub-bacia	Vazão disponível	Vazão captada	Vazão lançada	Balanço hídrico	Balanço hídrico / vazão disponível (%)
Rio Piracicaba	8,160	8,779	7,995	7,376	90,4%
Rio Corumbataí	4,704	3,996	1,029	1,737	36,9%
Rio Jaguari	6,519	7,230	2,351	1,640	25,2%
Rio Camanducaia	3,593	1,011	0,331	2,913	81,1%
Rio Atibaia	7,403	10,123	6,549	3,829	51,7%
Total Rio Piracicaba	30,379	31,139	18,255	17,495	57,6%
Total Rio Capivari	2,382	6,333 ³⁶	4,534	0,583	24,5%
Total Rio Jundiaí	3,298	3,859	2,783	2,222	67,4%
PCJ	36,059	41,331	25,072	20,300	56,3%

Fonte: Relatório de Situação 2002/2003

A **Ilustração 32** mostra os valores comparativos da estimativa do $Q_{7,10}$ para as áreas parciais.

³⁶ Fonte: Relatório de Situação 2002/2003.

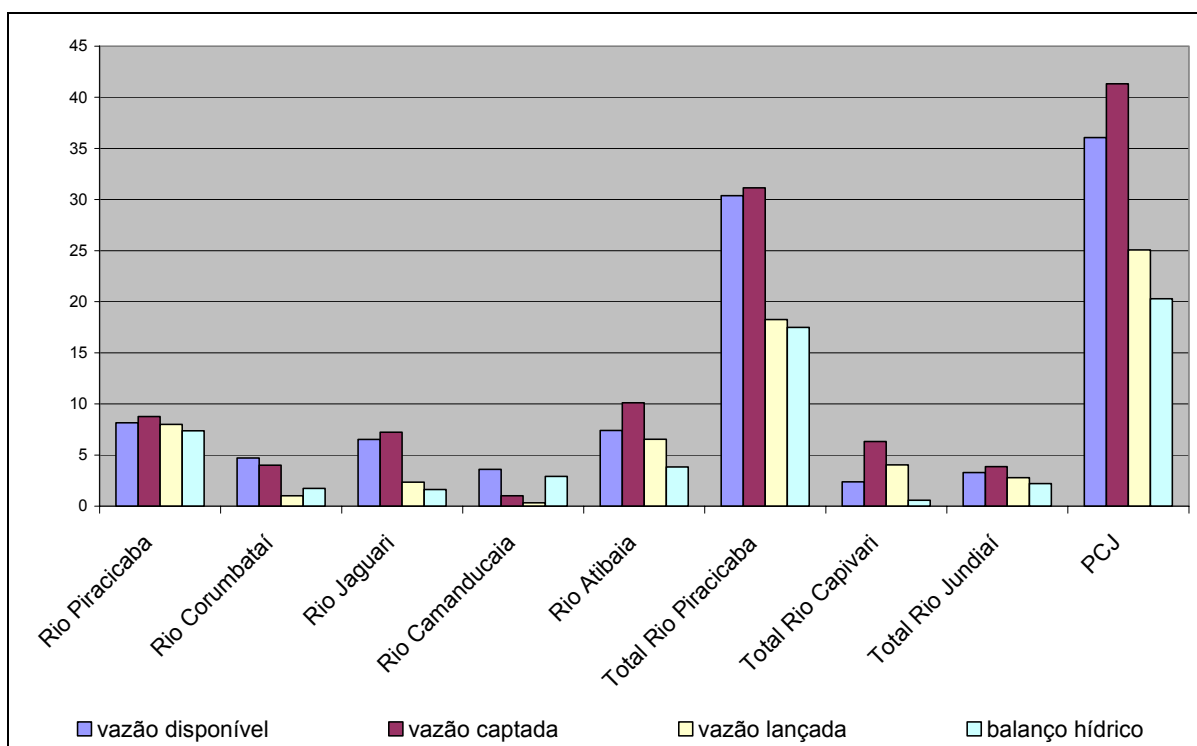


Ilustração 32 - Balanço disponibilidade demanda das bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá

Fonte: Relatório de Situação 2002/2003

Mesmo que o balanço hídrico represente não mais que uma estimativa, pode-se verificar que nas bacias PCJ há forte indício de conflito em recursos hídricos.

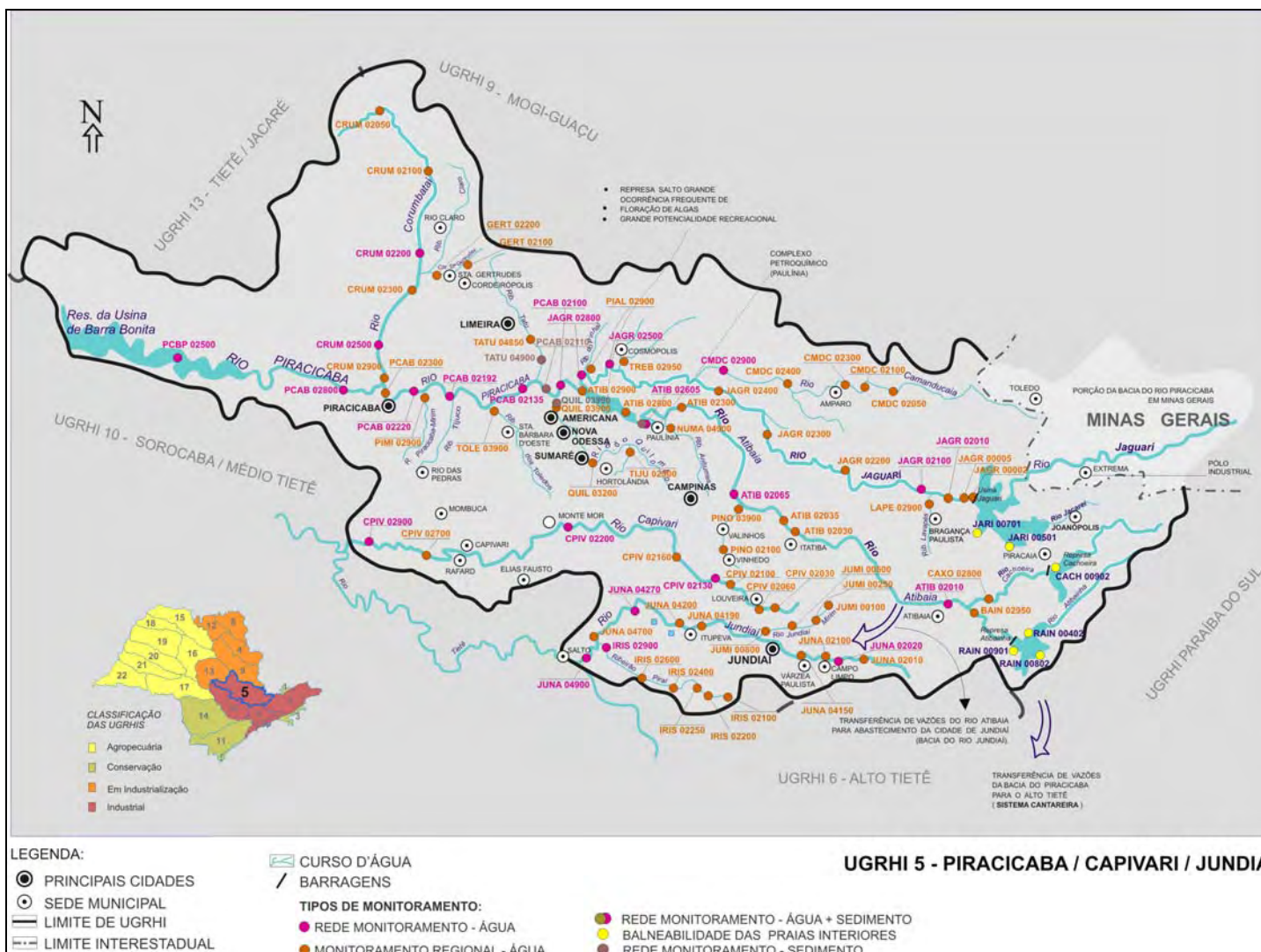
O balanço hídrico mostra que as bacias dos rios Corumbataí, Jaguari e Capivari já atingiram mais de 50% da utilização de sua disponibilidade hídrica. Tal situação entra em conflito com o critério de outorga por sub-bacia do DAEE que estabelece um máximo de 50% do $Q_{7,10}$ da mesma, levando-se em consideração seu balanço hídrico.



8.8. QUALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

8.8.1. ÍNDICES DE QUALIDADE

O órgão responsável pelo controle da qualidade da água no estado de São Paulo é a CETESB, que publica anualmente o Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo, neste caso, a fonte de consulta oficial para a elaboração deste estudo, além de informações do Relatório de Situação 2002/2003.



SHS - Consultoria e Projetos de Engenharia S/S Ltda.



8.8.1.1. IQA – ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

A CETESB adota para a qualificação dos recursos hídricos o IQA – Índice de Qualidade da Água, que é obtido através do resultado de parâmetros químicos, físicos e biológicos.

O IQA - Índice de Qualidade da Água foi utilizado para suprir a necessidade da CETESB em gerar indicadores que envolvam um número grande de informações de forma sintética e acessível para os tomadores de decisão. Tem como vantagem a facilidade de comunicação com o público não técnico, maior status do que parâmetros individuais e simples representatividade através de um único número. Por outro lado impossibilita análises e interações entre variáveis individuais.

O IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas destinadas ao abastecimento público, sendo os parâmetros envolvidos nos cálculos, reflexos de contaminação dos corpos hídricos pelo lançamento de esgoto doméstico, não contemplando metais pesados, compostos orgânicos com potencial mutagênico, substâncias que afetam as propriedades organolépticas da água e o potencial de formação de trihalometanos das águas de um manancial.

O índice é calculado através do produto ponderado dos seguintes parâmetros: temperatura, pH, OD, DBO_{5,20}, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez.

Esse índice foi escolhido para a comparação temporal dos cursos hídricos das bacias devido a sua utilização nos últimos dois Relatórios de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo, publicados pela CETESB.

O IQA varia de 0 a 100 e a qualidade da água é enquadrada conforme o **Quadro 76**.



Quadro 76 - Classes do enquadramento da Água pelo IQA

Faixa	Classe
$0 < \text{IQA} < 25$	Água muito ruim
$25 < \text{IQA} < 50$	Água ruim
$50 < \text{IQA} < 70$	Água média
$70 < \text{IQA} < 90$	Água boa
$90 < \text{IQA} < 100$	Água excelente

Fonte: Cetesb, 2004.

A partir de 2003, a CETESB em seu relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo iniciou a apresentação de novos índices de qualidade das águas. Estes índices são IAP, IVA, e IET.

8.8.1.2. IAP - ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS BRUTAS PARA FINS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO

O IAP é o produto da ponderação dos resultados do IQA e do ISTO (Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas), composta pelo grupo de parâmetros químicos físicos e biológicos básicos, pelo grupo de substâncias que afetam a qualidade organoléptica e pelo grupo de substâncias tóxicas, incluindo metais.

As classificações de acordo com o IAP estão relacionadas do **Quadro 77**.

Quadro 77 - Classificação da Qualidade das Águas Brutas para o Abastecimento Público

Classe	Faixa
Ótima	$79 < \text{IAP} \leq 100$
Boa	$51 < \text{IAP} \leq 79$
Regular	$36 < \text{IAP} \leq 51$
Ruim	$19 < \text{IAP} \leq 36$
Péssima	$\text{IAP} < 19$

Fonte: Cetesb, 2004.

8.8.1.3. IVA - ÍNDICE DE QUALIDADE PARA PROTEÇÃO DA VIDA E COMUNIDADES AQUÁTICAS

O IVA avalia a qualidade das águas superficiais visando à proteção da fauna e flora aquática. Leva em consideração a presença e concentração de



contaminantes químicos, tóxicos, e seus efeitos sobre os organismos aquáticos. Este índice tem cinco classificações, de acordo com o **Quadro 78**.

Quadro 78 - Classificação da Qualidade d'Água de acordo com o IVA

Classe	Faixa
Ótima	IVA = 2,2
Boa	IVA = 3,2
Regular	$3,4 \leq IVA \leq 4,4$
Ruim	$4,6 \leq IVA \leq 6,8$
Péssima	IVA > 7,6

Fonte: Cetesb, 2004.

8.8.1.4. IET - ÍNDICE DO ESTADO TRÓFICO

O IET classifica os corpos hídricos de acordo com o enriquecimento dos mananciais por nutrientes (eutrofização) e sua capacidade de proliferação de algas e macrófitas aquáticas. São determinados através de dois parâmetros: a clorofila e fósforo total.

Quadro 79 - Classificação do Corpo d'Água de acordo com o IET

Classe	Faixa
Oligotrófico	IET < ou = 44
Mesotrófico	$44 < IET \leq 54$
Eutrófico	$54 < IET \leq 74$
Hipereutrófico	IET > 74

Fonte: Cetesb, 2004.

8.8.2. QUALIDADE DAS ÁGUAS NAS BACIAS PCJ

Considerando-se que os diversos índices de qualidade da água foram concebidos para que a qualidade das águas pudesse ser avaliada prescindindo-se da apresentação de todos os parâmetros classicamente analisados (entre eles OD e DBO), optou-se por apresentar no presente capítulo, somente esses índices, quais sejam, IQA, IAP, IVA e IET. Os dados específicos, relativos às concentrações de OD e DBO nos cursos d'água das bacias PCJ podem ser encontrados no Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2002-2003.



O “Mapa D11 – Enquadramentos dos Pontos de Monitoramento” do Relatório de Situação 2002/2003 (www.comitepcj.sp.gov.br) apresenta o mapa esquemático das Bacias do PCJ indicando os principais municípios, corpos d'água, bem como a localização, o código do ponto e o tipo de monitoramento dos postos de amostragem de qualidade da água da CETESB inseridos nas bacias PCJ. O “Mapa D12 – Índice de Qualidade das Águas” do Relatório de Situação 2002/2003 (www.comitepcj.sp.gov.br) indica a qualidade dos corpos d'água das bacias PCJ.

Através da comparação dos Índices de Qualidade das Águas (IQA) é possível concluir que uma característica predominante indicada nos resultados da CETESB é a intensificação da degradação dos recursos hídricos pertencentes às bacias dos rios Capivari, Jundiaí e Piracicaba. Apesar dos investimentos realizados na área de tratamento de efluentes urbanos e indústrias, os impactos negativos prevaleceram nos períodos compreendidos entre 2001 e 2003, uma vez que os principais corpos hídricos apresentaram em pelo menos um ponto, queda no IQA médio anual no mesmo período.

O trecho mineiro não apresenta um monitoramento sistemático da qualidade das águas dos rios Atibaia, Camanducaia e Jaguari. Atualmente o que se pode ter como referência para avaliar a qualidade das águas superficiais das cabeceiras dos rios formadores do rio Piracicaba, são alguns valores de IQA levantados esporadicamente para os trabalhos efetuados pela IBITU – Consultoria Ambiental, no âmbito da criação e implantação da APA Fernão Dias.

Nos trechos mineiros, o cálculo do IQA incluiu exclusivamente os nove parâmetros originalmente considerados como sendo os mais representativos da qualidade das águas. Porém, a ocorrência de substâncias potencialmente prejudiciais à saúde deverá no futuro ser investigada para o efetivo enquadramento dos cursos d'água. Assim, não foram consideradas as ocorrências das substâncias listadas como potencialmente prejudiciais pela Deliberação Normativa nº 10/86 do COPAM. Dessa forma, o Índice de Qualidade da Água (IQA) adotado para o segmento de Minas Gerais do Rio Piracicaba contempla somente os parâmetros oxigênio dissolvido (OD), coliformes fecais, potencial hidrogeniônico, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) , nitratos, fosfatos, temperatura, turbidez e sólidos totais.



O **Quadro 80** apresenta alguns valores de IQA levantados na APA Fernão Dias. Observa-se que todos os IQA estão na faixa de águas consideradas como boas (70 a 90), sendo que o maior valor foi encontrado para o ponto 03 (83,8) e o menor no ponto 01 (75,8), ambos no rio Jaguari. Com relação ao ponto de amostragem nº. 01, cabe destacar que o valor do IQA foi reduzido em função da ocorrência de um pH mais ácido e da alta concentração de fosfato, anomalia que deverá ser melhor investigada.

Quadro 80 - Valores de IQA obtidos na APA Fernão Dias.

Pontos	IQA
P-01	75,8
P-02	82,1
P-03	83,8
P-04	82,5
P-05	77,2
P-06	76,9
P-07	78,2
P-08	78,9
P-09	80,5
P-10	80,1
P-11	79,4
P-12	78,8
P-13	79,0
P-14	78,6
P-15	78,6

Fonte: Relatório Ambiental Preliminar – APA Fernão Dias – MG; IBITU-CONSULTORIA AMBIENTAL



8.9. DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUBTERRÂNEA

O Relatório de Situação 2002/2003 apresentou a disponibilidade hídrica das águas subterrâneas para as bacias PCJ conforme mostrado no **Quadro 81**, a seguir.

Quadro 81 - Disponibilidade Hídrica Subterrânea para as Bacias PCJ (L/s)

Aqüífero	Sub-bacias do Piracicaba					Total Pir.	Total Cap.	Total Jun.	Total	% do total
	Ati.	Cam.	Cor.	Jag.	Pir.					
Cenozóico	163	25	172	131	237	728	95	66	889	6
Bauru (correlato)	0	0	55	0	64	119	0	0	119	1
Serra Geral (basalto)	0	0	37	0	47	84	0	0	84	1
Diabásio	94	5	94	153	216	562	40	0	602	4
Guarani	0	0	888	0	1.518	2.406	0	0	2.406	17
Passa Dois	0	0	400	13	314	727	14	0	741	5
Tubarão	125	46	78	999	860	2.108	879	94	3.081	22
Cristalino Pré-Cambriano	2.300	976	0	1.945	0	5.221	201	600	6.022	43
total	2.682	1.052	1.724	3.241	3.256	11.955	1.229	760	13.944	100
% do total	19	8	12	23	23	86	9	5	100	

Fonte: Relatório de Situação 2002/2003.

Observa-se pelo **Quadro 81** que as sub-bacias dos rios Jaguari e Piracicaba apresentam as maiores disponibilidades hídricas, cada qual com 23% do total. Por sua vez, o aqüífero que apresentou a maior disponibilidade hídrica foi o Cristalino Pré-Cambriano sob a sub-bacia do rio Atibaia com 2.300 L/s.

Tais disponibilidades hídricas, no entanto, devem ser consideradas com muita cautela pois demonstram apenas o resultado da aplicação de uma metodologia para a estimativa da disponibilidade hídrica subterrânea que não contempla as dificuldades tecnológicas e econômicas esperadas no aproveitamento deste potencial hídrico.



8.10. DEMANDA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

A **Ilustração 34** apresenta a contribuição das captações de água subterrânea no abastecimento dos municípios das bacias PCJ, trecho paulista.

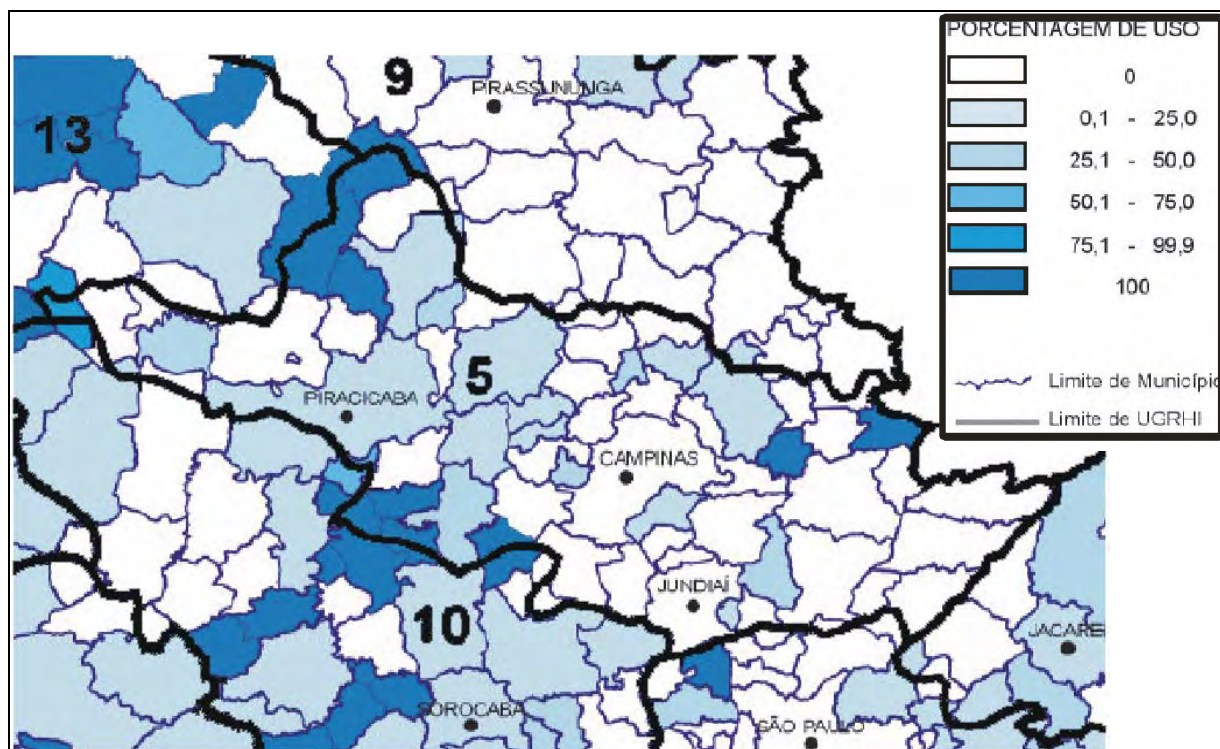


Ilustração 34 - Utilização de Águas Subterrâneas para Abastecimento Público nos Municípios das Bacias PCJ – Trecho Paulista – CETESB, 2004

Fonte: Relatório de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo. CETESB, 2003.

O **Quadro 82** apresenta as demandas subterrâneas nas bacias PCJ.



Quadro 82 - Demanda de Água Subterrânea nas Bacias PCJ (L/s)

Aqüífero	Sub-bacias do Piracicaba					Total Pir.	Total Cap.	Total Jun.	Total	% total
	Ati.	Cam	Cor.	Jag.	Pir.					
Cenozóico	13	2	15	5	20	55	1	11	67	3
Bauru (correlato)	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
Serra Geral (basalto)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diabásio	33	0	0	16	123	172	5	0	177	7
Guarani	0	0	14	0	27	41	0	0	41	2
Passa Dois	0	0	22	0	18	40	0	0	40	2
Tubarão	44	6	78	37	666	831	237	36	1.104	42
Cristalino Pré-Cambriano	588	39	0	85	1	713	88	384	1.185	44
total	678	47	129	143	856	1.853	331	431	2.615	100
% total	26	2	5	5	33	71	13	16	100	-

Fonte: Relatório de Situação 2002/2003



8.11. BALANÇO HÍDRICO SUBTERRÂNEO

O **Quadro 83** e o **Quadro 84** apresentam, com base nos dados obtidos para disponibilidade hídrica e demandas por águas subterrâneas, os balanços hídricos para as bacias PCJ em vazão e percentagem de uso da disponibilidade hídrica, respectivamente.

Como se sabe, estes dados estão subestimados, notadamente nas áreas de conurbação e expansão urbana, no eixo Jundiaí – Campinas – Sumaré – Americana. Invariavelmente, os aquíferos mais intensamente utilizados são o Tubarão e o Cristalino (Pré-Cambriano), além do Diabásio. O aquífero Guarani, não obstante sua elevada disponibilidade, é pouco utilizado.

Quadro 83 - Balanço hídrico do uso de águas subterrâneas (L/s)

Aquífero	sub-bacias do Piracicaba					total Pir.	total Cap.	total Jun.	total	% total
	Ati.	Cam.	Cor.	Jag.	Pir.					
Cenozóico	150	23	157	126	217	673	94	55	822	7
Bauru (correlato)	0	0	55	0	63	118	0	0	118	1
Serra Geral (basalto)	0	0	37	0	47	84	0	0	84	1
Diabásio	61	5	94	140	104	404	35	0	439	4
Guarani	0	0	881	0	1.498	2.379	0	0	2.379	20
Passa Dois	0	0	379	13	296	687	14	0	701	6
Tubarão	87	40	n.d.	963	352	1.440	647	58	2.145	18
Cristalino Pré-Cambriano	2.078	947	0	1.894	n.d.	4.918	113	234	5.266	44
total	2.375	1.014	1.602	3.136	2.577	10.704	903	347	11.954	100
% total	20	8	13	26	22	90	8	3	100	

Fonte: Relatório de Situação 2002/2003.



Quadro 84 - Balanço hídrico do uso de águas subterrâneas (% de uso da disponibilidade hídrica)

Aqüífero	Sub-bacias do Piracicaba					Total Pir.	Total Cap.	Total Jun.	Total
	Ati.	Cam.	Cor.	Jag.	Pir.				
Cenozóico	8	10	9	4	8	8	1	17	8
Bauru (correlato)	-	-	0	-	2	1	-	-	1
Serra Geral (basalto)	-	-	0	-	0	0	-	-	0
Diabásio	36	0	0	8	52	28	13	-	27
Guarani	-	-	1	-	1	1	-	-	1
Passa Dois	-	-	5	2	6	5	0	-	5
Tubarão	31	14	n.d.	4	59	34	26	39	32
Cristalino Pré-Cambriano	10	3	-	3	n.d.	6	44	61	13
total	11	4	10	3	21	11	27	54	15

Fonte: Relatório de Situação 2002/2003.



8.12. QUALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

A água subterrânea dos aquíferos que ocorrem nas bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí apresenta, em geral, boa qualidade, permitindo sua utilização, normalmente sem restrições, para o abastecimento público, usos industriais, criação de animais e irrigação.

As exceções, com zonas restritas, são porções mais profundas do aquífero Tubarão e de áreas localizadas do aquífero Passa Dois, normalmente muito mineralizadas.

Durante o Estudo de Águas Subterrâneas realizado em 1980/81 pelo DAEE na Região Administrativa 5 – Campinas, que praticamente abrange toda a área das bacias, foram coletadas e analisadas 125 amostras de água subterrânea provenientes de poços tubulares perfurados nos diversos aquíferos.

Destas, 116 (93%) foram classificadas em função de sua composição e tipo hidroquímico, como bicarbonatadas. Das 9 amostras restantes, 5 (4%) foram classificadas como águas sulfatadas e as outras 4 (3%), como águas cloretadas.

Quanto aos cátions, predominam o cálcio no aquífero Cristalino e o sódio no aquífero Tubarão. Secundariamente, ocorre o íon magnésio. As águas sulfatadas cálcicas e cloretadas sódicas constituem ocorrências localizadas. Ainda de modo geral, verifica-se que as águas provenientes dos aquíferos Diabásio e Passa Dois e a água retirada de mais de um aquífero (mista), apresentam uma classificação variada entre todos os diferentes tipos hidroquímicos citados.

BERTACHINI (1987) analisando 59 amostras de água subterrânea provenientes exclusivamente do aquífero Cristalino na área do município de Jundiaí, confirma a baixa mineralização da água subterrânea desse aquífero e as classifica como bicarbonatadas cálcicas a mistas com predominância do íon cálcio. Estudos mais recentes realizados pelo IG - Instituto Geológico, em 1990/91, confirmam a classificação de água bicarbonatada sódica a cálcico-sódica para amostras de água proveniente do aquífero Tubarão na região da Bacia do Capivari.



O teor de STD - sólidos totais dissolvidos varia entre 100 e 300 mg/L nos dois principais aquíferos regionais, o Cristalino e o Tubarão. No aquífero Botucatu os valores de STD situam-se, geralmente, abaixo de 100 mg/L e, no aquífero Passa Dois, esses valores ficam em geral, acima de 200 mg/L. O pH da água subterrânea dos aquíferos das bacias varia de 5 a 9, e os valores de condutividade elétrica são, em geral, inferiores a 350 mS/cm. O aquífero com o mais baixo teor de mineralização é o Botucatu, que apresenta condutividade entre 10 e 35 mS/cm e um pH mais ácido, entre 4,5 e 6, seguido pelo aquífero Cristalino, que apresenta condutividade inferior a 200 mS/cm e pH entre 5 e 7. O aquífero Tubarão apresenta condutividade inferior a 350 mS/cm e pH freqüentemente básico, variando entre 6 e 9.

Os aquíferos que apresentam os teores de mineralização mais elevados são o Diabásio e, principalmente, o Passa Dois, com uma condutividade sempre superior a 200 mS/cm, podendo chegar até 2.000 mS/cm neste último, com um pH básico e ocorrências localizadas de concentrações elevadas de sulfatos e cloretos que, em vários casos, podem restringir a utilização da água.

O **Quadro 85** apresenta a localização dos poços tubulares profundos pertencentes à rede de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas da CETESB, situadas nas bacias do PCJ e adjacências.

Quadro 85 - Localização dos poços tubulares profundos monitorados pela CETESB e localizados nas bacias PCJ e adjacências

Agência ambiental	Município	Numeração CETESB	Ponto de amostragem	Aquífero	Usos	Prof. (m)	Niv.est. (m)
Americana	Americana	176	Bica Cariobinha	Tubarão	-	-	18
Campinas I	Elias Fausto	36	P4, SABESP	Tubarão	abast. público	171	6
	Hortolândia	47	SABESP, Jd. Santiago	Tubarão	abast. público	-	-
	Monte Mor	74	P3, SABESP	Tubarão	abast. público	350	7
	Mombuca	71	P1, SABESP	Tubarão	abast. público	-	-
	Valinhos	148	Poço San Fernando	Cristalino	abast. público	150	2



Agência ambiental	Município	Numeração CETESB	Ponto de amostragem	Aquífero	Usos	Prof. (m)	Niv.est. (m)
Campinas II	Amparo	152	Ind. Papel Fernandez	Cristalino	industrial	121	19
	Jarinu	62	P1, SABESP	Cristalino	abast. público	200	-
	Pedra Bela	94	P2, SABESP	Cristalino	abast. público	180	0,2
	Tuiuti	145	P1, SABESP, Poço Arraial	Cristalino	abast. público	141	0,5
Limeira	Limeira	153	TRW - Vargas S/A	Tubarão	-	172	106
	Limeira	177	Bairro Tatu	Tubarão	-	-	-
Paulínia	Paulínia	91	Escola Técnica ETEPE	Tubarão	-	180	6

Fonte: Relatório de qualidade das Águas Subterrâneas do Estado de SP 2001-2003 (CETESB, 2003)



8.13. VULNERABILIDADE DOS AQÜÍFEROS

8.13.1. TRECHO PAULISTA

As áreas mais vulneráveis do trecho paulista da bacia hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí são aquelas localizadas nos aluviões dos principais cursos d'água e nos locais de afloramento das principais unidades aquíferas, notadamente das formações Pirambóia e Botucatu, que constituem áreas de recarga do aquífero Guarani. O mapa de vulnerabilidade para o trecho paulista é apresentado no “Mapa D13 – Vulnerabilidade dos Aquíferos” do Relatório de Situação 2002/2003 (www.comitepcj.sp.gov.br).

Pela importância das águas subterrâneas como reserva estratégica em termos de recursos hídricos, inclusive abastecendo integralmente pequenos municípios ou parcialmente outros importantes, devem ser efetuadas ações de planejamento, com vistas à preservação da qualidade das águas subterrâneas.

O Instituto Geológico realizou na região de Campinas os seguintes estudos:

- Mapeamento da vulnerabilidade natural dos aquíferos fraturados pré-cambrianos da Região Metropolitana de Campinas - 2002;
- Susceptibilidade a processos geodinâmicos e vulnerabilidade de aquíferos à contaminação: aplicação a terrenos da Região Metropolitana de Campinas - 2003.

São trabalhos importantes, pois detalham metodologia para estudos em aquíferos fraturados, aplicando-se à área de maior população das bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. São considerados fatores como intensidade de faturamento, espessura da zona não saturada, lineamentos regionais, entre outros.

Considerando-se que mais da metade das bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí está sobre estes aquíferos (Cristalino Pré-Cambriano, Diabásio e Serra Geral), deve-se ressaltar a importância de novos estudos nesta



área, considerando-se a necessária abordagem de estudos de detalhe neste tipo de aquífero.

8.13.2. TRECHO MINEIRO

O trecho mineiro tem como referência os trabalhos efetuados pela IBITU – Consultoria Ambiental, no âmbito da criação e implantação da APA Fernão Dias.

Segundo informações obtidas nos estudos de SOUZA (1995), o qual aborda grande número de dados relativos ao cadastramento de poços tubulares perfurados no Estado até 1993 pela COPASA, torna-se possível extrapolar, dentro do levantamento aqui pretendido, os dados médios resultantes dos estudos estatísticos para o domínio de abrangência dos sistemas aquíferos gnáissico-graníticos, que circunscrevem a área da APA Fernão Dias.

Inicialmente, quanto à disponibilidade bruta de informações, a porção sul de Minas Gerais, mais especificamente aquela localizada próximo aos meridianos 45° 40' e 46° 40' e paralelos 22° 30' e 22° 45', apresenta isolinhas de densidade de poços profundos variando entre menos de 5 até 20 poços em cada 1.000 km².

Em relação aos ambientes definidos por SOUZA (1995) para o enquadramento das variáveis físicas de pluviosidade, de relevo e de capacidade de infiltração, apenas uma área tipológica homogênea pode ser descrita. Esta é caracterizada por domínios com rendimento superficial médio ou elevado em regime torrencial, com médias ou altas contribuições específicas e com variação intra-anual intensa com cheias e estiagens pronunciadas. A pluviosidade anual está entre 1000 e 1500 mm. O relevo é fortemente ondulado a montanhoso, com declividades superiores a 20%. Há predominância de terrenos com baixa capacidade de infiltração, cujos solos são argilosos e associados a substratos rochosos de baixa permeabilidade.

Em se tratando de dados correspondentes às vazões específicas esperadas na exploração dos sistemas aquíferos em questão, têm-se valores mais comuns observados em toda a porção centro oeste da área, menores que 0,10 L/s.m, e numa pequena porção próxima à cabeceira do rio Jaguari, a leste, em torno de 0,20 L/s.m. Para vazões específicas por metro de penetração nos aquíferos, tem-se para toda a área, valores menores que 0,002 L/s.m.



Em termos de vazões máximas explotáveis, esperadas na operação continuada de poços profundos, são visualizados dois domínios distintos: o primeiro, referente à parte oeste da área, correspondendo a vazão máxima de 5 L/s e o segundo, na porção leste, para valores entre 5 e 10 L/s.

Quanto às características físico-químicas correspondentes ao teor de sais dissolvidos nas águas subterrâneas, medidos pela condutividade elétrica, repara-se que quase toda a área está inserida em domínios cujos valores estão entre 150 e 200 $\mu\text{S/cm}$, e apenas uma porção do extremo leste apresenta valores entre 200 e 250 $\mu\text{S/cm}$. Em geral são águas adequadas para irrigação e para abastecimento público.