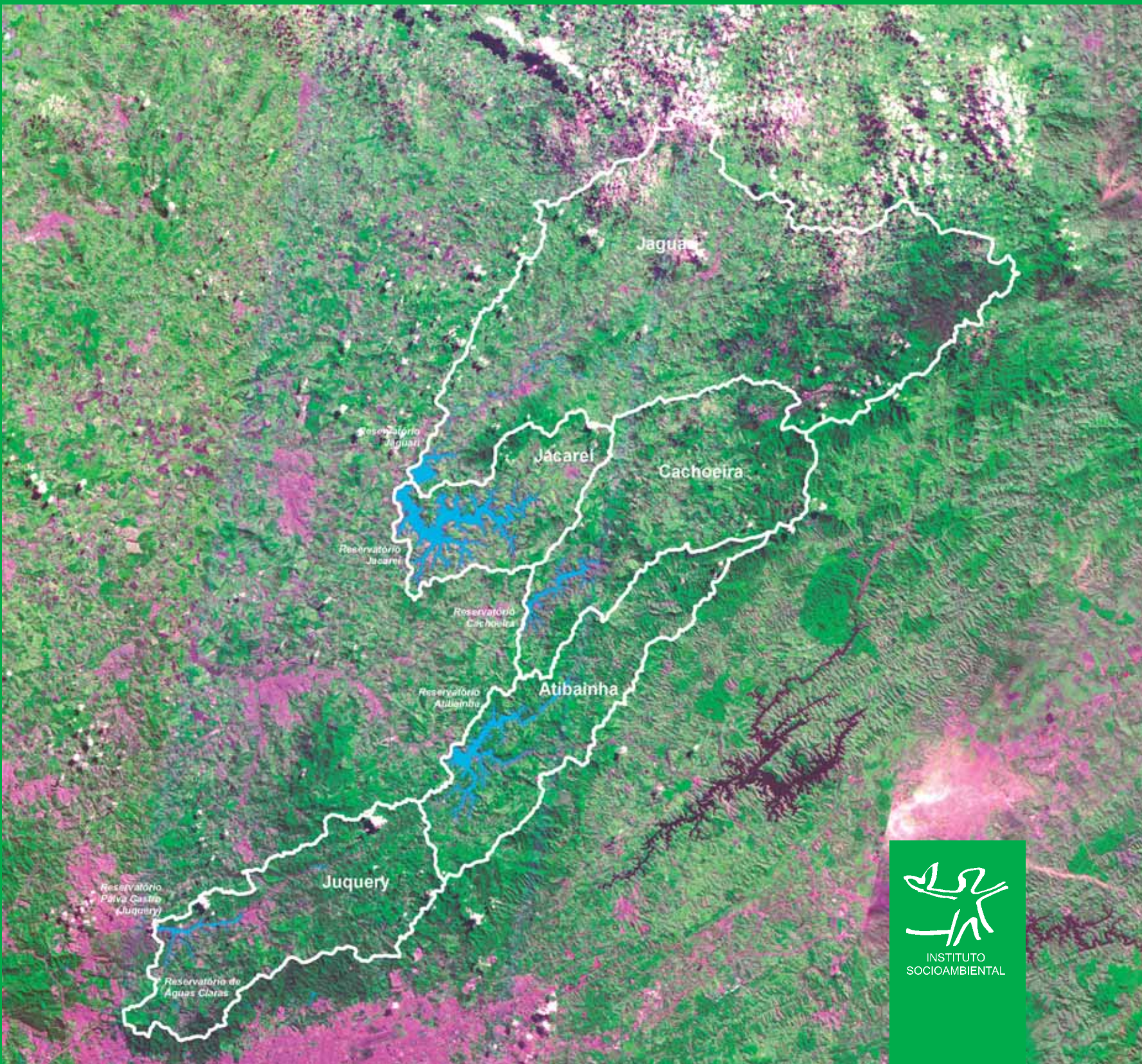


# CANTAREIRA 2006

Um olhar sobre o maior manancial de água  
da Região Metropolitana de São Paulo

Resultados do Diagnóstico Socioambiental Participativo do Sistema Cantareira



INSTITUTO  
SOCIOAMBIENTAL

# CANTAREIRA 2006

Um olhar sobre o maior manancial de água da Região Metropolitana de São Paulo

Resultados do Diagnóstico Socioambiental Participativo do Sistema Cantareira

Marussia Whately  
Pilar Cunha



INSTITUTO  
SOCIOAMBIENTAL  
[www.socioambiental.org](http://www.socioambiental.org)

março, 2007

O **Instituto Socioambiental (ISA)** é uma associação sem fins lucrativos, qualificada como Organização da Sociedade Civil de Interesse Público (Oscip), fundada em 22 de abril de 1994, por pessoas com formação e experiência marcante na luta por direitos sociais e ambientais. Tem como objetivo defender bens e direitos sociais, coletivos e difusos, relativos ao meio ambiente, ao patrimônio cultural, aos direitos humanos e dos povos. O ISA produz estudos e pesquisas, implanta projetos e programas que promovam a sustentabilidade socioambiental, valorizando a diversidade cultural e biológica do país.

Para saber mais sobre o ISA consulte  
**www.socioambiental.org**

**Conselho Diretor:** Neide Esterci (presidente), Sérgio Mauro [Sema] Santos Filho (vice-presidente), Adriana Ramos, Beto Ricardo, Carlos Frederico Marés

**Secretário executivo:** Beto Ricardo

**Secretário executivo adjunto:** Enrique Svirsky

**Apoio institucional:**

ICCO – Organização Intereclesiástica para Cooperação ao Desenvolvimento

NCA – Ajuda da Igreja da Noruega

**São Paulo (sede)**

Av. Higienópolis, 901  
01238-001 São Paulo – SP – Brasil  
tel: 0 xx 11 3515-8900 / fax: 0 xx 11 3515-8904  
isa@socioambiental.org

**Brasília**

SCLN 210, bloco C, sala 112  
70862-530 Brasília – DF – Brasil  
tel: 0 xx 61 3035-5114 / fax: 0 xx 61 3035-5121  
isadf@socioambiental.org

**S. Gabriel da Cachoeira**

Rua Projetada 70 - Centro Caixa Postal 21  
69750-000 São Gabriel da Cachoeira – AM – Brasil  
tel: 0 xx 97 3471-2182/1156/2193 / fax: 0 xx 97 3471-1156  
isarn@socioambiental.org

**Manaus**

Rua Costa Azevedo, 272, 1º andar - Largo do Teatro - Centro  
69010-230 Manaus – AM – Brasil  
tel/fax: 0 xx 92 3633-5502/3631-1244  
isamao@socioambiental.org

**Eldorado**

Residencial Jardim Figueira, 55 - Centro  
11960-000 Eldorado – SP – Brasil  
tel: 0 xx 3871-1697  
isaribeira@socioambiental.org

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Whately, Marussia

Cantareira 2006 : um olhar sobre o maior manancial de água da Região Metropolitana de São Paulo / Marussia Whately, Pilar Cunha. -- São Paulo : Instituto Socioambiental, 2007.

“Resultados do Diagnóstico Socioambiental Participativo do Sistema Cantareira”  
Bibliografia

1. Água - Abastecimento - São Paulo, Região Metropolitana 2. Água - Uso - São Paulo, Região Metropolitana 3. Mananciais de água - São Paulo, Região Metropolitana 4. Recursos naturais - Conservação 5. Sistema Cantareira (Produção de água) I. Cunha, Pilar. II. Título

07-1674

CDD-628.1120981611

Índices para catálogo sistemático:

1. Mananciais de água : Conservação e uso : São Paulo : Região Metropolitana 628.1120981611
2. Sistema Cantareira : Manancial de água : São Paulo : Região Metropolitana 628.1120981611

## Cantareira 2006 – Um olhar sobre o maior manancial de água da Região Metropolitana de São Paulo *Resultados do Diagnóstico Socioambiental Participativo do Sistema Cantareira*

Autoria:

Marussia Whately e Pilar Cunha

Projeto gráfico/editoração:

Vera Feitosa

Mapas:

Rosimeire Rurico Sacó e Alexandre Degan  
(Laboratório de Geoprocessamento do ISA)

Capa:

Vista da barragem e do reservatório Paiva Castro, em Mairiporã, que recebe toda a água produzida pelos outros quatro reservatórios do Sistema Cantareira. Foto: Iatã Cannabrava/ISA (fev/07)

Apoio à publicação:

Fundo Estadual de Recursos Hídricos (Fehidro)

FICHA TÉCNICA DO PROJETO DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL PARTICIPATIVO DO SISTEMA CANTAREIRA

**Coordenação:** Marussia Whately

**Assessoria ao projeto:** Felipe de Lucia Lobo, Fernanda Blauth Bajesteiro, Marcelo Cardoso, Pilar Cunha, Raul S. T. do Valle e Telma Stephan Dias.

**Equipe do ISA:** *Laboratório de Geoprocessamento:* Alexandre Degan, Alicia Rolla, Cícero Augusto Cardoso, Rosimeire Rurico Sacó.

*Administração:* Bianca Rodrigues Rabello, Carlos Souza, Danilo Santos Freire, Fábio Massami Endo, Francisco Cleonilton de Souza, Guilherme Tadaci Ake, Josy Andrade dos Santos, Maria Isabel Pedott, Moises Pangoni, Simone Alves Pereira Santos. *Desenvolvimento Institucional:* Margareth Nishiyama. *Informática:* Adriana Araujo dos Santos, Antenor Moraes, Cristiane Akemi, Fernando Gomila. *Comunicação:* Alex Piaz, Ana Cristina Silveira, Bruno Dias Weis, Eduardo M. Ultima, Maria Inês Zanchetta, Vera Feitosa. *Documentação:* Cláudio Aparecido Tavares, Geni Aparecida Toffoli, Leila Maria Monteiro da Silva, Luiz Adriano dos Santos.

**Serviços de Geoprocessamento:** Engemap – Engenharia e Mapeamento; Geocart – Geoprocessamento e Cartografia S/C Ltda; Rezende & Guimarães Tecnologia e Geoinformações Ltda.

**Instituições colaboradoras do Diagnóstico Socioambiental:**

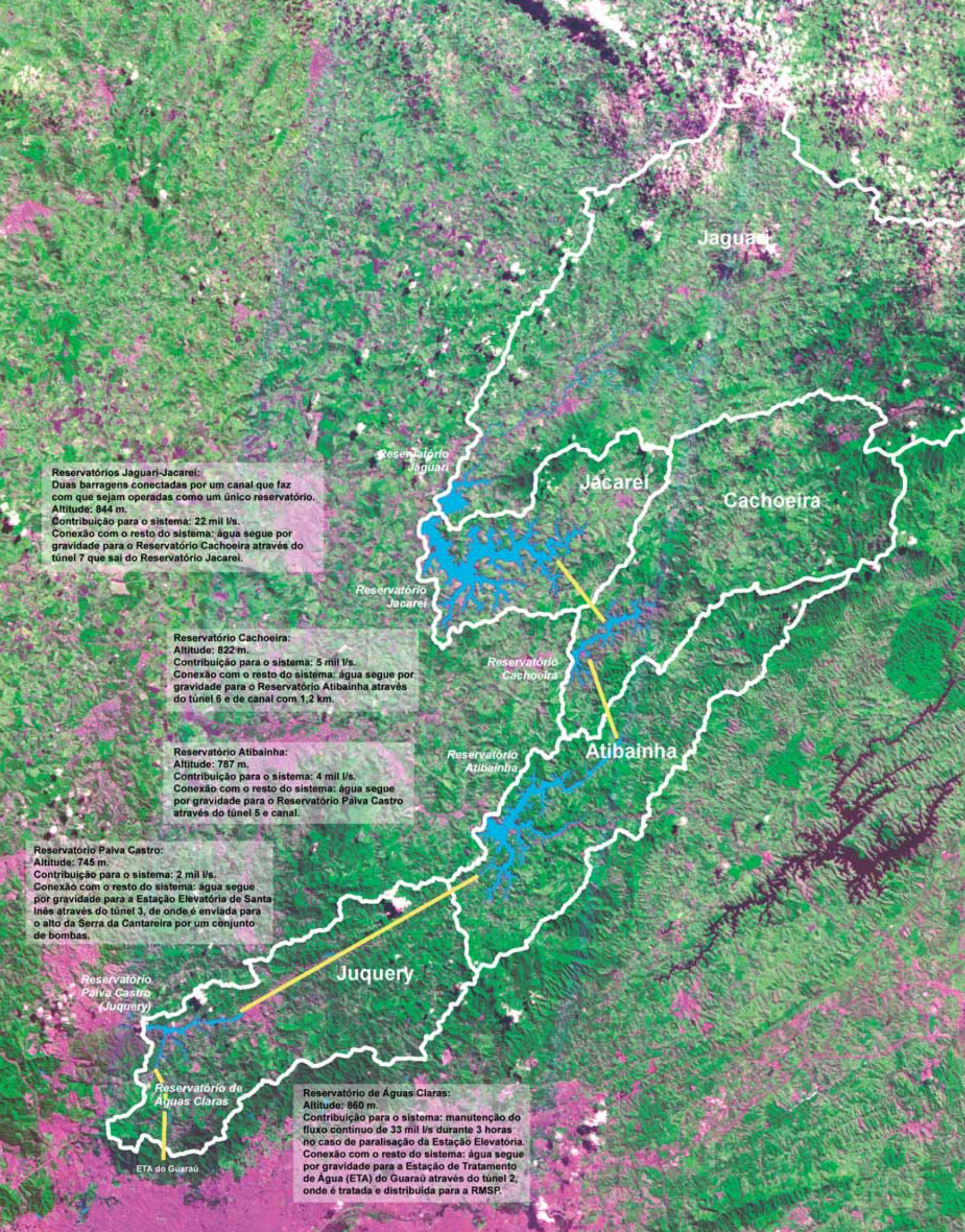
ASAS de Monteiro Lobato; Associação Bragança Mais; Camarea; Centro de Energia Nuclear na Agricultura (Cena)/USP; Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE); Fundação Municipal de Ensino Superior de Bragança Paulista (FESB); Fundação SOS Mata Atlântica; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE); Instituto Olho D'água; Instituto Pedra Grande (IPEG); Instituto de Pesquisa em Ecologia Humana (IPEH); Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT); Jornal Diário de Bragança; Prefeitura de Atibaia; Prefeitura de Bragança Paulista; Prefeitura de Caieiras; Prefeitura de Camanducaia; Prefeitura de Extrema; Prefeitura de Franco da Rocha; Prefeitura de Guarulhos; Prefeitura de Itapeva; Prefeitura de Joanópolis; Prefeitura de Mairiporã; Prefeitura de Nazaré Paulista; Prefeitura de Piracaia; Prefeitura de São Paulo; Prefeitura de Sapucaí-Mirim; Prefeitura de Vargem; Sabesp; Subcomitê de Bacia Hidrográfica Juquery/Cantareira; Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo; SOS Cantareira; Terceira Via; Universidade São Francisco.

**Agradecimentos:**

Alexandro de Souza Moraes, Almerinda A. B. Fadini, Álvaro Fernandes, Anderson da Silva Prado, Andréa Miyuki Ono, Antonio Carlos Kotzent, Bonfilio Alves Ferreira, Brenner S. Gomes da Silva, Claudia de A. Linhares, Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, Constante Bombonato Jr., Eliana Kitahara, Fernando Protta, Gil Lopes, Iatã Cannabrava, João Luiz Hoefel, Jornal Diário de Bragança, José Eduardo do Couto Barbosa, José Omar de Oliveira, Juan Carlin Passos, Katia Yukari Ono, Laércio J. Chiarini, Leandro Giatti, Luiz Eduardo Martins Catharino, Marcelo Delduque, Márcia Nascimento, Márcio Mesquita, Miguel Ribeiro da Silva, Milton Ângelo Negrini, Odair Marcos Faria, Paulo Dias, Paulo Eduardo de Oliveira, Paulo Giardini, Paulo Henrique Pereira, Raquel Junqueira Costa, Raul Silva Telles do Valle, Rodrigo Dzejdzaj Leal, Sabesp, Subcomitê de Bacia Hidrográfica Juquery/Cantareira, Suzana Sendacz, Vinicius Lacerda de Almeida, Vivian Hasegawa, Yuca Cunha Maekawa.

# SUMÁRIO

Apresentação .....	05
Introdução .....	07
<b>Capítulo 1</b> Caracterização Geral do Sistema Cantareira	
■ Caracterização geral .....	13
O Sistema Cantareira .....	13
Nova outorga do Sistema Cantareira .....	14
Bacias hidrográficas dos reservatórios formadores do Sistema Cantareira .....	16
Breve histórico do Sistema Cantareira e região .....	19
■ População residente no Sistema Cantareira .....	21
■ Esgotamento Sanitário .....	21
■ Resíduos Sólidos .....	22
■ Uso e ocupação do solo em 2003 .....	23
Uso e ocupação do solo por bacia formadora do Sistema .....	26
Uso e ocupação do solo por município inserido no Sistema .....	27
■ Mineração .....	28
■ Unidades de Conservação no Sistema Cantareira .....	31
■ Legislação ambiental incidente na área do Sistema Cantareira .....	31
<b>Capítulo 2</b> Alterações socioambientais no período de 1989 a 2003 na região do Sistema Cantareira	
■ Evolução do uso do solo no Sistema Cantareira no período de 1989 a 2003 .....	35
Expansão urbana .....	36
Expansão urbana por bacia hidrográfica formadora do Sistema Cantareira .....	36
Expansão urbana por município do Sistema Cantareira .....	37
Evolução do desmatamento .....	39
Desmatamento por bacia hidrográfica formadora do Sistema Cantareira .....	39
Desmatamento por município do Sistema Cantareira .....	42
Evolução do Campo Antrópico .....	43
<b>Capítulo 3</b> Ameaças e perspectivas para a sustentabilidade socioambiental da região do Sistema Cantareira	
■ Índice de Comprometimento da Produção Hídrica (ICPH) do Sistema Cantareira .....	47
Definição de sub-bacias .....	47
Cálculo do ICPH para o Sistema Cantareira .....	47
■ Quantidade e qualidade da água no Sistema Cantareira .....	50
Considerações sobre o monitoramento da qualidade da água .....	53
Considerações sobre as estiagens ocorridas e níveis dos reservatórios no período analisado .....	53
Análise da evolução da qualidade da água nos reservatórios e principais tributários do sistema .....	53
■ Áreas de Preservação Permanente e uso do solo no Sistema Cantareira	56
Conclusões e recomendações .....	61
Bibliografia .....	67



Jaguari

Jacarei

Cachoeira

Atibainha

Juquery

**Reservatórios Jaguari-Jacarei:**  
Duas barragens conectadas por um canal que faz com que sejam operadas como um único reservatório.  
Altitude: 844 m.  
Contribuição para o sistema: 22 mil l/s.  
Conexão com o resto do sistema: água segue por gravidade para o Reservatório Cachoeira através do túnel 7 que sai do Reservatório Jacarei.

**Reservatório Cachoeira:**  
Altitude: 822 m.  
Contribuição para o sistema: 5 mil l/s.  
Conexão com o resto do sistema: água segue por gravidade para o Reservatório Atibainha através do túnel 6 e de canal com 1,2 km.

**Reservatório Atibainha:**  
Altitude: 787 m.  
Contribuição para o sistema: 4 mil l/s.  
Conexão com o resto do sistema: água segue por gravidade para o Reservatório Paiva Castro através do túnel 5 e canal.

**Reservatório Paiva Castro:**  
Altitude: 745 m.  
Contribuição para o sistema: 2 mil l/s.  
Conexão com o resto do sistema: água segue por gravidade para a Estação Elevatória de Santa Inês através do túnel 3, de onde é enviada para o alto da Serra da Cantareira por um conjunto de bombas.

**Reservatório de Aguas Claras:**  
Altitude: 860 m.  
Contribuição para o sistema: manutenção do fluxo contínuo de 33 mil l/s durante 3 horas no caso de paralisação da Estação Elevatória.  
Conexão com o resto do sistema: água segue por gravidade para a Estação de Tratamento de Água (ETA) do Guarau através do túnel 2, onde é tratada e distribuída para a RMSP.

ETA do Guarau



## Apresentação

O Sistema Cantareira produz metade da água consumida pelos 19 milhões de habitantes da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Considerado um dos maiores sistemas produtores de água do mundo, produz 33 mil litros de água por segundo, tem uma área de aproximadamente 228 mil hectares, e abrange 12 municípios, quatro deles no Estado de Minas Gerais. As águas produzidas pelo sistema são provenientes, em sua grande maioria, da bacia do Rio Piracicaba, e transpostas para a região da bacia do Alto Tietê, onde se localiza a grande São Paulo.

A região enfrentou nos últimos anos, principalmente no período de 1998 a 2004, uma intensa estiagem, com diminuição dos índices pluviométricos e conseqüente queda dos níveis dos reservatórios do Sistema Cantareira. Em novembro de 2003, o momento mais crítico deste período, o Sistema Cantareira atingiu o alarmante nível de quase 1% de armazenamento, colocando em risco o abastecimento público de quase metade da população da RMSP. Até hoje, os reservatórios ainda não se recuperaram dos impactos da estiagem. Em fevereiro de 2007, mais de três anos depois, o nível do Sistema Cantareira estava em 50%, o mais baixo entre todos os sistemas produtores de água para a RMSP.

Em 2003, grande parte do território ocupado pelas cinco bacias formadoras do sistema encontrava-se alterado por usos humanos. As áreas cobertas por vegetação, fundamentais para a produção e purificação de água, ocupavam apenas 21% da área do sistema. Os dados são preocupantes, já que a região é de extrema importância para o abastecimento de toda RMSP, assim como para a região de Piracicaba.

O território do Sistema Cantareira, que já foi predominantemente rural, passou por intensas mudanças desde a implantação dos reservatórios, na década de 70, e da construção e duplicação das rodovias que cortam a região, nas décadas seguintes. Nas proximidades das Rodovias Dom Pedro I e Fernão Dias instalaram-se diversas indústrias. Além da localização privilegiada para a instalação de empresas, a proximidade com a RMSP faz com que a região, caracterizada por belas paisagens, seja extremamente atraente para o mercado imobiliário.

Atualmente, é possível verificar o surgimento de empreendimentos imobiliários residenciais e de lazer, destinados aos turistas de fim de semana ou aos que desejam morar em locais com maior qualidade de vida e manter o emprego nos centros urbanos, principalmente na RMSP. Estes empreendimentos têm consolidado um processo crescente de ocupação do solo no entorno dos reservatórios e em toda a região.

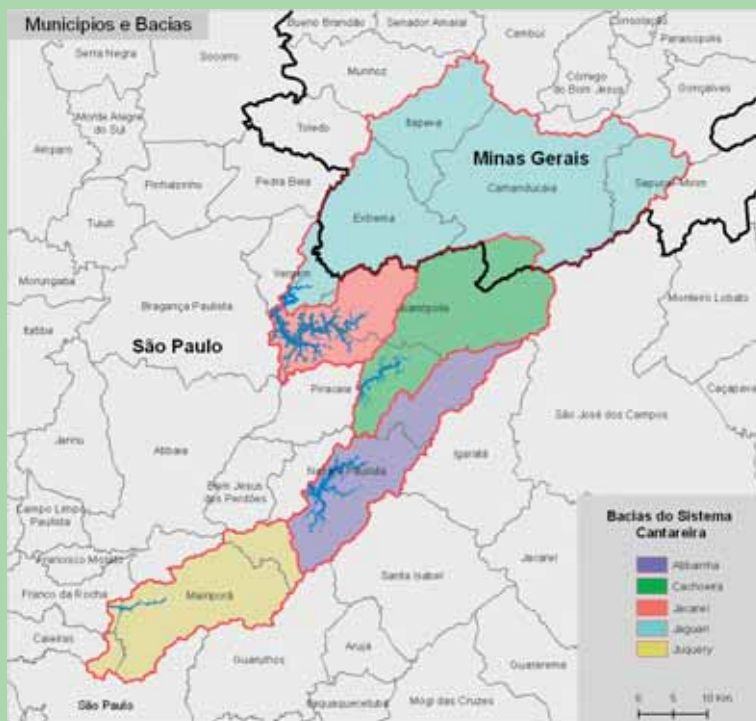
Esta ocupação, por sua vez, vem ocorrendo sem o devido planejamento e pode acarretar em impactos negativos para a qualidade da água do sistema. A ausência de planejamento da ocupação pode ser comprovada pela baixa cobertura de serviços de coleta e principalmente tratamento de esgoto nos municípios da região. Vários municípios destinam os esgotos coletados aos rios e córregos que alimentam o sistema, sem nenhum tratamento prévio.

Por enquanto, a urbanização ainda não é intensa o suficiente para comprometer de forma definitiva os corpos d'água da região, e a qualidade da água no sistema é, em geral, boa. Porém, a piora na qualidade da água já pode ser verificada em quase todos os principais tributários. Com as tendências que se apresentam e se tal situação se perpetuar, o Sistema Cantareira corre o risco de passar a conviver com os mesmos problemas de outros mananciais da RMSP, como a Guarapiranga e a Billings, que apresentam altos índices de poluição em decorrência da ocupação desordenada de suas bacias hidrográficas.

Finalmente, é importante – e urgente – que os responsáveis pela gestão desta região – municípios, estados, união e sociedade civil organizada – passem a olhar para o Sistema Cantareira de forma integrada. Esperamos que a ampla divulgação das informações contidas neste documento estimule essa articulação e forneça subsídios para implementar ações que garantam a sustentabilidade socioambiental deste manancial estratégico para toda a RMSP



## Sistema Cantareira



## Introdução

"**Cantareira 2006 – Um olhar sobre o maior manancial de água da Região Metropolitana de São Paulo**" apresenta os principais resultados do Diagnóstico Socioambiental Participativo do Sistema Cantareira, desenvolvido pelo Instituto Socioambiental com o apoio do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (Fehidro) e com a participação de diversas organizações governamentais e não-governamentais atuantes na região.

A publicação está organizada em três capítulos. O primeiro – Caracterização geral do Sistema Cantareira – apresenta ao leitor o contexto atual e um retrato da região, através de informações sobre a localização do Sistema Cantareira e o seu funcionamento, a descrição das bacias hidrográficas formadoras, o histórico da região, a divisão político-administrativa, a situação dos serviços de saneamento nos municípios, títulos e requerimentos minerais, o quadro de uso e ocupação do solo em 2003 no sistema como um todo, nas bacias hidrográficas formadoras e municípios, a legislação incidente sobre a região e o status atual das unidades de conservação.

O segundo capítulo – Alterações socioambientais no período de 1989 a 2003 na região do Sistema Cantareira – traz informações sobre a evolução das atividades humanas ocorridas no período de 1989 a 2003 na região. Este quadro é apresentado através de dados relativos às alterações no uso e ocupação do solo no Sistema Cantareira, com enfoque maior na expansão urbana, desmatamento e áreas de campo antrópico existentes na região, analisadas por bacias e por municípios.

Finalmente, o terceiro e último capítulo – Ameaças e perspectivas para a sustentabilidade socioambiental da região do Sistema Cantareira – apresenta o quanto a capacidade de produção hídrica da região pode ser comprometida devido aos distintos usos do solo, uma avaliação sobre a evolução da qualidade e quantidade da água produzida, e também um diagnóstico sobre a situação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) do Sistema Cantareira. Neste capítulo estão apresentadas também as principais conclusões e recomendações originadas a partir do conjunto de informações produzidas durante o diagnóstico.

Esta publicação inclui dois outros produtos do diagnóstico: um mapa-pôster e um CD-Rom contendo a presente publicação em meio digital e os dados cartográficos gerados no âmbito do projeto.

O Diagnóstico Socioambiental Participativo do Sistema Cantareira foi elaborado pelo ISA com o objetivo de servir de subsídio ao planejamento e às ações das diversas instituições e organizações – governamentais e não-governamentais – atuantes na região, e principalmente divulgar um conjunto de informações inéditas sobre o Sistema Cantareira, que produz a água que abastece metade de toda a Região Metropolitana de São Paulo.

Sua elaboração seguiu as seguintes etapas:

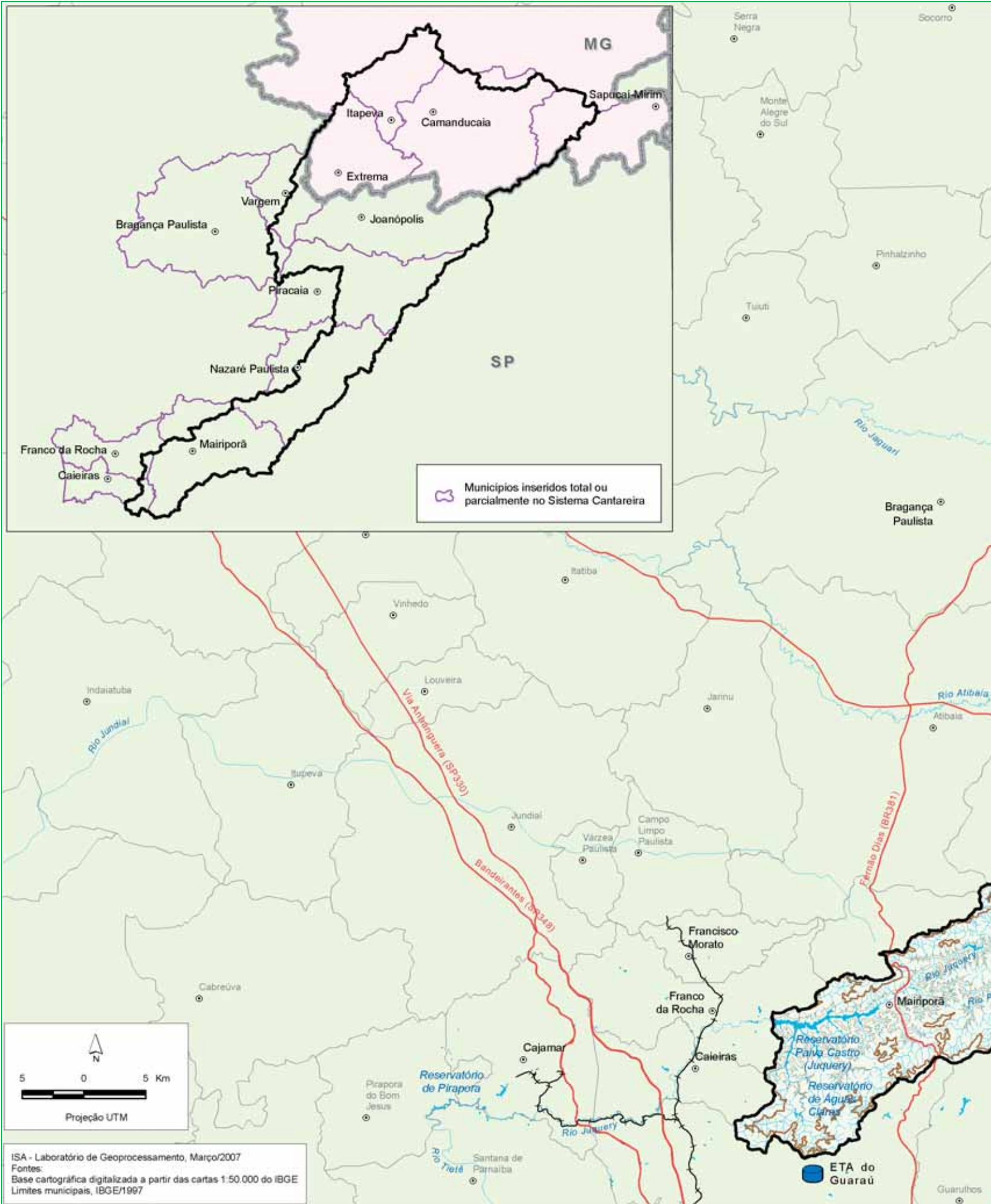
1. Produção de base cartográfica digital do Sistema Cantareira;
2. Realização de sobrevôo para checagem do uso do solo e produção de imagens sobre a região, em novembro de 2003;
3. Seminário para definição de temas a serem tratados no projeto e identificação de fontes de informações e atores importantes a serem envolvidos no processo de produção do diagnóstico, realizado em dezembro de 2003, no auditório do Centro de Educação Ambiental da barragem Jaguari da Sabesp, no município de Vargem/SP;
4. Levantamento e coleta de informações disponíveis sobre a área de abrangência do projeto;
5. Classificação do uso do solo através de interpretação de imagem de satélite LandSat 7 ETM para os anos de 1989, 1999 e 2003;
6. Reuniões junto às prefeituras de todos os municípios inseridos na área de abrangência do Sistema Cantareira, para coleta de informações ambientais e de saneamento e checagem das informações de uso do solo, além de reuniões junto a outros atores da região, realizadas durante agosto de 2004 e agosto de 2006;
7. Trabalho de campo, por terra, para checagem de informações de uso do solo, realizado em agosto de 2005;
8. Produção de análises espaciais e estatísticas a partir das informações de uso do solo;
9. Produção de mapas;
10. Produção da publicação e disponibilização das informações geradas.

Este diagnóstico vem somar-se aos demais já produzidos pelo ISA sobre as bacias hidrográficas de Billings e Guarapiranga, consolidando um conjunto de informações sobre os principais mananciais da Região Metropolitana de São Paulo.

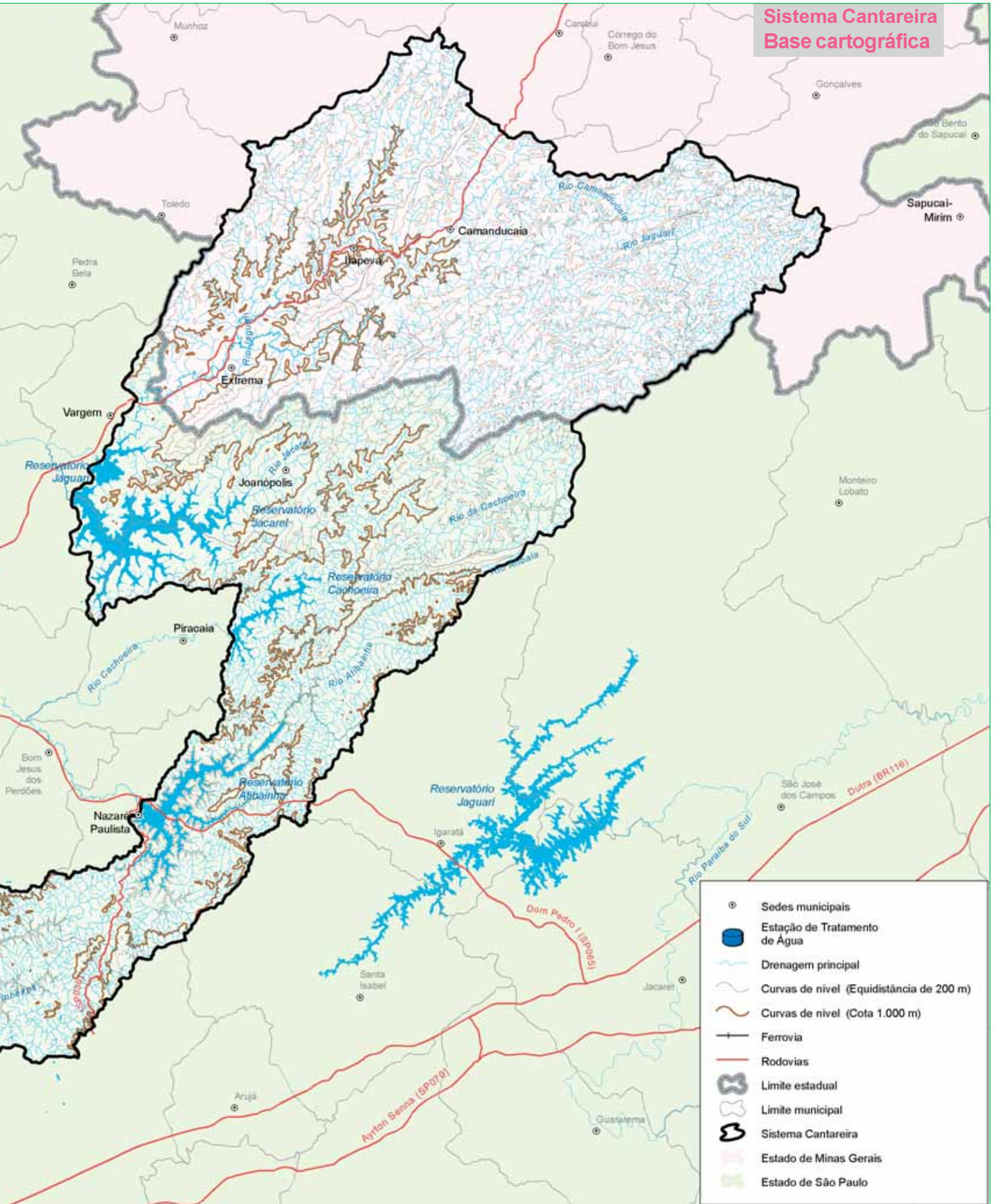


**1**

**CARACTERIZAÇÃO GERAL  
DO SISTEMA CANTAREIRA**



**Sistema Cantareira**  
Base cartográfica



- ⊙ Sedes municipais
- 🏠 Estação de Tratamento de Água
- 🌊 Drenagem principal
- 📏 Curvas de nível (Equidistância de 200 m)
- 📏 Curvas de nível (Cota 1.000 m)
- 🚊 Ferrovia
- 🛣️ Rodovias
- 🗺️ Limite estadual
- 🗺️ Limite municipal
- 🗺️ Sistema Cantareira
- 🇧🇷 Estado de Minas Gerais
- 🇧🇷 Estado de São Paulo



## Caracterização Geral

Localizado ao norte da Grande São Paulo, o Sistema Cantareira produz 33 mil litros por segundo e abastece 8,8 milhões de pessoas (46% da população da RMSP), residentes nas zonas norte, central, parte da leste e oeste da capital e nos municípios de Franco da Rocha, Francisco Morato, Caieiras, Osasco, Carapicuíba e São Caetano do Sul e parte dos municípios de Guarulhos, Barueri, Taboão da Serra e Santo André.

Tabela 1

### Área do Sistema Cantareira nos Estados de Minas Gerais e São Paulo

Estado (UF)	Áreas (em ha) <sup>(1)</sup>	% <sup>(2)</sup>
São Paulo	125.787,2	55,2
Minas Gerais	102.162,1	44,8

<sup>(1)</sup> Fonte: ISA.

<sup>(2)</sup> Em relação à área total do Sistema Cantareira.

Tabela 2

### Área dos municípios inseridos na região do Sistema Cantareira

Município/UF	Área total do município (ha) <sup>(1)</sup>	Área inserida no Sistema (ha) <sup>(2)</sup>	% <sup>(3)</sup>	% <sup>(4)</sup>
Camanducaia/MG	52.737,7	49.791,7	94,4	21,8
Extrema/MG	24.294,3	24.256,4	99,8	10,6
Itapeva/MG	17.736,8	17.736,8	100,0	7,8
Sapucaí-Mirim/MG	28.386,4	10.377,2	36,6	4,6
Bragança Paulista/SP	51.376,2	1.775,6	3,5	0,8
Caieiras/SP	9.349,9	1.859,8	19,9	0,8
Franco da Rocha/SP	13.700,2	699,4	5,1	0,3
Joanópolis/SP	37.134,3	37.134,0	100,0	16,3
Mairiporã/SP	32.032,6	25.854,7	80,7	11,3
Nazaré Paulista/SP	32.243,3	25.281,0	78,4	11,1
Piracaia/SP	39.174,3	26.876,7	68,6	11,8
Vargem/SP	14.270,0	6.306,0	44,2	2,8

<sup>(1)</sup> Fonte: IBGE.

<sup>(2)</sup> Fonte: SIG ISA.

<sup>(3)</sup> Em relação à área total do município.

<sup>(4)</sup> Em relação à área total do Sistema Cantareira.

Gráfico 1

### Participação dos municípios na área do Sistema Cantareira (em %)



Estação de Tratamento de Água (ETA) do Guarauá, localizada no alto da Serra da Cantareira, e cidade de São Paulo ao fundo. Ali é tratada toda a água proveniente do Sistema Cantareira, que abastece metade da RMSP. Foto: latã Cannabrava/ISA (fev/07).

O sistema abrange 12 municípios, sendo oito no Estado de São Paulo e quatro no estado de Minas Gerais, conforme a tabela 2. Com exceção de Extrema, Itapeva e Joanópolis, que estão integralmente inseridos na área produtora de água para o Sistema Cantareira, os demais municípios têm apenas parte de seu território dentro da área de drenagem do sistema.

Para produzir esta quantidade de água, o Sistema Cantareira faz a transposição entre duas bacias hidrográficas, importando água da Bacia Hidrográfica do Piracicaba para a Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. Com quase 45% de sua área no estado de Minas Gerais, conta com uma área de drenagem de aproximadamente 227.950 hectares, composta por cinco sub-bacias hidrográficas e seis reservatórios interligados por túneis artificiais subterrâneos, canais e bombas.

Apenas 12,4% da área do sistema (28.372 ha) está inserida nos limites da Área de Proteção aos Mananciais da RMSP, que corresponde à parte da Bacia do Rio Juquery.

### ■ O Sistema Cantareira

O Sistema Cantareira é um dos maiores sistemas de abastecimento público do mundo. Com uma área produtora de água de aproximadamente 227.950 hectares, produz 33 mil litros por segundo, dos quais 31 são produzidos na Bacia Hidrográfica do Rio

Piracicaba e apenas dois são produzidos na Bacia do Alto Tietê, pelo rio Juquery. Dos 31 mil litros por segundo produzidos na Bacia do Piracicaba, 22 vêm dos reservatórios Jaguari-Jacareí, cujas bacias estão inseridas majoritariamente no Estado de Minas Gerais.

O sistema contém estruturas hidráulicas de regularização de vazões e de adução de água de grande porte e envolve vazões muito altas por se tratar de um sistema para abastecimento público, construído com o objetivo de garantir o atendimento de parte das demandas para o abastecimento da RMSP e das bacias hidrográficas localizadas a jusante das mesmas.

**Tabela 3** Capacidade de regularização de vazão de água dos reservatórios do Sistema Cantareira

Reservatórios	Mil litros/segundo <sup>(1)</sup>	%
Juquery (Paiva Castro)	2.000	6,1
Atibainha	4.000	12,1
Cachoeira	5.000	15,2
Jaguari/Jacareí	22.000	66,7
<b>Total Sistema</b>	<b>33.000</b>	<b>100,00</b>

<sup>(1)</sup> Fonte: Sabesp.

O Sistema Cantareira é composto por:

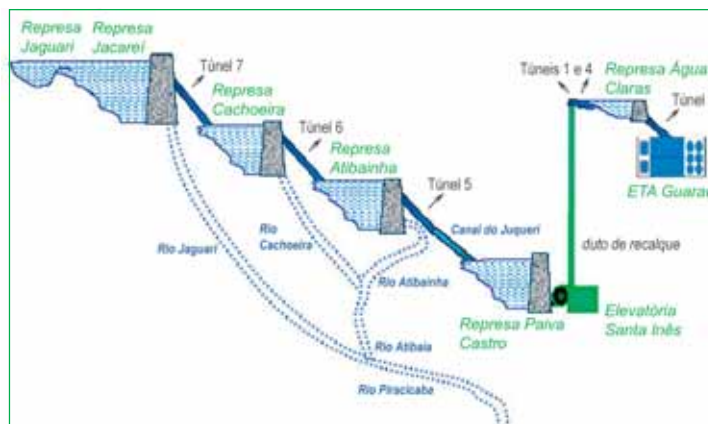
- Cinco reservatórios de regularização de vazões: Jaguari e Jacareí (interligados); Cachoeira; Atibainha e Juquery (ou Paiva Castro);
- Túneis e canais de interligação para transferência de água de uma represa para outra mais à jusante;
- Uma estação elevatória de água: a Elevatória de Santa Inês, responsável por recalcar a água dos cinco reservatórios captada no último deles;
- Um reservatório – Águas Claras – o qual, dada a sua capacidade e a vazão por ele veiculada, pode ser considerado “tipo pulmão”, com a finalidade de manter o fluxo contínuo de água para a ETA Guaraú;
- Uma estação de tratamento de água: a ETA do Guaraú.

A operação destas estruturas de regularização do sistema compreende a manobra de um conjunto de válvulas e comportas que permite manejar a transferência de água entre os reservatórios e as descargas a jusante. Para isso são necessárias regras objetivas a fim de atender às demandas a cada momento e manter estoques de água nos reservatórios para superar situações críticas de estiagem e/ou propiciar controle de cheias em épocas chuvosas. Atualmente, tais regras são dadas pelos documentos da nova outorga do Sistema Cantareira, válidas desde agosto de 2004.

O quadro 1, na página ao lado, descreve as principais estruturas que compõem o Sistema Cantareira, de acordo com o caminho percorrido pela água de montante para jusante, ou seja, do sul de Minas Gerais a São Paulo.

### ■ Nova Outorga do Sistema Cantareira

A outorga do Sistema Cantareira foi renovada em agosto de 2004 (Portaria Dae n° 1213/2004), após encerrados os 30 anos de validade da anterior. A nova outorga, que tem prazo de validade de dez anos, representa um avanço na gestão dos recursos hídricos da região, já que instituiu a gestão compartilhada e trouxe garantias para as regiões abastecidas pela água produzida na



Perfil esquemático do Sistema Cantareira. Fonte: Sabesp

região, que incluem porções das bacias hidrográficas do Alto Tietê e do Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ). Entre as principais garantias estão: definição de uma vazão máxima de água que pode ser retirada da porção do sistema inserida na bacia do Piracicaba; o estabelecimento de um banco de águas; definição de metas de tratamento de esgoto nos municípios do PCJ; e o monitoramento destas ações pela Agência Nacional de Águas (ANA), Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE) e os dois comitês das respectivas bacias hidrográficas.

A nova licença prevê a retirada de, no máximo, 31 mil litros por segundo de água pela Sabesp, para abastecimento da RMSP, e 5 mil litros por segundo para as bacias PCJ. O volume mínimo de água a ser revertido para a RMSP é de 24,8 mil litros/s e 3 mil litros/s para o PCJ. O banco de águas permite o armazenamento do volume não utilizado no período de chuvas para uso em períodos de estiagem, ou seja, funciona como uma poupança para as regiões utilizarem em períodos mais críticos. Para monitorar o banco de águas, a ANA e o DAEE passaram a emitir, desde agosto de 2004, comunicado conjunto informando à Sabesp e ao Comitê PCJ o saldo para o mês subsequente, obtido a partir da contabilização dos volumes não utilizados a que cada região tem direito, para posterior compensação.

Através da nova outorga, a Sabesp ficou encarregada de firmar, em conjunto com os municípios e demais entidades operadoras dos serviços de saneamento na área de atuação do Comitê PCJ, um Termo de Compromisso com estabelecimento de metas a serem cumpridas até 2014 – ano de renovação da outorga – para tratamento de esgotos urbanos, controle de perdas físicas nos sistemas de abastecimento de água e ações que contribuam para a recarga do lençol freático. O não cumprimento das metas pode acarretar na não renovação da outorga.

O volume útil operacional dos reservatórios, que é a diferença entre o volume máximo operacional (cota máxima para a operação do reservatório) e o volume mínimo operacional (cota mínima necessária para a operação do reservatório) sofreu alterações com a nova outorga. O volume mínimo foi rebaixado, o que resultou em aumento do volume útil operacional e passou a permitir que, em períodos de estiagem, haja retirada de água dos reservatórios até mais próximos do seu esvaziamento.

De uma forma geral, a nova outorga representou avanços, pois formalizou regras e procedimentos operacionais, que antes se davam através de negociações entre os municípios e a Sabesp, e trouxe maior transparência ao processo e garantias para as partes envolvidas.

Sistema Jaguari-Jacareí	Entrou em operação em maio de 1982. É formado por duas barragens e um canal de interligação de 670m de extensão que conecta os dois corpos centrais receptores dos rios Jaguari e Jacareí, constituindo-os em um só reservatório. É o maior do Sistema Cantareira, contribuindo com a produção de 22 mil litros/s. A área de inundação estende-se por parte dos municípios de Vargem, Bragança Paulista, Joanópolis e Piracaia. Pelo fato dos dois reservatórios serem interligados e funcionarem como um sistema de reservação único, há algumas peculiaridades: a área do reservatório do Jacareí é maior do que a do Jaguari, mas a maior vazão afluente de água é produzida pelo rio Jaguari; a água chega pelo Jaguari e fica, em sua maior parte, reservada no Jacareí; o vertedor de proteção contra cheias está na barragem do Jaguari, e a tomada de água que interliga o reservatório com o resto do sistema está no reservatório do Jacareí; ambas têm válvulas que possibilitam manutenção controlada da vazão à jusante dos reservatórios. Está ligado ao reservatório Cachoeira através do túnel 7, com 5.885 m de extensão
Reservatório Cachoeira	Entrou em operação em novembro de 1974, como parte das obras da 1ª etapa do Sistema Cantareira. A área inundada do reservatório, que contribui com 5 mil litros/s para o sistema, está localizada no município de Piracaia. Ocupa posição intermediária entre os reservatórios Jaguari-Jacareí e o Atibainha, recebendo além da contribuição natural do rio Cachoeira as provenientes do Jaguari-Jacareí. Está interligado ao reservatório Atibainha pelo túnel 6, com 4.700 metros, e por um canal de cerca de 1.200 m.
Reservatório Atibainha	Entrou em operação em fevereiro de 1975, na 1ª etapa de implantação do Sistema. A área inundada do reservatório está localizada no município de Nazaré Paulista. O reservatório contribui com 4 m³/s para o sistema. Ocupa posição intermediária entre os reservatórios Cachoeira e Paiva Castro. Além das contribuições naturais do Rio Atibainha, recebe as águas provenientes dos rios Jaguari, Jacareí e Cachoeira. A ligação entre os reservatórios Atibainha e Paiva Castro é feita por um túnel de quase 10 Km de extensão (túnel 5, com 9.840m), por um canal à jusante do leito do rio Juquery-Mirim, e segue por mais dois quilômetros do represamento deste rio até o início do reservatório Paiva Castro. Neste trecho estão implantados cinco vertedores, dispostos ao longo do canal retificado do rio Juquery, para dissipação de energia e impedimento de erosão no canal.
Reservatório Juquery (Paiva Castro)	Entrou em operação em maio de 1973. Situado no município de Mairiporã, o reservatório do Rio Juquery, chamado de Paiva Castro, contribui com 2 m³/s. Nele unem-se as águas revertidas das bacias dos rios Jaguari, Jacareí, Cachoeira e Atibainha, além da que é produzida na própria bacia do Juquery. Após o reservatório Paiva Castro, a água segue para a estação elevatória de Santa Inês pelo túnel 3.
Estação Elevatória de Santa Inês	A casa de máquinas da Elevatória de Santa Inês está implantada a cerca de 70 m abaixo da superfície do terreno, vizinha ao maciço da Serra da Cantareira. Cada uma das quatro bombas tem capacidade para recalcar 11mil litros/s a uma altura de 120m (desnível da Serra da Cantareira). Após a saída das bombas, a água percorre dois outros túneis (túnel 4 e parte do túnel 1) e chega ao reservatório de Águas Claras.
Reservatório Águas Claras	Este reservatório, que fica no alto da Serra da Cantareira, entrou em funcionamento em 1971. É a sexta represa do Sistema Cantareira e tem função de segurança, pois serve para manter um fluxo contínuo (tempo de residência) de 33 mil litros/s durante 3 horas caso a estação elevatória pare. Por gravidade, a água sai do reservatório e chega à Estação de Tratamento de Água do Guaraú, através de túnel com quase 5 km de extensão (túnel 2, com 4.878 m).
Estação de Tratamento de Água do Guaraú	A ETA do Guaraú corresponde em planta a um retângulo alongado de aproximadamente 700m de comprimento por 120m de largura. As unidades em operação têm capacidade de tratamento nominal de 33 mil litros/s e a capacidade do reservatório de água tratada é de 40 milhões de litros. É uma estação do tipo convencional. Ao chegar à ETA, a água que alimenta a estação (água bruta) é controlada por três válvulas dissipadoras de energia, com a finalidade de diminuir sua velocidade, e flui por gravidade através da estação e pelo reservatório regulador, indo para o sistema de distribuição como água tratada. O tratamento compreende os seguintes processos: passagem por sistema de gradeamento para retirada de sólidos provenientes dos reservatórios (folhas, galhos, troncos, peixes, etc), desinfecção, coagulação, floculação, decantação, filtração, correção de pH, fluoretação, produtos químicos auxiliares (polieletrólito e carvão ativado) quando necessário e, finalmente, reservação e distribuição.

Fonte: Sabesp.

## ■ Bacias hidrográficas dos reservatórios formadores do Sistema Cantareira

A água produzida pelo Sistema Cantareira é proveniente das bacias hidrográficas que alimentam os cinco reservatórios: Jaguari, Jacareí, Cachoeira, Atibainha e Juquery (Paiva Castro). A tabela 4 apresenta as sub-bacias hidrográficas formadoras do sistema, com suas respectivas áreas.

### ■ Bacia Hidrográfica do Reservatório Jaguari

A área de drenagem do rio Jaguari à montante da represa, dentro do Sistema Cantareira, abrange 103.243,4 hectares. Suas nascentes estão localizadas no Estado de Minas Gerais, nos municípios de Camanducaia, Extrema, Itapeva e Toledo. Em Extrema, o rio Jaguari recebe um afluente importante, o rio Camanducaia Mineiro. Alguns quilômetros abaixo da referida confluência, já dentro do Estado de São Paulo, o rio Jaguari é represado, constituindo um dos reservatórios do Sistema Cantareira. A jusante do reservatório, já fora do Sistema Cantareira, nasce no município de Americana (SP) o rio Piracicaba, pela junção dos rios Jaguari e Atibaia, seguindo depois até o município de Barra Bonita (SP), onde se une ao rio Tietê. Como a bacia do Jaguari abrange quatro municípios mineiros e quinze paulistas, ela é considerada Federal.

Nos limites do Sistema Cantareira, a bacia do Rio Jaguari compreende total ou parcialmente os municípios de Camanducaia, Extrema, Itapeva, Sapucaí-Mirim, Joanópolis e Vargem, conforme tabela 5.

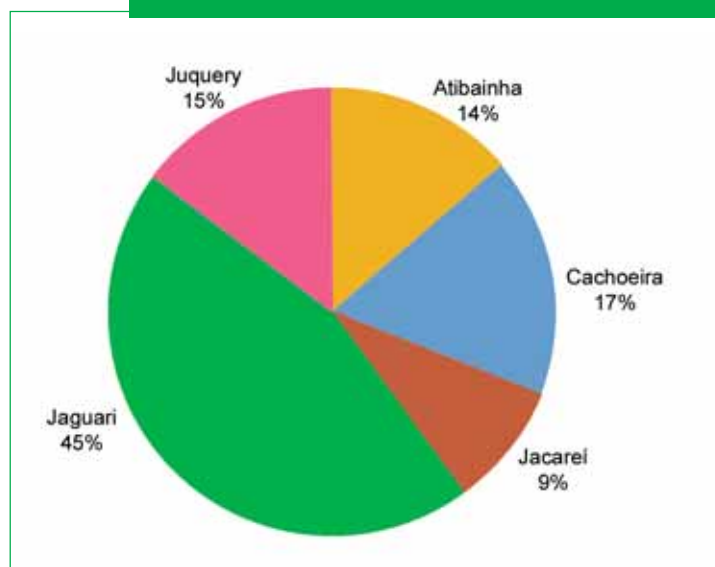
Tabela 4 Área das Bacias formadoras do Sistema Cantareira

Bacias Hidrográficas	Área (em ha) <sup>(1)</sup>	% <sup>(2)</sup>
Atibainha	31.476,9	13,8
Cachoeira	39.167,3	17,2
Jacareí	20.290,7	8,9
Jaguari	103.243,4	45,3
Juquery (Paiva Castro)	33.771,0	14,8
<b>Área total do Sistema</b>	<b>227.949,3</b>	<b>100,0</b>

<sup>(1)</sup> Fonte: SIG ISA.

<sup>(2)</sup> Em relação à área total do Sistema Cantareira.

Gráfico 2 Participação das bacias hidrográficas dos reservatórios no Sistema Cantareira



Vista geral dos Reservatórios Jaguari e Jacareí no auge do período de estiagem, que se pode notar pelas margens secas e expostas. Pode-se observar o canal que os une e o relevo predominante desta região. Foto: latã Cannabrava/ISA (dez/03).

Tabela 5 Área dos municípios inseridos na bacia do Jaguari

Município	UF	Área (em ha) <sup>(1)</sup>	% <sup>(2)</sup>	% <sup>(3)</sup>
Camanducaia	MG	45.419,6	44,0	86,1
Extrema	MG	24.256,4	23,5	99,8
Itapeva	MG	17.736,8	17,2	100,0
Sapucaí-Mirim	MG	10.377,2	10,1	36,6
Joanópolis	SP	399,6	0,4	1,1
Vargem	SP	5.053,9	4,9	35,4
<b>Total</b>		<b>103.243,4</b>		

<sup>(1)</sup> Fonte: SIG ISA.

<sup>(2)</sup> Em relação à área total da bacia.

<sup>(3)</sup> Em relação à área total do município.

### ■ Bacia Hidrográfica do Reservatório Jacareí

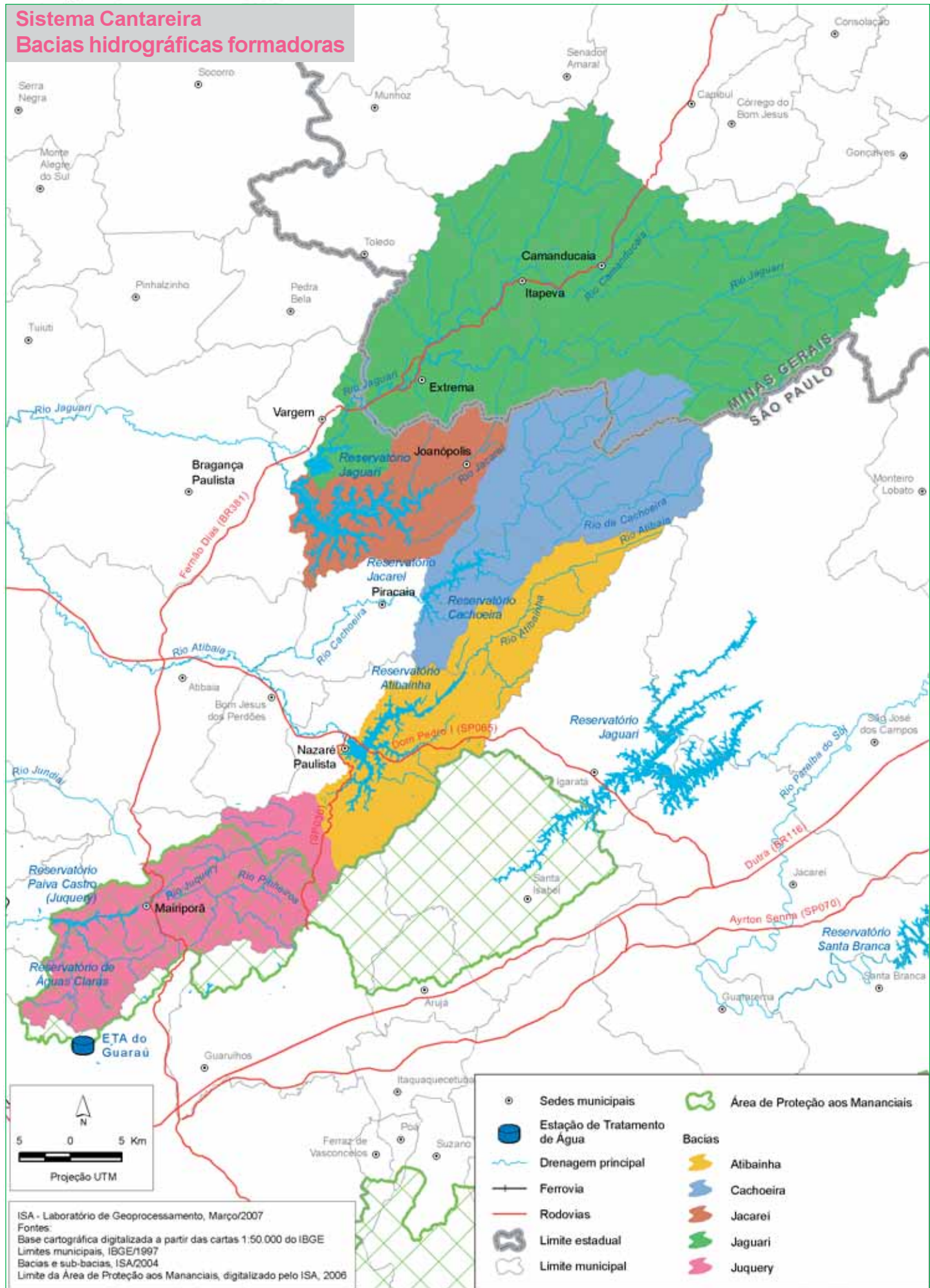
A Bacia hidrográfica do rio Jacareí, dentro do Sistema Cantareira, abrange uma área de 20.290,7 hectares. A maioria de suas nascentes está localizada no município de Joanópolis. O rio Jacareí, após represado, dá origem ao reservatório Jacareí, que por sua vez é interligado através de um canal à represa Jaguari, o que faz com que sejam operados como um único reservatório. A jusante da represa, o rio Jacareí junta-se aos outros formadores da Bacia Hidrográfica do rio Piracicaba.



Vista geral do Reservatório Jacareí e das formas de uso e ocupação do solo em seu entorno, marcado pela grande extensão de áreas de campo antrópico e praticamente sem vegetação. Foto: latã Cannabrava/ISA (dez/03).



## Sistema Cantareira Bacias hidrográficas formadoras



Na porção inserida no Sistema Cantareira, a bacia do Jacaréi compreende parcialmente os municípios de Bragança Paulista, Joanópolis, Piracaia e Vargem, conforme tabela 6.

**Tabela 6** Área dos municípios inseridos na bacia do Jacaréi

Município	UF	Área (em ha) <sup>(1)</sup>	% <sup>(2)</sup>	% <sup>(3)</sup>
Bragança Paulista	SP	1.775,6	8,8	3,5
Joanópolis	SP	11.347,0	55,9	30,6
Piracaia	SP	5.915,9	29,2	15,1
Vargem	SP	1.252,2	6,2	8,8
<b>Total</b>		<b>20.290,7</b>		

<sup>(1)</sup> Fonte: SIG ISA.

<sup>(2)</sup> Em relação à área total da bacia.

<sup>(3)</sup> Em relação à área total do município.

### ■ Bacia do Reservatório Cachoeira

A Bacia Hidrográfica do rio Cachoeira, dentro dos limites do Sistema Cantareira, abrange uma área de 39.167,3 hectares. O



Vista geral do corpo central e margens do Reservatório Cachoeira. Foto: Iatã Cannabrava/ISA (dez/03).



Rodovia Dom Pedro II sobre o corpo central do Reservatório Atibainha, núcleo urbano de Nazaré Paulista ao fundo. Foto: Iatã Cannabrava/ISA (dez/03)

Reservatório Cachoeira, localizado no município de Piracaia, é formado pelo barramento do rio Cachoeira, e tem a particularidade de ser o único reservatório do sistema que conta com grande área de propriedade da Sabesp em seu entorno. É também o único isolado de sistemas rodoviários de grande porte.

Assim como os rios Jaguari e Jacaréi, o rio Cachoeira é integrante da bacia do Piracicaba. Este rio é considerado de dominialidade federal. A bacia do Reservatório Cachoeira compreende parcialmente os municípios de Camanducaia, Joanópolis e Piracaia, conforme a tabela 7.

**Tabela 7** Área dos municípios inseridos na bacia do Cachoeira

Município	UF	Área (em ha) <sup>(1)</sup>	% <sup>(2)</sup>	% <sup>(3)</sup>
Camanducaia	MG	4.372,0	11,2	8,3
Joanópolis	SP	25.387,5	64,8	68,4
Piracaia	SP	9.407,8	24,0	24,0
<b>Total</b>		<b>39.167,3</b>		

<sup>(1)</sup> Fonte: SIG ISA.

<sup>(2)</sup> Em relação à área total da bacia.

<sup>(3)</sup> Em relação à área total do município.

### ■ Bacia do Reservatório Atibainha

A área de drenagem do rio Atibainha, inserida nos limites do Sistema Cantareira, abrange 31.476,9 hectares. O Reservatório Atibainha está inteiramente localizado no município de Nazaré Paulista, e é cortado pela Rodovia Dom Pedro I. À jusante do reservatório, o rio Atibainha segue seu curso e contribui com a formação da bacia do rio Piracicaba. A bacia do Reservatório Atibainha compreende parcialmente os municípios de Piracaia e Nazaré Paulista, conforme mostra a tabela 8.

**Tabela 8** Área dos municípios inseridos na bacia do Atibainha

Município	UF	Área (em ha) <sup>(1)</sup>	% <sup>(2)</sup>	% <sup>(3)</sup>
Nazaré Paulista	SP	19.923,9	63,3	61,8
Piracaia	SP	11.553,0	36,7	29,5
<b>Total</b>		<b>31.476,9</b>		

<sup>(1)</sup> Fonte: SIG ISA.

<sup>(2)</sup> Em relação à área total da bacia.

<sup>(3)</sup> Em relação à área total do município.

### ■ Bacia do Reservatório Juquery (Paiva Castro)

A Bacia Hidrográfica do rio Juquery, dentro do Sistema Cantareira, alimenta o Reservatório Paiva Castro, em Mairiporã. Ela abrange uma área de 33.771 hectares e é a única que não faz parte da Bacia do Piracicaba, já que integra a Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. Após o Reservatório Paiva Castro, o rio Juquery segue seu curso até o reservatório de Pirapora do Bom Jesus. A bacia do Paiva Castro, diferentemente das outras bacias que compõem o Sistema Cantareira, conta com urbanização bastante intensa, e é a única que está parcialmente inserida nos limites da Área de Proteção aos Mananciais (28.372 hectares, ou 84% de sua área).

Esta bacia compreende parcialmente os municípios de Caiiras, Franco da Rocha, Mairiporã e Nazaré Paulista, conforme tabela 9.

Tabela 9

### Área dos municípios inseridos na bacia do Juquery (Paiva Castro)

Município	UF	Área (em ha) <sup>(1)</sup>	% <sup>(2)</sup>	% <sup>(3)</sup>
Caieiras	SP	1.859,8	5,5	19,9
Franco da Rocha	SP	699,4	2,1	5,1
Mairiporã	SP	25.854,7	76,6	80,7
Nazaré Paulista	SP	5.357,1	15,9	16,6
<b>Total</b>		<b>33.771</b>		

<sup>(1)</sup> Fonte: SIG ISA.

<sup>(2)</sup> Em relação à área total da bacia.

<sup>(3)</sup> Em relação à área total do município.

## ■ Breve histórico do Sistema Cantareira e região

O abastecimento público de água tem íntima relação com a história da formação da metrópole paulista. Nas fases iniciais de urbanização, o abastecimento era estruturado sobre atendimentos de pequeno porte, através de um sistema de pequenas represas na Serra da Cantareira. Com a urbanização crescente de São Paulo e o rápido crescimento demográfico provocado pela industrialização, iniciou-se a busca de mananciais protegidos distantes das áreas urbanizadas, como na região do Alto Cotia, em 1914, e no Rio Claro, em 1932, e a utilização de reservatórios já existentes, como a Guarapiranga (1928) e Billings (1958). Apesar da ampliação das fontes de água, regiões de São Paulo, como a Zona Norte, continuaram com grandes deficiências de abastecimento.

A implantação do Sistema Cantareira durou quase duas décadas. A construção se deu em duas etapas, e iniciou-se com as obras de captação do rio Juquery, transpondo o maciço da Serra da Cantareira. O Sistema Produtor de Água Cantareira foi inaugurado em 30 de dezembro de 1973. Sua operação teve início em 1974 com o objetivo de incrementar o abastecimento público da Região Metropolitana de São Paulo, então com aproximadamente



Vista geral do Reservatório do Rio Juquery, ou Paiva Castro, em Mairiporã. Foto: Iatã Cannabrava/ISA (dez/03).

6 milhões de habitantes. Naquele ano, o Ministério das Minas e Energia assinou a outorga do Sistema Cantareira, que permitiria a adução de até 33 mil litros por segundo para abastecer a RMSP.

A primeira etapa das obras foi iniciada em 1965 pelo Departamento de Águas e Esgotos (DAE) que a repassou para a então criada Companhia Metropolitana de Água de São Paulo (Comasp, fundada em 1968), e posteriormente para a Sabesp (fundada em 1973). Esta primeira etapa de construção do sistema contemplou o aproveitamento dos rios Juquery, Atibainha e Cachoeira, fornecendo vazão nominal de 11 mil litros por segundo para São Paulo, e incluiu a construção das barragens dos rios Cachoeira, Atibainha e Juquery, do Reservatório de Águas Claras, túneis e canais de interligação e da Estação Elevatória de Santa Inês.

Em 1976, teve início a segunda etapa de construção do sistema, compreendendo as barragens dos rios Jaguari e Jacareí, que propiciaram, a partir de 1981, a adução total de 33 mil litros por segundo, dos quais 31 provêm da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba e dois da bacia do Alto Tietê. A implantação do Sistema Cantareira ampliou o atendimento de 60%, em 1975, para, em 1984, 95% da população residente na metrópole. Atualmente, a



Construção do Reservatório do Rio Juquery, ou Paiva Castro. Foto: Arquivo Sabesp.



Túnel que integra o Sistema Cantareira em construção. Foto: Arquivo Sabesp.

água produzida pelo sistema abastece 8,8 milhões de pessoas residentes nas zonas norte, central, parte da leste e oeste da capital e nos municípios de Franco da Rocha, Francisco Morato, Caieiras, Osasco, Carapicuíba e São Caetano do Sul e parte dos municípios de Guarulhos, Barueri, Taboão da Serra e Santo André.

Em agosto de 2004, foi renovada a outorga do sistema, que consistiu em um intenso processo de discussões no âmbito do Comitê de Bacia Hidrográfica dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ). Diferentemente da primeira outorga – emitida sem nenhuma regra operacional ou garantias para a região produtora de água – a nova outorga, assinada em conjunto pela Agência Nacional de Águas (ANA) e pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE) em 04 de agosto de 2004, garante uma série de procedimentos, regras operacionais e compromissos por parte da empresa que opera o Sistema Cantareira, no caso, a Sabesp.

A região enfrentou nos últimos anos, principalmente no período de 1998 a 2003, uma intensa estiagem, com diminuição dos índices pluviométricos e conseqüente queda dos níveis dos reservatórios do Sistema Cantareira. Em novembro de 2003, o momento mais crítico deste período, o Sistema Cantareira atingiu o alarmante nível de quase 1% de armazenamento e colocou em risco o abastecimento público de parte significativa da população da RMSP.

Mesmo com o alto risco de colapso no abastecimento, a Sabesp optou por não implementar o racionamento de água. Os reservatórios mais distantes da RMSP, principalmente o Jaguari-Jacaré e o Reservatório Cachoeira, esvaziaram a ponto de expor os leitos dos rios que os abastecem. A recuperação do Sistema vem ocorrendo lentamente, tanto que em fevereiro de 2007, três anos após o auge da estiagem, o nível do Sistema Cantareira estava em 50%, o mais baixo dentre os sistemas produtores da RMSP.

A região que hoje abriga o Sistema Cantareira era, até o final da década de 1960, predominantemente marcada pelas atividades econômicas agropecuárias, que ocupavam intensamente as áreas de várzeas. Com a implantação do sistema e seus reservatórios, o perfil socioeconômico da região sofreu uma mudança



significativa. As áreas férteis e planas foram inundadas e todo o ecossistema foi modificado. Conseqüentemente, o modo de vida e as relações culturais da população que vivia das atividades agropecuárias também foi afetado e redefinido.

A construção do Sistema Cantareira se deu durante o período do governo militar no Brasil. Da mesma forma como outros empreendimentos de grande porte realizados neste contexto, não houve envolvimento da sociedade civil no processo, sem que nenhum trabalho prévio de informação e sensibilização da população local tenha sido feito.

Os proprietários de terra foram indenizados pela área inundada, mas por falta de alternativas, grande parte da população acabou migrando para os centros urbanos da região, entre eles Bragança Paulista, Atibaia e Guarulhos. Alguns proprietários, que permaneceram ao redor dos reservatórios, optaram por desenvolver atividades ligadas ao turismo. Neste processo, grandes áreas de vegetação nativa foram substituídas por gramados e infra-estruturas de lazer. Outra atividade que ganhou muita força na região foi a silvicultura, que hoje ocupa extensas áreas no Sistema Cantareira e continua em expansão.

A construção e posterior duplicação da Rodovia Dom Pedro I – que liga a região Campineira ao Vale do Paraíba e Litoral Norte, atravessando o reservatório de Atibainha, em Nazaré Paulista – e a duplicação da Rodovia Fernão Dias, exerceram forte influência regional e modificaram sua dinâmica socioeconômica e socioambiental. Estas importantes rodovias abriram o território para o transporte de mercadorias e matérias primas, instalação de indústrias de grande porte e especulação imobiliária.

Como contrapartida ambiental para a mitigação dos impactos da duplicação da Rodovia Fernão Dias, no âmbito do projeto Entre Serras e Águas, seria implantado um plano de desenvolvimento sustentável para os municípios atingidos pela obra. Durante a década de 90, ocorreu um processo de produção de diagnóstico e discussões públicas junto aos representantes da sociedade civil e prefeituras, capitaneado pelo governo do Estado de São Paulo. Este processo não foi concluído e o referido plano não foi implantado até o presente momento. Outra medida ambiental da duplicação foi a aprovação de decreto de criação da APA Fernão Dias, que ainda não foi regulamentada.

Atualmente, poucos municípios contam com legislação municipal relativa a meio ambiente e controle do uso e ocupação do solo. Faltam instrumentos para aplicação de políticas públicas que direcionem a vocação da região para outros usos que não os urbanos tradicionais, industrialização e especulação imobiliária.

Novas áreas industriais estão sendo implantadas à beira das rodovias, principalmente em Atibaia, Bragança Paulista e Extrema (MG). Além da localização privilegiada para a instalação de empresas, a proximidade com a RMSP faz com que a região, em especial a área dos mananciais, caracterizada por belas paisagens, seja extremamente atraente para o mercado imobiliário. As atividades de agropecuária vêm cedendo lugar a empreendimentos imobiliários residenciais, como sítios, chácaras e condomínios, resultando em um processo crescente de ocupação do solo nas proximidades dos reservatórios e em toda a região, causando aumento dos danos ambientais.

Construção do Reservatório do Rio Jaguari. Foto: Arquivo Sabesp.

## População residente no Sistema Cantareira

A população residente na região do Sistema Cantareira, em 2006, é estimada em 180 mil pessoas<sup>1</sup> (tabela 10), das quais 97 mil residem no estado de Minas Gerais e 83 mil em São Paulo. Os dois municípios com as maiores populações são Camanducaia, com 62,5 mil habitantes (34,6% da população residente no sistema), e Mairiporã, com 57,8 mil (32% da população do sistema).

Tabela 10

### População residente na região do Sistema Cantareira em 2006

Município	População 2006	% <sup>(2)</sup>
Camanducaia	22.817	16,4
Extrema	22.564	16,2
Itapeva	8.607	6,2
Sapucai-mirim	1.179	0,8
<b>Sub-total MG</b>	<b>55.166</b>	<b>39,7</b>
Bragança Paulista	142	0,1
Caieiras	1.177	0,8
Franco da Rocha	188	0,1
Joanópolis	11.868	8,5
Mairiporã	57.844	41,6
Nazaré Paulista	6.953	5,0
Piracaia	3.293	2,4
Vargem	2.380	1,7
<b>Sub-total SP</b>	<b>83.845</b>	<b>60,3</b>
<b>Total</b>	<b>139.011</b>	<b>100,0</b>

<sup>(1)</sup> A estimativa de população foi feita considerando-se os dados apresentados no estudo CNEC sobre população residente na área do Sistema em 1996, dados do Censo Demográfico 2000 do IBGE e as taxas de crescimento identificadas na década de 90 pelo IBGE.

<sup>(2)</sup> Em relação ao total de população residente na área do Sistema Cantareira.

## Esgotamento sanitário

Nos municípios do Estado de São Paulo, a Sabesp é responsável pela prestação de serviços de esgotamento sanitário. No Estado de Minas Gerais, o município de Itapeva é responsável pelo esgotamento sanitário, e os demais – Camanducaia, Extrema e Sapucaí-Mirim – são atendidos pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa).

Os dados da tabela 11, que apresenta a situação de esgotamento sanitário dos municípios como um todo e não apenas na porção dos mesmos inserida no sistema, permitem verificar que a maioria dos esgotos produzidos na região são lançados sem qualquer tratamento nos rios formadores das represas do Sistema Cantareira. Somente os municípios de Joanópolis, Nazaré Paulista e Mairiporã, no Estado de São Paulo, contam com tratamento de parte dos esgotos produzidos.

No município de Camanducaia todo o esgoto produzido na zona urbana e no distrito turístico de Monte Verde é despejado sem qualquer tratamento nos rios Camanducaia e Jaguari, ambos formadores dos reservatórios usados para abastecimento da RMSP.

Em Mairiporã, o mais populoso do sistema, existe coleta de apenas 20% do esgoto produzido, que, após tratamento, é



Reservatório de Águas Claras, localizado no alto da Serra da Cantareira, de onde sai a água para a ETA do Guarau. Foto: Rosimeire Rurico Sacó/ISA (fev/04).



Chegada do canal do Rio Juquery ao Reservatório Paiva Castro e vista da área urbana de Mairiporã no seu entorno. Foto: latã Cannabrava/ISA (dez/03).



Rodovia Fernão Dias em trecho que atravessa a Serra da Cantareira, em Mairiporã, e remanescentes bem preservados de Mata Atlântica. Foto: latã Cannabrava/ISA (fev/07).

<sup>1</sup> A projeção de população em 2006 foi calculada tendo como base a estimativa de população residente no Sistema Cantareira em 1996, produzida pelo CNEC a partir de setores censitários da contagem do IBGE de 1996, e a aplicação das taxas de crescimento populacional identificadas pelo IBGE para a década de 90, extrapoladas até 2006.

Tabela 11

### Situação dos serviços de esgotamento sanitário nos municípios do Sistema Cantareira\*

Município	% de domicílios com coleta de esgoto	% de domicílios com tratamento	Onde tem rede	Principal destino do esgoto coletado	Quem opera o saneamento
Camanducaia	70%	0	Zona urbana e Monte Verde	Rios Camanducaia e Jaguari	Copasa
Extrema	100% <sup>(1)</sup>	0	Zona urbana e núcleos ao longo da Fernão Dias	Rio Jaguari	Copasa
Itapeva	100% <sup>(1)</sup>	0	Zona urbana (centro)	Afluentes do rio Camanducaia	Município
Sapucaí-Mirim	90% <sup>(1)</sup>	0	Zona urbana	Rio Sapucaí-Mirim	Copasa
Bragança Paulista	85%	0	- <sup>(2)</sup>	Rio Jaguari	Sabesp
Caieras	100%	0	- <sup>(2)</sup>	Rio Juquery e afluentes	Sabesp
Franco da Rocha	51%	0	Região central e núcleos periféricos	Afluentes do rio Juquery	Sabesp
Joanópolis	100% <sup>(1)</sup>	Parte do que é coletado	Centro	Estação de tratamento	Sabesp
Mairiporã	20%	20%	Zona urbana	Estação de tratamento	Sabesp
Nazaré Paulista	60% <sup>(1)</sup>	Parte do que é coletado	Zona urbana	Rio Atibaia	Sabesp
Piracaia	12%	0	Centro	Rio Cachoeira	Sabesp
Vargem	60% <sup>(1)</sup>	0	Zona urbana	Afluentes do rio Jaguari	Sabesp

\* Informações obtidas através de reuniões juntos às prefeituras dos municípios do Sistema Cantareira, realizadas entre agosto de 2005 e agosto de 2006.

<sup>(1)</sup> considera apenas os domicílios localizados na zona urbana do município.

<sup>(2)</sup> Sem informação.

despejado no reservatório Paiva Castro. Importante ressaltar que o rio Juquery, bem como todos os seus afluentes até a barragem da Sabesp enquadram-se na Classe I, o que significa que suas águas são destinadas ao abastecimento doméstico sem tratamento prévio ou com simples desinfecção, e que proíbe o despejo de qualquer tipo de lançamento de esgoto, mesmo que tratado, nestes corpos d'água.

## Resíduos sólidos

Na área de abrangência do Sistema Cantareira existem dois lixões e quatro aterros sanitários em atividade. Os lixões estão

presentes nos municípios de Camanducaia, em MG, e Vargem, em SP. Os aterros localizam-se nos municípios de Extrema e Itapeva, MG, e em Joanópolis e Piracaia, em SP. Juntos, estes municípios geram, em média, 47 toneladas de lixo por dia, que tem seu destino final dentro da área produtora de água.

Apesar de ser um problema grave, a produção e a disposição final do lixo não tem recebido a devida atenção. As experiências para minimização da produção de lixo são ainda bastante restritas. Como um exemplo disso está o fato de que entre todos os municípios do Sistema Cantareira, apenas Extrema tem um programa municipal de coleta seletiva. Os outros 11 municípios dependem de iniciativas localizadas e em pequena escala de separação e reciclagem de lixo.

Tabela 12

### Disposição de resíduos sólidos dentro da área do Sistema Cantareira\*

Município	Tipo de disposição	Quantidade de material produzido p/dia	Coleta seletiva
Camanducaia	Lixão no município.	12 ton/dia	Não
Extrema	Aterro sanitário no município (desde 2000).	10 ton/dia (9 ton. para o aterro e 1 para reciclagem)	Sim
Itapeva	Aterro controlado no município há 14 meses. Antes era lixão.	6 ton/dia	Não
Joanópolis	Aterro sanitário no município.	4,8 ton/dia	Não
Piracaia	Aterro com disposição em valas no município.	10,3 ton/dia (lixo e varrição, sem entulho)	Não
Vargem	Lixão no município.	4 ton/dia	Não

\* Informações obtidas através de reuniões juntos às prefeituras dos municípios do Sistema Cantareira, realizadas entre agosto de 2005 e agosto de 2006, e complementadas com informações do Inventário Estadual de Resíduos Sólidos de São Paulo – Cetesb, 2005.



Estação de tratamento de esgoto (ETE) de Mairiporã, localizada na beira do canal do Rio Juquery, um pouco antes deste chegar ao reservatório Paiva Castro (o reservatório está à esquerda, logo após a rodovia Fernão Dias, que pode ser visualizada na foto). Foto: Iatã Cannabrava/ISA (fev/07).

Entre os impactos no solo e na água, relacionados à disposição de resíduos sólidos, um dos mais graves é a formação do chorume. Trata-se de um líquido produzido pela infiltração da água das chuvas e pela degradação de compostos que percolam através da massa de lixo aterrada, carregando materiais dissolvidos ou suspensos. Este percolado é altamente poluente e se infiltra no solo, atingindo o lençol freático e podendo comprometer, de forma quase sempre irreversível, o manancial.

É importante destacar que mesmo os aterros sanitários ou aterros industriais construídos com critérios técnicos adequados constituem-se em focos de contaminação do meio ambiente. O problema se agrava quando o despejo de resíduos é feito sem controle ou planejamento.

## Uso e ocupação do solo em 2003

A análise do uso e ocupação do solo, obtido através da interpretação de imagens de satélite, é um instrumento para diagnosticar a situação de conservação ambiental de uma determinada região, pois possibilita quantificar os diversos usos existentes.

Em bacias hidrográficas utilizadas para abastecimento público, as alterações provenientes de atividades humanas podem ser bastante negativas para produção de água de qualidade e em quantidade adequadas. A análise do uso do solo permite verificar

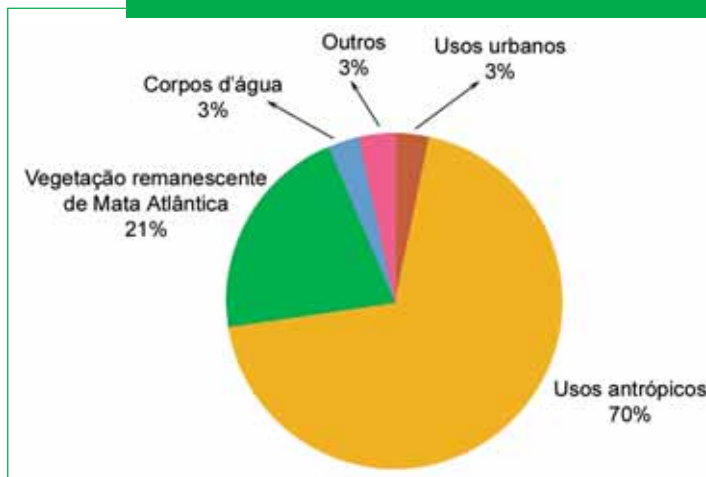
Tabela 13 Uso do Solo no Sistema Cantareira em 2003

Classes de Uso do Solo	Área (em ha) <sup>(1)</sup>	% <sup>(2)</sup>
Ocupação Urbana Alta Densidade	649,1	0,3
Ocupação Urbana Média Densidade	1.167,1	0,5
Ocupação Dispersa	5.618,9	2,5
Agricultura	4.249,3	1,9
Campo Antrópico	117.723,5	51,6
Indústria	133,2	0,1
Lazer	6,2	0,0
Mineração	119,6	0,1
Reflorestamento	32.984,0	14,5
Solo Exposto	2.987,9	1,3
Campo de Altitude	598,3	0,3
Campo Cerrado	141,2	0,1
Várzea	336,8	0,1
Mata Atlântica em estágio médio ou inicial de regeneração	16.717,7	7,3
Mata Atlântica em estágio avançado de regeneração ou Primária	30.070,1	13,2
Reservatório	6.497,7	2,9
Água (Lagos, Lagoas)	221,4	0,1
Afloramento Rochoso	119,9	0,1
Nuvem	4.124,2	1,8
Sombra	3.483,0	1,5
<b>Usos Urbanos</b>	<b>7.435,1</b>	<b>3,3</b>
<b>Usos Antrópicos</b>	<b>158.203,7</b>	<b>69,4</b>
<b>Mata Atlântica</b>	<b>47.864,3</b>	<b>21,0</b>
<b>Corpos d'água</b>	<b>6.719,2</b>	<b>2,9</b>
<b>Outros</b>	<b>7.727,1</b>	<b>3,4</b>
<b>Total</b>	<b>227.949,3</b>	<b>100,0</b>

<sup>(1)</sup> Dados obtidos a partir de interpretação de imagem de satélite Landsat ETM 7, fevereiro de 2003. Fonte: ISA.

<sup>(2)</sup> Em relação à área total do Sistema Cantareira.

Gráfico 3 Uso do solo no Sistema Cantareira em 2003

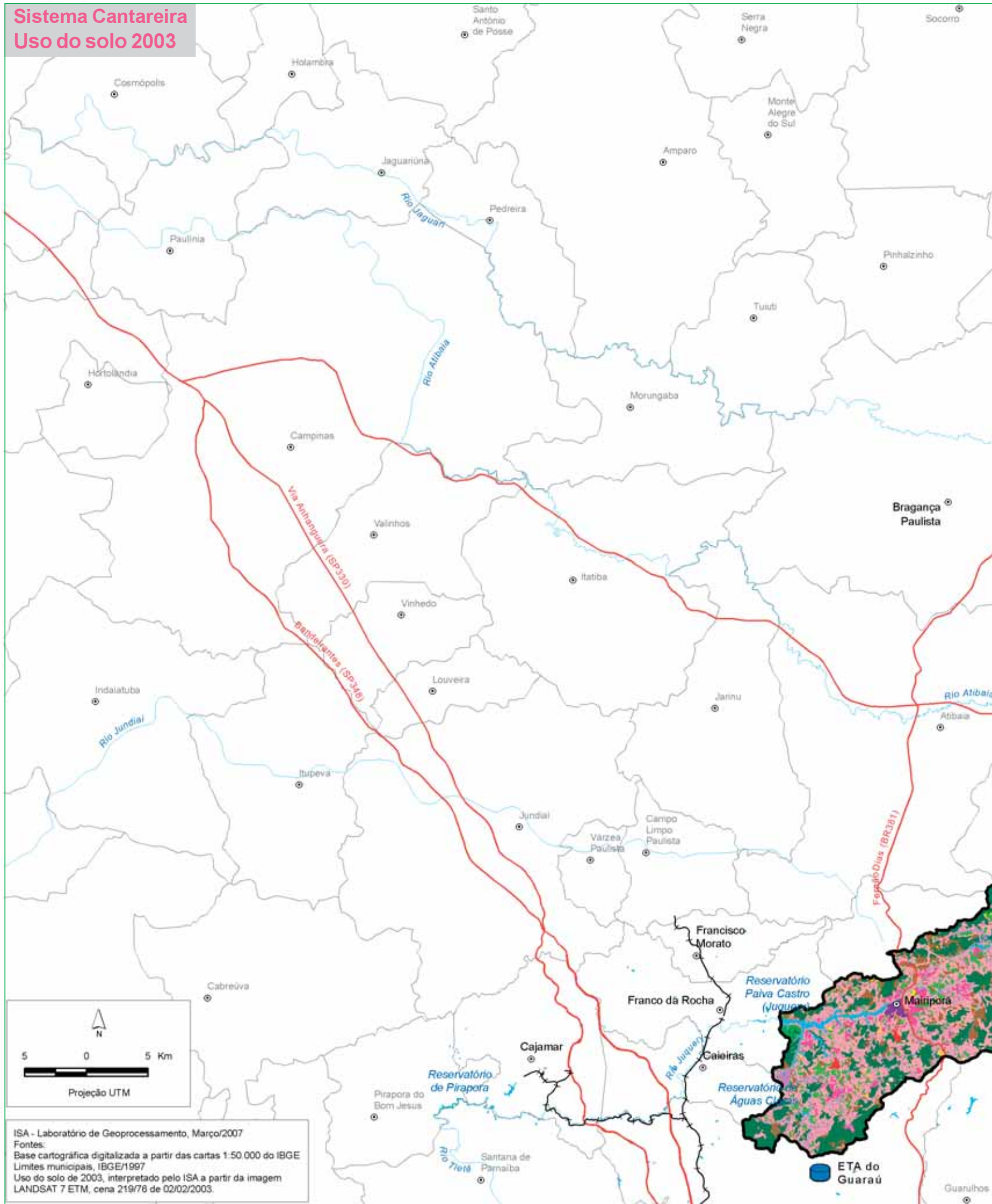


de que forma estas atividades estão contribuindo positiva ou negativamente para a qualidade ambiental. Isto porque, a urbanização e a ocupação por atividades econômicas diversas, implantadas em áreas impróprias e sem planejamento, acabam prejudicando a capacidade de um manancial produzir água.

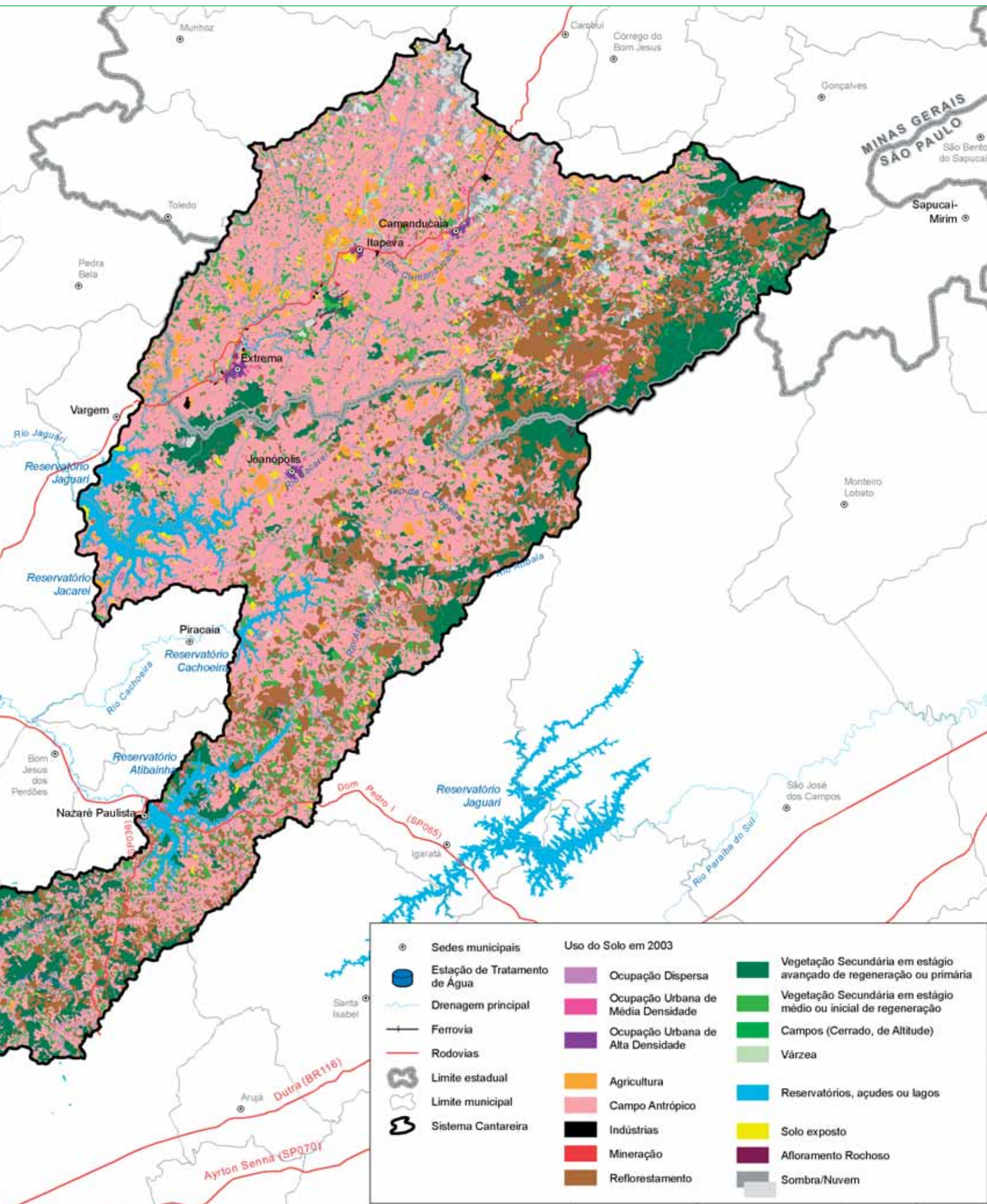
No presente estudo foram adotadas 20 categorias de classificação do uso do solo na região do Sistema Cantareira. As áreas ocupadas pelas categorias listadas abaixo foram identificadas e mapeadas a partir da interpretação de imagens de satélite Landsat 7 ETM, no ano de 2003.

- Ocupação Dispersa: núcleos urbanos e residenciais dispersos, inclui áreas de condomínio;
- Ocupação Urbana de Média Densidade: áreas urbanas em formação ou crescimento;
- Ocupação Urbana de Alta Densidade;
- Agricultura;
- Campo Antrópico: áreas de pastagem ou abandonadas e sem outros usos definidos;
- Indústria;
- Lazer: clubes e área de lazer;
- Mineração;
- Reflorestamento: cobertura florestal não nativa, silvicultura de pinus e eucalipto;
- Solo Exposto: áreas desprovidas de qualquer vegetação protetora, nativa ou plantada
- Campo de Altitude;
- Campo Cerrado;
- Várzea;
- Vegetação secundária em estágio médio ou inicial de regeneração: Mata Atlântica nos referidos estágios de regeneração e conservação;
- Vegetação secundária em estágio avançado de regeneração ou Primária: Mata Atlântica nos referidos estágios de regeneração e conservação;
- Reservatório;
- Água (lagos, lagoas, açudes – naturais ou artificiais);
- Afloramento Rochoso;
- Nuvem;
- Sombra.

# Sistema Cantareira Uso do solo 2003







A região do Sistema Cantareira é caracterizada principalmente por usos não urbanos, diferentemente de outros mananciais de abastecimento público da RMSP, como a Guarapiranga e a Billings. A região é bastante alterada, resultado das atividades econômicas que se desenvolveram ali nos séculos passados, como o café e a agropecuária. A tabela 14 apresenta os resultados da classificação do uso do solo para o Sistema Cantareira em 2003, onde é possível verificar que mais da metade do território do sistema é ocupado por áreas de campos antrópicos, que compreendem pastagens, terrenos abandonados e sem usos definidos. Somando-se as áreas de agricultura, mineração e demais usos antrópicos, chega-se a 70% de alteração do território.

Em 2003, a área total ocupada pelas diversas formas de urbanização – ocupação dispersa, de média e alta densidade – era de 7.435 hectares, o que corresponde a 3,3% do território ocupado pelo Sistema Cantareira. A ocupação dispersa é a categoria com maior área, e consiste em residências dispersas, condomínios fechados, chácaras de recreio e pequenos núcleos urbanos.

A despeito da sua importância para a produção de água, as áreas cobertas por vegetação natural – incluindo Mata Atlântica nos diferentes estágios de regeneração, campos de altitude e cerrado – ocupam apenas 21% da área total do Sistema. Tais remanescentes estão concentrados nas áreas mais altas e íngremes, principalmente na Serra da Mantiqueira, áreas importantes por concentrarem as nascentes de alguns dos principais rios formadores das represas.

Os corpos d'água, que incluem os reservatórios, rios e outros pequenos lagos, lagoas e cursos d'água (naturais ou não), somam 6.719 hectares, que correspondem a 2,9% da área total do Sistema Cantareira.

### ■ Uso e ocupação do solo, por bacia formadora do Sistema

A análise do uso do solo por bacias hidrográficas formadoras do Sistema Cantareira, apresentada na tabela 13, permite verificar que grande parte dos usos antrópicos está na bacia do Jaguari (47%), que abriga também a maioria das áreas de vegetação natural ainda presentes na região (38,2%). Os usos urbanos, que ocupam 3% da área total do sistema, concentram-se nas bacias do Juquery (42,2%) e do Jaguari (33,5%).

Tabela 14

### Distribuição das categorias de uso do solo, por bacias formadoras do Sistema, em 2003\*

Classe/Bacia	Usos Antrópicos		Usos Urbanos		Remanescentes de vegetação	
	Área (ha)	% <sup>(1)</sup>	Área (ha)	% <sup>(2)</sup>	Área (ha)	% <sup>(3)</sup>
Atibainha	20.683,7	13,1	895,4	12,0	7.871,1	16,4
Cachoeira	31.097,4	19,7	310,1	4,2	6.867,2	14,3
Jacareí	14.026,7	8,9	598,5	8,1	2.352,4	4,9
Jaguari	74.757,1	47,3	2.490,9	33,5	18.285,2	38,2
Juquery	17.638,9	11,1	3.140,2	42,2	12.488,3	26,1
<b>Total</b>	<b>158.203,7</b>	<b>100,0</b>	<b>7.435,1</b>	<b>100,0</b>	<b>47.864,3</b>	<b>100,0</b>

\* Uso do solo obtido a partir de interpretação de imagem de satélite Landsat. Fonte: ISA

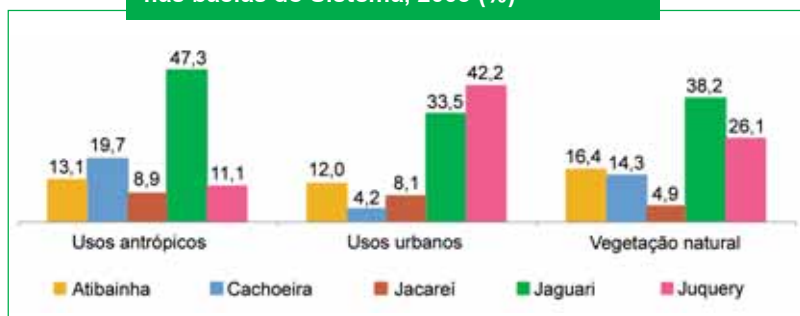
<sup>(1)</sup> Em relação à área total ocupada por usos antrópicos no Sistema Cantareira em 2003, que inclui agricultura, campo antrópico, indústria, lazer, mineração, reflorestamento e solo exposto.

<sup>(2)</sup> Em relação à área total ocupada por usos urbanos no Sistema Cantareira em 2003, que inclui ocupação urbana de alta e média densidade, ocupação dispersa e condomínios.

<sup>(3)</sup> Em relação à área total ocupada por remanescentes de vegetação natural no Sistema Cantareira em 2003, que inclui campo de altitude, campo cerrado, várzea, Mata Atlântica secundária em estágio médio ou inicial, e Mata Atlântica secundária em estágio avançado ou primária.

Gráfico 4

### Distribuição das categorias de uso do solo nas bacias do Sistema, 2003 (%)



Todas as bacias formadoras do Sistema Cantareira apresentam mais da metade de seus territórios alterados por atividades humanas (tabela 15). A bacia do Jaguari, que é a que produz maior quantidade de água para o sistema, encontra-se bastante alterada, com quase 75% de sua área ocupada por usos antrópicos (72,4%) e urbanos (2,4%), e apenas 17,7% de vegetação natural remanescente. A bacia do Cachoeira é a mais alterada de todas, com quase 80% de sua área ocupada por pastagens, agricultura, reflorestamento e solo exposto, apesar de ser a única bacia do sistema que conta com áreas de propriedade da Sabesp no entorno do reservatório. A Bacia com a menor área ocupada por usos antrópicos é a do rio Juquery, que apresenta quase 10% de sua área urbanizada, e tem mais

Tabela 15

### Uso do solo nas bacias formadoras do Sistema em 2003\* (área em hectares)

Classe/Bacia	Atibainha Área <sup>(1)</sup>	% <sup>(2)</sup>	Cachoeira Área <sup>(1)</sup>	% <sup>(2)</sup>	Jacareí Área <sup>(1)</sup>	% <sup>(2)</sup>	Jaguari Área <sup>(1)</sup>	% <sup>(2)</sup>	Juquery Área <sup>(1)</sup>	% <sup>(2)</sup>
Usos Antrópicos	20.683,7	65,7	31.097,4	79,4	14.026,7	69,1	74.757,1	72,41	7.638,9	52,2
Usos Urbanos	895,4	2,8	310,1	0,8	598,5	2,9	2.490,9	2,4	3.140,2	9,3
Vegetação Natural	7.871,1	25,0	6.867,2	17,5	2.352,4	11,6	18.285,2	17,7	12.488,3	37,0
Corpos D'Água	1.832,0	5,8	672,0	1,7	3.227,2	15,9	515,1	0,5	472,8	1,4
Outros	194,7	0,6	220,6	0,6	85,8	0,4	7.195,2	7,0	30,8	0,1
<b>Total</b>	<b>31.476,9</b>	<b>100,0</b>	<b>39.167,3</b>	<b>100,0</b>	<b>20.290,7</b>	<b>100,0</b>	<b>103.243,4</b>	<b>100,0</b>	<b>33.771,0</b>	<b>100,0</b>

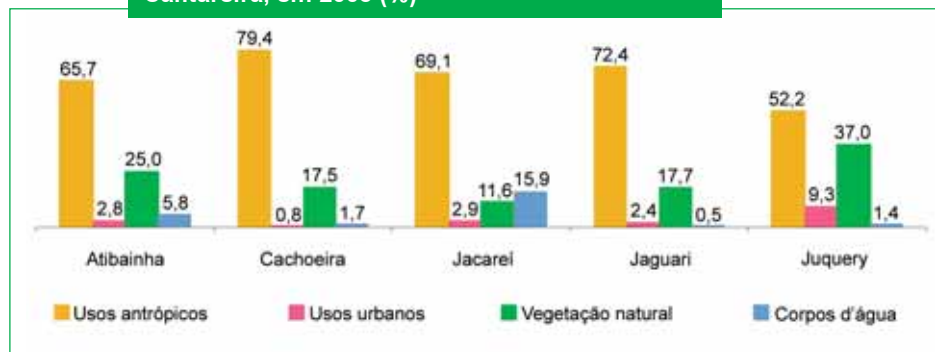
\* Uso do solo obtido a partir de interpretação de imagem de satélite Landsat. Fonte: ISA.

<sup>(1)</sup> Fonte: SIG ISA.

<sup>(2)</sup> Em relação à área total de cada bacia formadora do Sistema Cantareira, em 2003.

Gráfico 5

### Uso do solo nas bacias formadoras do Sistema Cantareira, em 2003 (%)



área de vegetação natural (37%), provavelmente por causa da presença do Parque Estadual da Cantareira em seus limites.

### ■ Uso e ocupação do solo, por município inserido no Sistema

A análise do uso do solo por municípios inseridos no Sistema Cantareira, apresentada na tabela 15, permite verificar que as áreas ocupadas por usos antrópicos estão igualmente distribuídas nos municípios de Minas Gerais (49%) e São Paulo (51%). Na porção mineira, os municípios de Camanducaia e Extrema concentram grande parte dos usos antrópicos, enquanto que na porção paulista, o município de Joanópolis é o que concentra maior parcela de usos antrópicos.

Em relação aos usos urbanos, é possível verificar maior concentração na porção paulista (67,6%) do que na mineira (32,4%). O município de Mairiporã concentra grande parte da ocupação

Gráfico 6

### Distribuição do uso do solo, por UF no Sistema Cantareira, em 2003 (em %)



Tabela 16

### Distribuição do uso do solo, por municípios inseridos no Sistema, em 2003\*

UF	Município	Usos Antrópicos		Usos Urbanos		Remanescentes de vegetação	
		Área (ha)	% <sup>(1)</sup>	Área (ha)	% <sup>(2)</sup>	Área (ha)	% <sup>(3)</sup>
MG	Camanducaia	40.038,9	24,5	1.071,8	14,7	8.652,8	17,5
	Extrema	19.810,5	12,1	759,7	10,4	3.621,0	7,3
	Itapeva	15.351,7	9,4	495,0	6,8	1.872,4	3,8
	Sapucaí-Mirim	5.012,9	3,1	42,3	0,6	5.321,9	10,7
	<b>Sub-total MG</b>	<b>80.214,0</b>	<b>49,1</b>	<b>2.368,8</b>	<b>32,4</b>	<b>19.468,1</b>	<b>39,3</b>
SP	Bragança Paulista	796,7	0,5	57,4	0,8	74,6	0,2
	Caieiras	699,6	0,4	248,4	3,4	897,2	1,8
	Franco da Rocha	188,4	0,1	6,4	0,1	408,5	0,8
	Joanópolis	28.731,6	17,6	478,9	6,6	6.754,8	13,6
	Mairiporã	13.765,7	8,4	2.595,0	35,5	9.106,6	18,4
	Nazaré Paulista	15.563,5	9,5	948,8	13,0	6.960,9	14,0
	Piracaia	19.445,6	11,9	463,5	6,3	4.811,7	9,7
	Vargem	4.009,9	2,5	137,8	1,9	1.103,0	2,2
<b>Sub-total SP</b>	<b>83.200,9</b>	<b>50,9</b>	<b>4.936,2</b>	<b>67,6</b>	<b>30.117,3</b>	<b>60,7</b>	
<b>Total</b>		<b>163.415,0</b>	<b>100,0</b>	<b>7.304,9</b>	<b>100,0</b>	<b>49.585,4</b>	<b>100,0</b>

\* Uso do solo obtido a partir de interpretação de imagem de satélite Landsat. Fonte: ISA

<sup>(1)</sup> Em relação à área total ocupada por usos antrópicos no Sistema Cantareira em 2003, que inclui agricultura, campo antrópico, indústria, lazer, mineração, reflorestamento e solo exposto.

<sup>(2)</sup> Em relação à área total ocupada por usos urbanos no Sistema Cantareira em 2003, que inclui ocupação urbana de alta e média densidade, ocupação dispersa e condomínios.

<sup>(3)</sup> Em relação à área total ocupada por remanescentes de vegetação natural no Sistema Cantareira em 2003, que inclui campo de altitude, campo cerrado, várzea, Mata Atlântica secundária em estágio médio ou inicial, e Mata Atlântica secundária em estágio avançado ou primária.

urbana existente na área do sistema (35,5%), seguido de Nazaré Paulista.

É na porção paulista que está a maior concentração de remanescentes de vegetação (60,7%). O município de Mairiporã é o que conta com a maior área de vegetação natural, uma vez que compreende parte significativa do Parque Estadual da Cantareira, que abriga áreas importantes de remanescentes de Mata Atlântica.

## Mineração

Os principais recursos minerais com autorização para serem explorados na região do Sistema Cantareira são granito, areia, argila, água mineral e gnaíse.

De uma forma geral, os empreendimentos minerários podem causar impactos ambientais decorrentes de seu funcionamento e após a paralisação das atividades. Em pedreiras, os principais impactos incluem escorregamento de blocos, estabilidade das frentes de lavra e dimensão dos lagos que se criam em função da extração mineral no local. Estes impactos estão relacionados com a etapa de extração e podem permanecer, caso medidas de correção não sejam adotadas pelo empreendedor, nas etapas posteriores à paralisação das atividades, que deve ser objeto de constante monitoramento, em especial da qualidade da água.

Na extração de areia, os impactos resultam da forma de extração mineral, do processo de beneficiamento do minério, e, em alguns casos, do abandono da área sem a devida recuperação. Os processos erosivos desencadeados após a paralisação das atividades requerem monitoramento constante para evitar o assoreamento dos corpos d'água do entorno. O planejamento das atividades a serem instaladas em uma frente de lavra ou mina deve ser rigoroso para evitar futuros problemas de escorregamentos, instabilidade de taludes, assoreamento e erosão.

A extração de água mineral, por sua vez, não tende a causar impactos danosos ao meio ambiente, pois o responsável pela extração tem interesse na manutenção da qualidade ambiental

**Tabela 17** Títulos minerários obtidos e requeridos junto ao DNPM no Sistema (até março de 2005)\*

Fase	Nº de processos	Área de incidência dos títulos	
		hectares	% <sup>(1)</sup>
Requerimento de Pesquisa	58	34.398,9	15,1
Autorização de Pesquisa	84	25.451,4	11,2
Requerimento de Lavra	8	1.095,7	0,5
Concessão de Lavra	11	352,4	0,2
Licenciamento	23	487,2	0,2
<b>Total</b>	<b>184</b>	<b>61.785,6</b>	<b>27,1</b>

\*Fonte: Cadastro Mineiro, DNPM.

<sup>(1)</sup>Em relação à área total do Sistema Cantareira (227.950 hectares).

do local de exploração e dos arredores. Esta atividade deve ser constantemente monitorada para se evitar superexploração.

A análise das atividades minerárias apresentada a seguir foi realizada a partir de informações obtidas junto ao Departamento de Produção Mineral (DNPM), órgão vinculado ao Ministério de Minas e Energia. Foram utilizados dados do mapeamento de uso do solo produzido pelo ISA, informações coletadas nos sobrevôos e checagens de campo.

A legislação brasileira confere ao DNPM a responsabilidade exclusiva de autorizar a pesquisa, a exploração, tratamento e beneficiamento de recursos minerais em todo o território nacional. As atividades minerárias, no entanto, só podem ser implementadas mediante licenças ambientais prévias, que, no caso do estado de SP, são expedidas pela Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Em Minas Gerais, o licenciamento ambiental é exercido pelo Conselho Estadual de Política Ambiental (Copam), por intermédio das Câmaras Especializadas e da Fundação Estadual do Meio Ambiente (Feam).

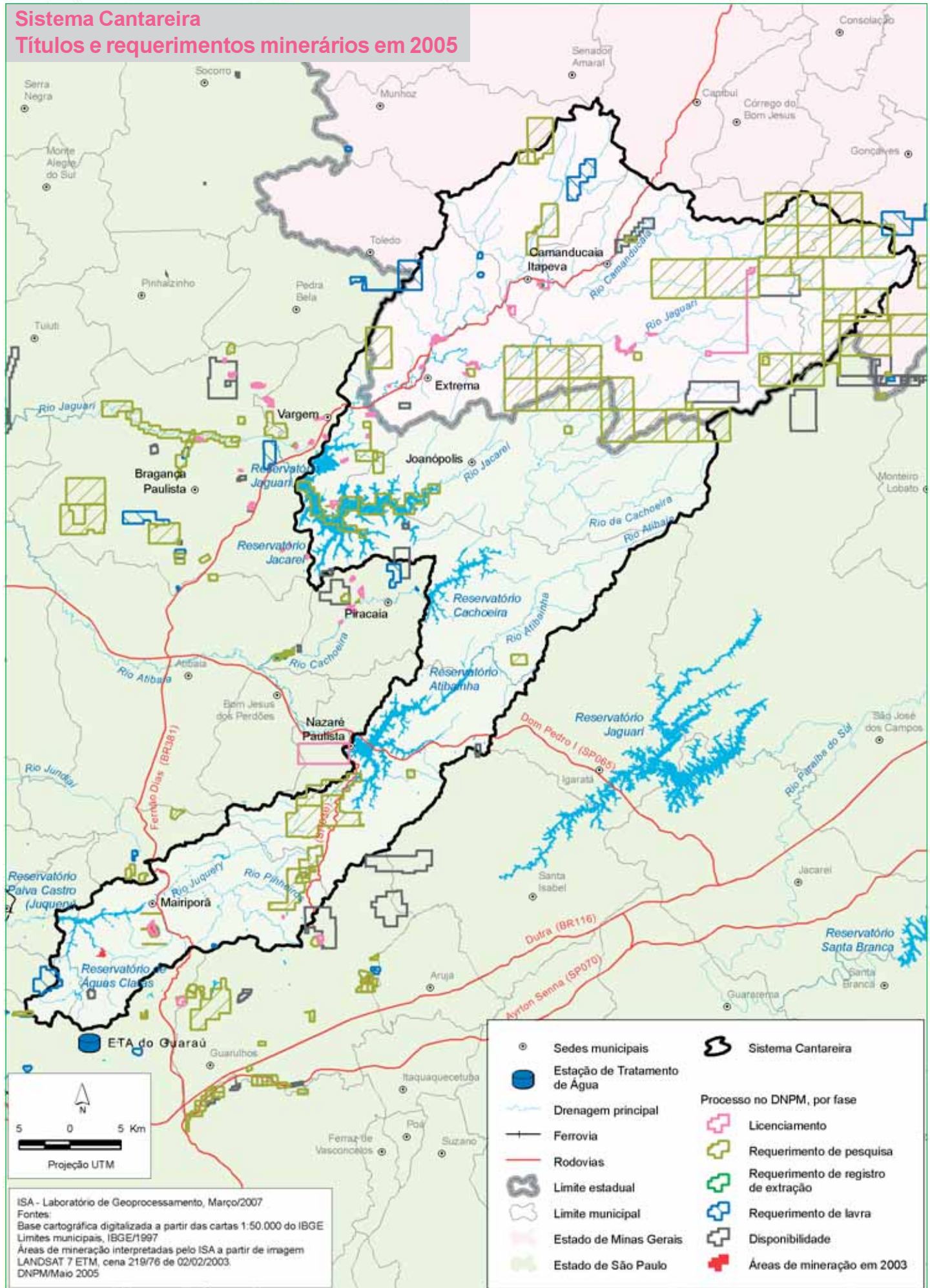
Segundo levantamento realizado junto ao DNPM há 184 títulos minerários total ou parcialmente inseridos dentro dos limites do Sistema Cantareira, conforme tabela 17. Grande parte dos títu-

**Tabela 18** Títulos minerários em tramitação no DNPM incidentes na Bacia (até março de 2005)\*

Substância	Requerimento de pesquisa	Autorização de pesquisa	Requerimento de lavra	Concessão de lavra	Licenciamento	Área de incidência dos títulos
Água mineral	5	25	1	3	0	1.358,0
Areia quartzito	1	0	0	0	0	402,3
Argila caulim	0	2	0	0	0	1.284,8
Argila Granito ornamental	0	1	0	0	0	534,5
Argila refratária	3	7	0	0	0	6.654,0
Bauxita	3	0	0	0	0	4.310,8
Berílio	0	1	0	0	0	897,5
Caulim	1	1	0	0	0	405,0
Columbita	0	2	0	0	0	1.595,7
Feldspato	0	2	0	0	0	2.000,0
Filito	0	1	0	0	0	872,2
Gnaíse	0	2	0	0	1	478,2
Granito	3	25	4	6	3	11.443,3
Minério de ouro	0	1	0	0	0	1.995,6
Quartzo	27	2	0	0	0	21.280,7
Rutilo	4	0	0	0	0	3.248,3
Outras substâncias	11	12	3	2	19	3.024,6
<b>Total</b>	<b>58</b>	<b>84</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>23</b>	<b>61.785,6</b>

\* Fonte: Cadastro Mineiro, DNPM.

## Sistema Cantareira Títulos e requerimentos minerários em 2005



Fase	Interessado	Substância	Localização geográfica	Processo
Concessão de Lavra	Dapaz Mineração e Ind. de Granitos e Marmores Ltda	Granito	Vargem	803.353/74
Concessão de Lavra	Holcim Brasil S/A	Granito	Mairiporã	806.806/75
Concessão de Lavra	Jesu Luiz Afonso Júnior Bragança Paulista-Me	Granito	Vargem	810.582/76
Concessão de Lavra	E D'ambrosio e Cia Ltda	Granito	Vargem	810.732/73
Concessão de Lavra	Braminas Brasileira de Granitos e Mármore Ltda	Granito ornamental	Vargem	811.425/73
Concessão de Lavra	Marchelli e Cia Ltda	Granito	Vargem	812.468/75
Concessão de Lavra	Concremix AS	Granito	Mairiporã	812.590/73
Concessão de Lavra	Mineradora Figueiras da Serra Ltda	Água mineral	Mairiporã	820.109/00
Concessão de Lavra	Bromita Mineração e Exportação Ltda	Anfibolito bauxita	Santa Isabel/Guarulhos/ Nazaré Paulista	820.175/81
Concessão de Lavra	Itatiaia Empresa De Aguas Minerais Ltda	Água mineral	Mairiporã	820.241/85
Concessão de Lavra	Empresa De Águas Minerais Igaratá Ltda	Água mineral	Mairiporã	820.576/95
Licenciamento	Holcim Brasil S/A	Granito	Mairiporã	807.919/69
Licenciamento	Itagrama Granitos e Marmores Ltda	Granito	Vargem	810.512/74
Licenciamento	J. G. de Souza e Souza Ltda Me.	Argila	Vargem / sp	820.020/02
Licenciamento	Renato Fernandes Olaria – Me	Argila	Vargem / sp	820.252/00
Licenciamento	Santa Helena Comércio de Minerios Ltda.	Saibro	Mairiporã	820.356/91
Licenciamento	Olaria Irmãos Teixeira Ltda Me.	Argila	Vargem	820.530/03
Licenciamento	Antonio Pereira da Silva Neto	Argila refratária água mineral	Nazaré Paulista	820.565/00
Licenciamento	J.d Cardoso & Cia. Ltda .Me	Argila	Vargem	821.544/00
Licenciamento	Valcenir José de Oliveira Dorta/fi	Areia	Extrema	830.024/92
Licenciamento	Claudete Aparecida Godoi Lopes - Me.	Areia	Extrema	830.199/04
Licenciamento	Suely dos Santos Souza	Areia	Itapeva	830.467/00
Licenciamento	Ind. E Com. de Eletronica Idim Ltda	Areia	Camanducaia	830.822/97
Licenciamento	Dênis Luiz de Abreu - Me.	Areia cascalho	Camanducaia	830.903/01
Licenciamento	Claudete Aparecida Godoi lopes - Me.	Areia	Extrema	830.977/03
Licenciamento	Aparecido Candido Fermino	Areia	Itapeva	831.005/99
Licenciamento	Sebastião Egidio	Areia	Extrema	831.042/91
Licenciamento	Alexsander Pereira Guimarães-Me	Areia	Extrema	831.051/99
Licenciamento	Casa Sertão Grande Ltda	Gnaiss sienítico	Itapeva	831.153/97
Licenciamento	Construtora Barbosa Mello S/A	Gnaiss sienítico	Itapeva/Extrema	831.155/97
Licenciamento	Prestadora de Serviços Araucária Ltda.	Areia	Camanducaia	831.477/01
Licenciamento	Dênis Luiz de Abreu - Me.	Pedra calcária	Camanducaia	833.008/03
Licenciamento	Dênis Luiz de Abreu – Me	Granito	Camanducaia	833.453/03
Licenciamento	Cia. de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais	Gnaiss	Itapeva	835.196/95



Pedreira em meio à Mata Atlântica na Serra da Cantareira, município de Miriporã, em São Paulo. Foto: Iatã Cannabrava/ISA (fev/07).

los existentes na região do Sistema Cantareira encontram-se nos municípios de Camanducaia (21,1%), Mairiporã (13,5%), Extrema (9,2%) e Vargem (8,6%).

Dos títulos obtidos ou requeridos junto ao DNPM, apenas 34 (11 com concessão de lavra e 23 em regime de licenciamento) estão autorizados pelo órgão federal a explorar recursos, desde que obtenham licenças ambientais junto aos órgãos competentes.

Embora os processos habilitados junto ao DNPM para explorar recursos minerais na região do Sistema Cantareira sejam somente 34 (tabela 17), que abrangem uma área total de apenas 839 hectares<sup>2</sup> (0,4% da área do sistema), é importante considerar que 25.451 hectares já possuem alvará de pesquisa e outros 34.398 hectares estão sendo requeridos para pesquisa. Sendo assim, caso todos os processos atualmente em tramitação junto ao DNPM cheguem à fase de concessão de lavra ou regime de licenciamento, o Sistema Cantareira terá 27% de seu território sob algum tipo de exploração mineral. Este é um cenário totalmente desfavorável para a conservação desta importante área de manancial.

<sup>2</sup> Esta área corresponde à totalidade dos polígonos requeridos pelos empreendedores junto ao DNPM, e não à área efetivamente explorada.

## Unidades de Conservação no Sistema Cantareira

Na área do Sistema Cantareira existem cinco Unidades de Conservação. São três Áreas de Proteção Ambiental (APAs), caracterizadas pelo uso direto de seu território, e dois Parques Estaduais de São Paulo, que são áreas de proteção integral. A análise da situação de cada uma dessas UCs permite verificar que, na prática, apenas uma pequena parcela (0,5%) da área do Sistema Cantareira encontra-se protegida. Trata-se da área dos parques estaduais, uma vez que nenhuma das APAs está definitivamente implementada.

As áreas protegidas pelos Parques Estaduais da Cantareira e do Juquery (1.291 ha) correspondem a apenas 0,5% do território, concentradas na região da bacia do rio Juquery. Com 834 hectares incidentes sobre a área do Sistema Cantareira, o Parque Estadual da Cantareira é um dos maiores parques florestais urbanos do mundo com 7.482 hectares. Criado em 1963, abrange parte dos municípios de São Paulo, Caieiras, Mairiporã e Guarulhos. Numa região altamente urbanizada, a vegetação ali existente representa um importantíssimo fragmento da floresta ombrófila densa de Mata Atlântica, servindo de refúgio para a fauna regional, além de exercer um papel fundamental na manutenção da alta umidade e temperatura amena na região da Grande São Paulo. O parque conta com conselho consultivo e plano de manejo desde 1974 e recebe anualmente 25.000 pessoas que dispõem de alternativas de lazer orientado para a conscientização ambiental em

dois núcleos de desenvolvimento de atividades de manejo, proteção e pesquisa – o da Pedra Grande e o do Engordador.

As áreas cobertas pelas APAs correspondem a 98,6% do território do sistema, sendo que há sobreposição de 97.300 ha entre a APA do Rio Piracicaba e Juqueri Mirim e a APA Sistema Cantareira. Em 1991, foi criada a APA do Rio Piracicaba e Juqueri Mirim, que possui mais de 349 mil ha dos quais 97.299 incidem sobre a área do Sistema. Esta APA ainda não está regulamentada e não possui conselho consultivo nem plano de manejo. Em dezembro de 1998 foi decretada a criação da APA Sistema Cantareira, com 253 mil ha, dos quais 124 mil estão inseridos na área do sistema. O objetivo desta APA é a proteção aos recursos hídricos da região, particularmente às bacias de drenagem que formam o Sistema Cantareira. Assim como a APA do Rio Piracicaba, ela não está regulamentada, não possui conselho consultivo e nem plano de manejo. A terceira APA é a Fernão Dias, em Minas Gerais. Criada como medida mitigadora dos impactos ambientais causados pela duplicação da rodovia Fernão Dias, essa UC tem o objetivo de proteger as bacias hidrográficas dos rios Jaguari, Sapucaí e Sapucaí Mirim, importantes para o abastecimento de São Paulo.

O outro parque parcialmente inserido na área do Sistema Cantareira é o Parque Estadual do Juquery. Criado em 1993, o parque tem área de 1.927 hectares e abrange parte dos municípios de Franco da Rocha e Caieiras, na bacia do rio Juquery. Sua vegetação representa um mosaico de campos-cerrado, cerrado e matas de fundo de vale, mosaico extremamente raro no estado. O parque não possui conselho consultivo e nem plano de manejo.

Tabela 20

### Unidades de Conservação na região do Sistema Cantareira

UC	Área total (ha)	Área inserida no Sistema (ha)		Decreto de criação	Situação atual <sup>(3)</sup>
		Área <sup>(1)</sup>	% <sup>(2)</sup>		
APA do Rio Piracicaba e Juqueri-Mirim (Área II)	349.121	97.299	28	Decreto Estadual nº 26.882, de 11 de março de 1987; Lei Estadual nº 7.438 de 14 de julho de 1991	Não regulamentada e sem colegiado gestor.
APA Fernão Dias	180.007	102.059	57	Decreto Estadual de Minas Gerais nº 38.925, de 17 de julho de 1997	Possui conselho consultivo, plano de gestão ambiental em elaboração
APA Sistema Cantareira	253.298	124.568	49	Lei Estadual nº 10.111, de dezembro de 1998	Não regulamentada e sem colegiado gestor.
PES Juquery	1.925	457	24	Decreto Estadual n.º 36.859/93 e 44.099/99	Sem plano de manejo e conselho gestor.
PES Turístico da Cantareira	7.482	834	11	Decreto Estadual nº 41.626/63	Possui plano de manejo de 1974 e conselho consultivo.

<sup>(1)</sup> Fonte: ISA.

<sup>(2)</sup> Em relação à área total da UC.

<sup>(3)</sup> Fonte: Secretaria Estadual de Meio Ambiente de São Paulo; Instituto Florestal/SP; Atlas das Unidades de Conservação Ambiental de São Paulo, SMA 2000; Instituto Estadual de Florestas/MG.

## Legislação ambiental incidente na área do Sistema Cantareira

O Sistema Cantareira tem apenas parte de seu território – o reservatório Paiva Castro e uma porção da sua bacia de contribuição (Juquery) – protegido pela legislação paulista de proteção aos mananciais da década de 70, uma vez que grande parte de suas sub-bacias estão fora dos limites da Grande São Paulo e parte do sistema (45%) localiza-se em Minas Gerais. Para os demais reservatórios e suas respectivas bacias de contribuição –

que produzem a maior parte da água do sistema – não incide hoje nenhuma legislação específica de proteção aos mananciais.

Além da legislação de proteção aos mananciais, que regula basicamente uso e ocupação do solo, incidem sobre a região normas federais e estaduais, de São Paulo e de Minas Gerais, relativas à gestão e proteção dos recursos hídricos, das florestas, à criação e gestão de unidades de conservação, ao licenciamento de atividades potencialmente prejudiciais ao meio ambiente, ao parcelamento do solo urbano e aos crimes ambientais, conforme tabela 21.

<b>Federal</b>	
<b>Número e Ano (ordem cronológica)</b>	<b>Assunto</b>
Lei Federal nº 4.771 de 1965	Código Florestal.
Lei Federal nº 6.766 de 1979	Parcelamento do solo urbano.
Constituição Federal de 1988	Artigos 22, 23, 24 e 225 (Capítulo do Meio Ambiente).
Decreto Federal nº. 750 de 1993	Regula o corte, a exploração e a supressão de vegetação primária ou nos estágios avançado e médio de regeneração da Mata Atlântica.
Resolução CONAMA nº 01 de 1994.	Regula o corte, a exploração e a supressão de vegetação primária ou nos estágios avançado e médio de regeneração da Mata Atlântica no Estado de S. Paulo.
Lei Federal nº 9.433 de 1997	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
Lei Federal nº 9.605 de 1998	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente – “Lei de Crimes Ambientais”.
Resolução CNRH nº 12 de 2000	Define critérios para o enquadramento de corpos d’água em classes, segundo seu uso preponderante.
Resolução CNRH nº 16 de 2000	Define regras e critérios para outorga de uso de recursos hídricos.
Lei Federal nº 9.985 de 2000	Cria o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC.
Resolução CNRH nº 17 de 2001	Estabelece diretrizes complementares para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas
Decreto Federal nº 4.340 de 2002	Regulamenta a Lei nº 9985/00.
Resolução CONAMA nº 302 de 2002	Define limites para áreas de preservação permanente (APPs) no entorno de reservatórios de água.
Resolução CONAMA nº 303 de 2002	Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de APPs.
Resolução CONAMA nº 357 de 2005	Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.
Resolução CONAMA nº 369 de 2006	Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em APP.
Lei Federal nº 11.428 de 2006	Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências.
Lei Federal nº 11.445 de 2007	Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico nacional.
<b>Estado de São Paulo</b>	
<b>Número e Ano</b>	<b>Assunto</b>
Lei Estadual nº 898 de 1975	Proteção aos Mananciais.
Lei Estadual nº 1.172 de 1976	Proteção aos Mananciais.
Decreto nº 8.468 de 1976	Estabelece, dentre outras disposições, as classes de uso da água no Estado e define os seus respectivos parâmetros de qualidade.
Constituição do Estado de São Paulo de 1989	Artigos sobre Meio Ambiente, Recursos Naturais e Saneamento (art. 191 a 204).
Lei Estadual nº 7.663 de 1991	Institui a Política e o Sistema Estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos.
Lei Estadual nº 9.034 de 1994	Estabelece o Primeiro Plano Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
Lei Estadual nº 9.866 de 1997	Estabelece nova lei de Proteção aos Mananciais do Estado de São Paulo.
Portaria DAEE nº 1213 de 2004	Nova outorga do Sistema Cantareira.
Lei Estadual nº 12.183 de 2005	Dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo, os procedimentos para fixação dos seus limites, condicionantes e valores e dá outras providências.
<b>Estado de Minas Gerais</b>	
<b>Número e Ano</b>	<b>Assunto</b>
Constituição do Estado de Minas Gerais de 1989	Artigos sobre Meio Ambiente, Recursos Naturais e Saneamento.
Lei Estadual nº 13.199 de 1999	Institui a Política e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
Decreto nº 41.578 de 2001	Regulamenta a Lei nº 13.199/99.
Lei Estadual nº 14.309 de 2002	Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado
Deliberação Normativa COPAM nº 76 de 2004	Dispõe sobre a interferência em áreas consideradas de preservação permanente e dá outras providências
Decreto nº 44.046 de 2005	Regulamenta a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio do Estado



**2**

**ALTERAÇÕES SOCIOAMBIENTAIS NO PERÍODO DE  
1989 A 2003 NA REGIÃO DO SISTEMA CANTAREIRA**



## Evolução do uso do solo no Sistema Cantareira no período de 1989 a 2003

Nas áreas de mananciais utilizadas para a produção de água para abastecimento público, algumas alterações no uso do solo podem resultar em impactos bastante negativos. Uma das principais formas de se diagnosticar a situação ambiental de uma determinada região é através da análise da evolução do uso do solo. Este tipo de análise permite identificar como as atividades humanas estão interferindo no ambiente natural, em um determinado período de tempo.

No presente estudo foram adotadas 20 categorias para analisar a evolução do uso do solo. As áreas ocupadas pelas categorias listadas abaixo foram identificadas e mapeadas a partir da interpretação de imagens de satélite LandSat 7 ETM, nos anos de 1989 e 2003.

- Ocupação Dispersa: núcleos urbanos e residenciais dispersos, inclui áreas de condomínio;
- Ocupação Urbana de Média Densidade: áreas urbanas em formação ou crescimento;
- Ocupação Urbana de Alta Densidade;
- Agricultura;
- Campo Antrópico: áreas de pastagem ou abandonadas e sem outros usos definidos;

- Indústria;
- Lazer: clubes e áreas de lazer;
- Mineração;
- Reflorestamento: cobertura florestal não nativa, silvicultura de pinus e eucalipto;
- Solo Exposto: áreas desprovidas de qualquer vegetação protetora, nativa ou plantada;
- Campo de Altitude;
- Campo Cerrado;
- Várzea;
- Vegetação secundária em estágio médio ou inicial de regeneração: Mata Atlântica nos referidos estágios de regeneração e conservação;
- Vegetação secundária em estágio avançado de regeneração ou Primária: Mata Atlântica nos referidos estágios de regeneração e conservação;
- Reservatório;
- Água (lagos, lagoas, açudes – naturais ou artificiais);
- Afloramento Rochoso;
- Nuvem;
- Sombra.

**Tabela 22** Uso do Solo no Sistema Cantareira nos anos de 1989 e 2003\*

Classe de Uso do Solo	1989	% <sup>(1)</sup>	2003	% <sup>(1)</sup>
Ocupação Dispersa <sup>(2)</sup>	4.128,9	1,8	5.618,9	2,5
Ocupação Urbana de Média Densidade	853,8	0,4	1.167,1	0,5
Ocupação Urbana de Alta Densidade	581,5	0,3	649,1	0,3
Agricultura	2.364,6	1,0	4.249,3	1,9
Campo Antrópico	123.595,2	54,2	117.723,5	51,6
Indústria	133,2	0,1	133,2	0,1
Lazer	6,2	0,0	6,2	0,0
Mineração	119,6	0,1	119,6	0,1
Reflorestamento	32.735,2	14,4	32.984,0	14,5
Solo Exposto	1.573,5	0,7	2.987,9	1,3
Campo de Altitude	603,9	0,3	598,3	0,3
Campo Cerrado	125,2	0,1	141,2	0,1
Várzea	336,8	0,1	336,8	0,1
Mata Atlântica Secundária em estágio médio ou inicial de regeneração	19.287,7	8,5	16.717,7	7,3
Mata Atlântica Secundária em estágio avançado de regeneração ou Primária	31.100,0	13,6	30.070,1	13,2
Reservatório	7.430,3	3,3	6.497,7	2,9
Água (Lagos, Lagoas)	158,3	0,1	221,4	0,1
Afloramento Rochoso	122,3	0,1	119,9	0,1
Nuvem	1.692,0	0,7	4.124,2	1,8
Sombra	1.001,1	0,4	3.483,0	1,5
<b>Usos Urbanos</b>	<b>5.564,1</b>	<b>2,4</b>	<b>7.435,1</b>	<b>3,3</b>
<b>Usos Antrópicos</b>	<b>160.527,5</b>	<b>70,4</b>	<b>158.203,7</b>	<b>69,4</b>
<b>Mata Atlântica</b>	<b>51.453,7</b>	<b>22,6</b>	<b>47.864,3</b>	<b>21,0</b>

\*Dados obtidos através da interpretação de imagem de satélite LandSat 7 ETM, fonte: ISA.

<sup>(1)</sup> Em relação à área total do Sistema Cantareira (227.949,3 hectares).

<sup>(2)</sup> Inclui as áreas de condomínios.



Condomínio de alto padrão instalado às margens do Reservatório Jaguari. Ao fundo, nota-se a forma de uso predominante na região: campos antrópicos. Abaixo, área de reflorestamento na região do Sistema Cantareira. Fotos: Rosimeire Rurico Sacó/ISA (fev/04)



Tabela 23

### Alterações nas categorias de uso do solo no Sistema Cantareira, no período de 1989 a 2003\*

Classe	Incremento		Conversão	
	Área	% <sup>(1)</sup>	Área	% <sup>(1)</sup>
Ocupação Dispersa	1.471,2	35,6	17,8	0,4
Ocupação Urbana de Média Densidade	315,2	36,9	-	-
Ocupação Urbana de Alta Densidade	79,9	13,7	-	-
Agricultura	3.315,3	140,2	1.189,9	50,3
Campo Antrópico	11.978,0	9,7	13.754,1	11,1
Reflorestamento	7.969,6	24,3	7.762,5	23,7
Solo Exposto	2.457,1	156,2	918,5	58,4
Campo de Altitude	-	-	8,5	1,4
Campo Cerrado	16,0	12,7	-	-
Mata Atlântica Secundária em estágio médio ou inicial de regeneração	89,3	0,5	2.344,6 <sup>(2)</sup>	12,2
Mata Atlântica Secundária em estágio avançado de regeneração ou Primária	65,3	0,2	896,1	2,9
Reservatório	0,0	0,0	929,8	12,5
Água (Lagos, Lagoas)	65,6	41,5	3,0	1,9

\* Dados obtidos através da interpretação de imagem de satélite LandSat 7 ETM, fonte: ISA.

<sup>(1)</sup> Em relação à área total de cada categoria em 1989.

<sup>(2)</sup> Equivale a 2.279,3 hectares desmatados e 65,3 hectares que evoluíram para Mata Atlântica secundária em estágio avançado de regeneração.

O uso do solo nos anos de 1989 e 2003, apresentado na tabela 22, considera os valores absolutos e relativos sobre a área total do sistema em cada um dos anos analisados. Trata-se de um “retrato” do sistema para cada um dos dois anos. Já a tabela 23 apresenta a evolução no período, que considera o quanto cada categoria evoluiu, seja se convertendo em outro tipo de uso, seja crescendo em relação à área em 1989.

Na totalidade apresentada para cada ano (tabela 22), as áreas ocupadas por usos antrópicos – que incluem áreas não urbanas, com diferentes atividades econômicas e outras sem uso aparente – ocupam quase 70% da área do sistema. A análise dos dados da tabela 23, por sua vez, permite verificar que as categorias de usos antrópicos são bastante dinâmicas, o que pode ser



verificado por incrementos significativos concomitantemente com diminuições igualmente consideráveis. Isto quer dizer que, para uma mesma categoria, como solo exposto, por exemplo, foi identificado uma quantidade de novas áreas no período, ao mesmo tempo em que as áreas antes ocupadas por esta categoria deixaram de apresentar as mesmas características e se converteram em outras, por exemplo reflorestamento.

Os dados permitem verificar, no entanto, que no período, os usos urbanos cresceram significativamente (aumento de 33,5%), enquanto que as áreas com vegetação natural diminuíram.

### ■ Expansão urbana

Ainda que a região do Sistema Cantareira não conte com uma urbanização muito expressiva, os dados do período demonstram que a expansão urbana vem ocorrendo com certa velocidade e muitas vezes sobre áreas impróprias, como são as áreas com remanescentes florestais. A tabela 24 apresenta os valores absolutos e relativos referentes ao incremento de áreas com usos urbanos identificado no período de 1989 a 2003.

Tabela 24

### Expansão urbana no Sistema Cantareira no período de 1989 a 2003

Classe	Área em 89	Incremento 89-03 (ha)	% <sup>(2)</sup>	% <sup>(3)</sup>
Ocupação dispersa <sup>(1)</sup>	4.128,9	1.471,2	78,8	35,6
Ocupação urbana de média densidade	853,8	315,2	16,9	36,9
Ocupação urbana de alta densidade	581,5	79,9	4,3	13,7
<b>Total</b>	<b>5.564,1</b>	<b>1.866,3</b>	<b>100,0</b>	<b>33,5</b>

<sup>(1)</sup> Inclui as áreas de condomínios.

<sup>(2)</sup> Em relação ao total da área de incremento de usos urbanos.

<sup>(3)</sup> Em relação ao total da classe em 1989.

Neste período, a área ocupada por usos urbanos cresceu 33,5% na região do Sistema Cantareira. Este crescimento se deu principalmente com a expansão das áreas de ocupação dispersa, que compreendem núcleos urbanos, condomínios e áreas residenciais isoladas. Grande parte (70%) da expansão urbana identificada no período ocorreu sobre áreas de campo antrópico, que compreendem pastagens e áreas sem uso aparente. O restante se deu sobre áreas de reflorestamento (17%) e sobre áreas de remanescentes de Mata Atlântica (12,9%), principalmente em estágio inicial ou médio de regeneração.

### ■ Expansão urbana por bacia hidrográfica formadora do Sistema Cantareira

A expansão urbana não ocorreu de forma homogênea ao longo das bacias hidrográficas formadoras do Sistema Cantareira, conforme pode ser observado na tabela 25. A bacia hidrográfica do Juquery, que é a mais urbanizada do sistema, foi a que sofreu maior expansão urbana no período (925 hectares), seguida da bacia do Jaguari (511 hectares).

O crescimento de áreas ocupadas por usos urbanos na bacia do Juquery foi de 41,5% em relação ao existente na região em 1989 e corresponde a 49,6% de toda a expansão identificada no sistema. A maior parte desta expansão ocorreu por meio do incre-

Área urbana de Mairiporã, às margens do Reservatório Paiva Castro que recebe toda a água produzida pelos demais reservatórios. Foto: Iatã Cannabrava/ISA (fev/07).

Tabela 25

### Expansão urbana por bacia hidrográfica formadora do Cantareira no período 1989 a 2003

	Ocupação dispersa <sup>(1)</sup>				Média densidade				Alta densidade				Total de expansão urbana		
	Área 1989	Incremento 2003	% <sup>(2)</sup>	% <sup>(3)</sup>	Área 1989	Incremento 2003	% <sup>(2)</sup>	% <sup>(3)</sup>	Área 1989	Incremento 2003	% <sup>(2)</sup>	% <sup>(3)</sup>	área	% <sup>(2)</sup>	% <sup>(3)</sup>
Atibainha	653,8	190,1	12,9	29,1	17,3	-	-	-	-	-	-	-	190,1	10,2	28,3
Cachoeira	234,1	73,5	5,0	31,4	-	-	-	-	-	-	-	-	73,5	3,9	31,4
Jacareí	308,8	136,6	9,3	44,2	41,6	3,7	1,2	8,8	82,9	25,1	31,4	30,3	165,3	8,9	38,2
Jaguari	1.523,0	403,3	27,4	26,5	151,8	53,8	17,1	35,4	320,8	54,8	68,6	17,1	511,9	27,4	25,6
Juquery	1.409,2	667,7	45,4	47,4	643,1	257,8	81,8	40,1	177,8	-	-	-	925,5	49,6	41,5
<b>Total</b>	<b>4.128,9</b>	<b>1.471,2</b>	<b>100</b>	<b>35,6</b>	<b>853,8</b>	<b>315,2</b>	<b>100</b>	<b>36,9</b>	<b>581,5</b>	<b>79,9</b>	<b>100</b>	<b>13,7</b>	<b>1.866,3</b>	<b>100</b>	<b>33,5</b>

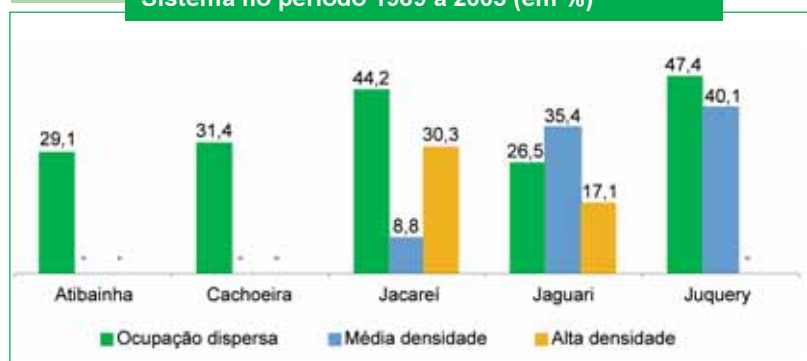
<sup>(1)</sup> Inclui as áreas de condomínios.

<sup>(2)</sup> Em relação ao total da área de incremento da categoria de uso urbano (ocupação dispersa, média densidade e alta densidade).

<sup>(3)</sup> Em relação à área da categoria em 1989 em cada bacia formadora do Sistema Cantareira.

Gráfico 7

### Expansão urbana nas bacias formadoras do Sistema no período 1989 a 2003 (em %)



mento de áreas de ocupação dispersa (667,7 hectares) e ocupação urbana de média densidade (257,8 hectares). Na bacia do Jaguari, a expansão urbana foi de 25,7% em relação ao existente na região em 1989, que corresponde a 27% das novas áreas identificadas em todo o sistema.

A bacia do Jacareí sofreu um aumento de 38,2% de áreas urbanas em relação ao existente em 1989. Este crescimento, equivalente a 165,3 hectares de novas áreas urbanas, corresponde a 8,9% da expansão identificada em todo o sistema.

### ■ Expansão urbana por município do Sistema Cantareira

A análise da expansão urbana por município do Sistema Cantareira (tabela 26) permite verificar que grande parte do crescimento (41%) se concentrou na porção do município de Mairiporã inserida no Sistema Cantareira. Neste período, o município teve 761,4 hectares de novas áreas de ocupação urbana. Deste total, 503 hectares são de ocupação dispersa e 257 hectares são de ocupação urbana de média densidade.

Após Mairiporã, os municípios de Camanducaia, em Minas Gerais, e Nazaré Paulista, em São Paulo, são os que receberam maiores parcelas da expansão urbana identificada no sistema entre 1989 e 2003, respectivamente 13,7 e 11,7%. Em Camanducaia, foi identificado um acréscimo de 256 hectares de áreas urbanas, totalizando um aumento 31% da área com usos urbanos na porção do município inserida no sistema.

Em Nazaré Paulista, foi identificado um acréscimo de 219 ha de áreas com usos urbanos, a totalidade com características de ocupação dispersa, que equivale a um crescimento de 29% em relação à ocupação urbana existente no município em 1989.



Vista geral do Reservatório Jacareí, onde pode-se observar as características do uso e ocupação do solo no entorno (áreas de campo antrópico, ocupações de alto padrão e áreas com alguns remanescentes de Mata Atlântica). Foto: Iatã Cannabrava/ISA (dez/03).



Serra da Cantareira, entre Mairiporã e São Paulo, bastante alterada por ocupação dispersa de alto padrão no meio da Mata Atlântica que cobre a região. Foto: Rosimeire Rurico Sacó/ISA (fev/04).



Vista aérea do município de Camanducaia e do uso da região, caracterizado por grandes áreas de campo antrópico e algumas manchas de remanescentes de Mata Atlântica. Foto: Rosimeire Rurico Sacó/ISA (fev/04)

**Tabela 26** Expansão urbana por município do Sistema Cantareira no período de 1989 a 2003

Município*	Ocupação dispersa <sup>(1)</sup>				Média densidade				Alta densidade				Total		
	Área 1989	Incremento 2003	% <sup>(2)</sup>	% <sup>(3)</sup>	Área 1989	Incremento 2003	% <sup>(2)</sup>	% <sup>(3)</sup>	Área 1989	Incremento 2003	% <sup>(2)</sup>	% <sup>(3)</sup>	Área	% <sup>(2)</sup>	% <sup>(3)</sup>
Camanducaia	574,1	206,9	14,1	36,0	141,2	42,7	13,5	30,2	107,7	6,9	8,7	6,4	256,5	13,7	31,2
Extrema	450,1	108,5	7,4	24,1	10,6	11,1	3,5	105,0	157,6	31,1	38,9	19,7	150,7	8,1	24,4
Itapeva	360,7	63,9	4,3	17,7	-	-	-	-	55,5	16,8	21,0	30,3	80,7	4,3	19,4
Sapucaí-Mirim	35,9	7,2	0,5	20,2	-	-	-	-	-	-	-	-	7,2	0,4	20,2
Bragança Paulista	35,7	22,1	1,5	61,8	-	-	-	-	-	-	-	-	22,1	1,2	61,8
Caieiras	156,4	92,0	6,3	58,8	-	-	-	-	-	-	-	-	92,0	4,9	58,8
Franco da Rocha	5,1	1,3	0,1	25,2	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3	0,1	25,2
Joanópolis	260,0	77,4	5,3	29,8	31,0	3,7	-	-	82,9	25,1	31,4	30,3	106,1	5,7	28,4
Mairiporã	1.091,0	503,7	34,2	46,2	643,1	257,8	-	-	177,8	-	-	-	761,4	40,8	39,8
Nazaré Paulista	737,5	219,0	14,9	29,7	17,3	-	-	-	-	-	-	-	219,0	11,7	29,0
Piracaia	308,1	143,7	9,8	46,7	10,6	-	-	-	-	-	-	-	143,7	7,7	45,1
Vargem	114,2	25,5	1,7	22,3	-	-	-	-	-	-	-	-	25,5	1,4	22,3
<b>Total</b>	<b>4.128,9</b>	<b>1.471,2</b>	<b>100</b>	<b>35,6</b>	<b>853,8</b>	<b>315,2</b>	<b>100</b>	<b>36,9</b>	<b>581,5</b>	<b>79,9</b>	<b>100</b>	<b>13,7</b>	<b>1.866,3</b>	<b>100</b>	<b>33,5</b>

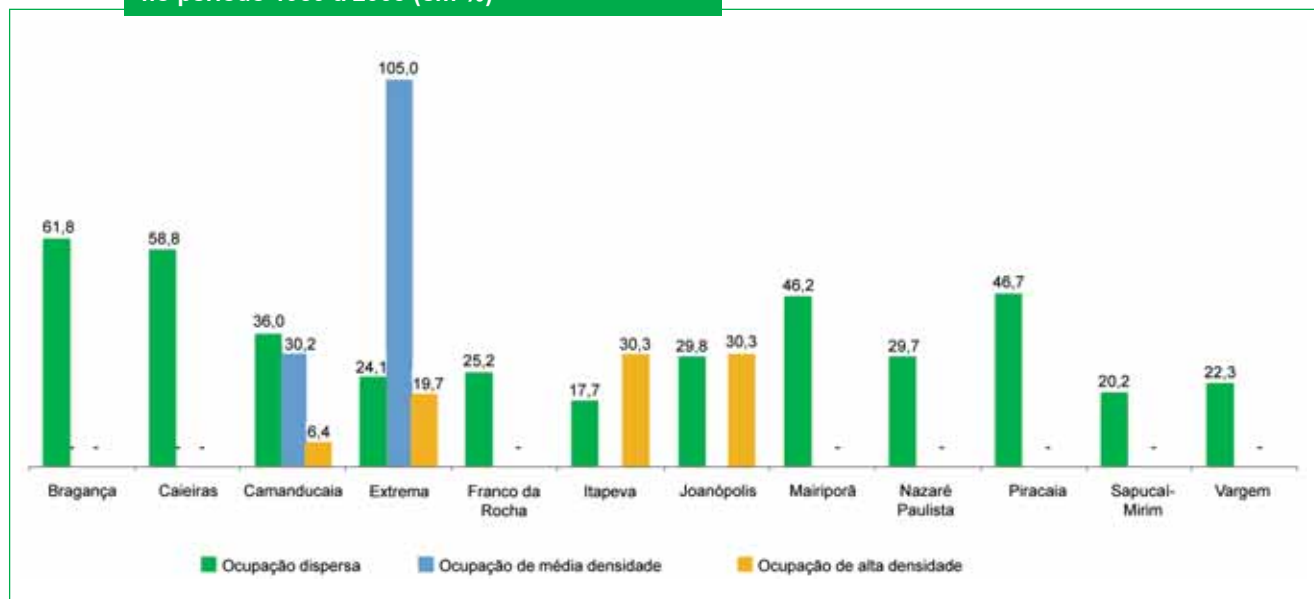
\* Área inserida no Sistema Cantareira.

<sup>(1)</sup> Inclui as áreas de condomínios.

<sup>(2)</sup> Em relação ao total da área de incremento de usos urbanos no Sistema Cantareira.

<sup>(3)</sup> Em relação ao total da classe na área do município inserida no Sistema Cantareira em 1989.

**Gráfico 8** Expansão urbana por município do Sistema Cantareira no período 1989 a 2003 (em %)



Bragança Paulista contou, entre 1989 e 2003, com uma expansão de 22 hectares de áreas de ocupação dispersa. Em relação ao total do Sistema Cantareira, tal acréscimo não representa parcela significativa (1,2%). Porém, em relação ao existente no município em 1989, tal crescimento equivale a um aumento de



Vista panorâmica do Reservatório Atibainha, em Nazaré Paulista, onde é possível observar os usos do solo em seu entorno (áreas de Mata Atlântica, núcleo urbano de Nazaré Paulista, áreas de campo antrópico, movimentação de terra para provável instalação de condomínio). Foto: Iatã Cannabrava/ISA (dez/03).



Ocupação urbana de alta densidade na região do vale do rio Juquery (municípios de Caieiras e Franco da Rocha). Foto: Iatã Cannabrava/ISA (fev/07).



Topo de morro com mata e reflorestamento nas vertentes, nas proximidades do Reservatório Jacareí. Foto: Iatã Cannabrava/ISA (dez/03).

61,8%. Isto é significativo pois a porção do município inserida nos limites do Sistema Cantareira é exatamente a que compreende parte do reservatório do Jaguari, e tal acréscimo pode indicar o aumento da ocupação em seu entorno, que por sua vez representa um risco à qualidade da água do sistema caso esta ocupação ocorra sem os devidos cuidados.

### ■ Evolução do desmatamento

O Sistema Cantareira conta com apenas 20,5% de seu território coberto por Mata Atlântica, em diferentes estágios de regeneração. Apesar disso, o desmatamento continua a ocorrer na região. No período entre 1989 e 2003, 3.184 hectares de mata atlântica foram suprimidos, o que representa uma perda de 6,3% em relação ao existente em 1989.

**Tabela 27** Substituição de áreas de Mata Atlântica por outros usos no Sistema no período 1989 a 2003

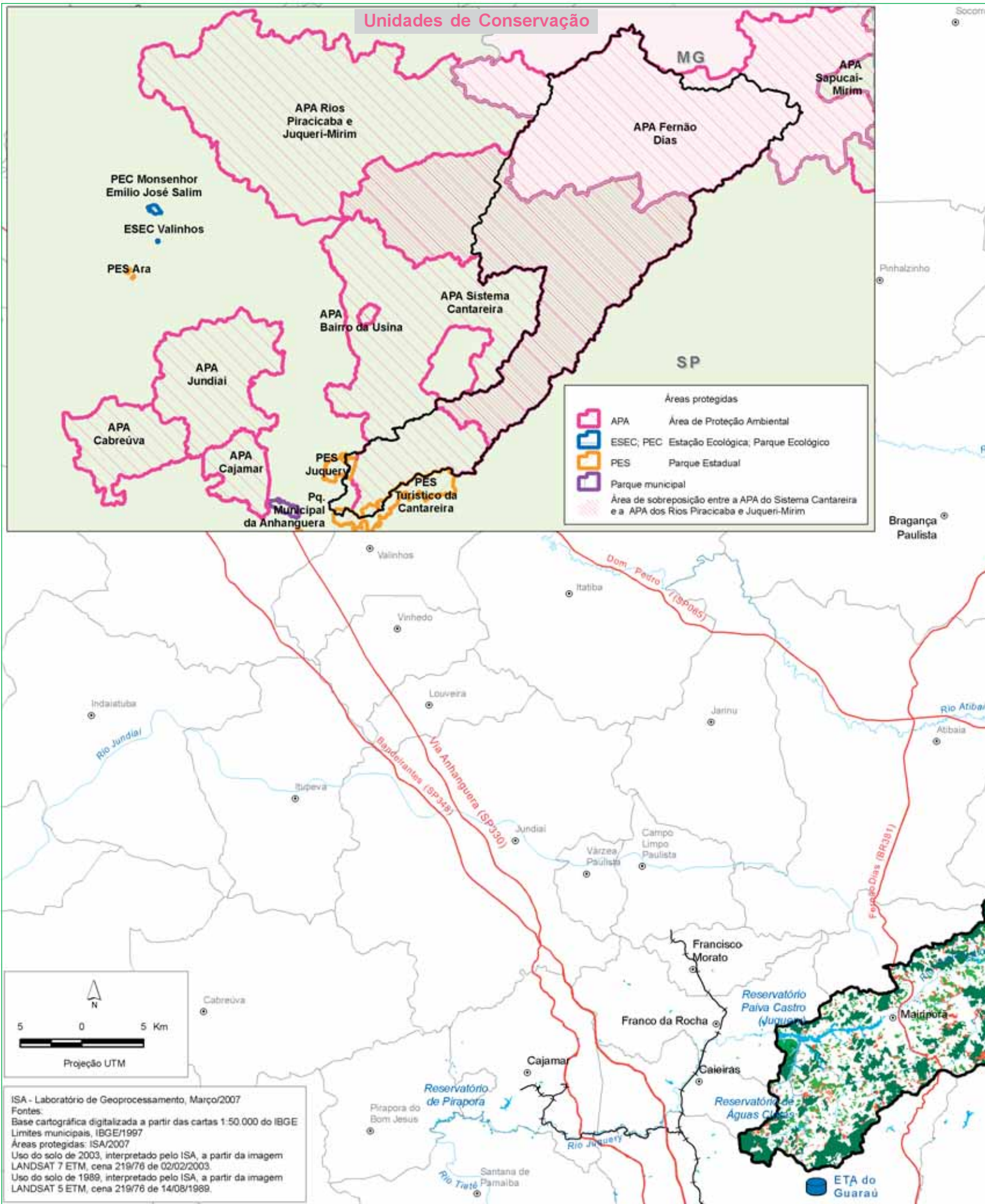
Classe	Desmatamento de Mata Atlântica em estágio avançado de regeneração ou primária		Desmatamento de Mata Atlântica em estágio inicial/médio de regeneração		Total	
	Área	%	Área	%	Área	%
Agricultura	1,5	0,2	27,2	1,2	28,7	0,9
Água (Lagos, Lagoas)	0,7	0,1	1,0	0,0	1,7	0,1
Campo Antrópico	632,5	70,6	1.847,6	81,1	2.480,1	75,7
Condomínio	-	-	7,4	0,3	7,4	0,2
Ocupação Dispersa	45,0	5,0	163,6	7,2	208,6	6,4
Ocupação Urbana Média Densidade	4,5	0,5	19,2	0,8	23,7	0,7
Reflorestamento	211,2	23,6	204,6	9,0	415,8	12,7
Reservatório	0,0	0,0	-	-	0,0	0,0
Solo Exposto	0,7	0,1	8,7	0,4	9,4	0,3
<b>Total</b>	<b>896,1</b>	<b>100,0</b>	<b>2.279,3</b>	<b>100,0</b>	<b>3.275,4</b>	<b>100,0</b>

Conforme demonstrado na tabela 27, as áreas desmatadas deram lugar majoritariamente aos campos antrópicos (75,7% de toda a área desmatada) e ao reflorestamento (12,7). Áreas de ocupação dispersa também passaram a ocupar o lugar de 208 hectares que antes eram mata, ou 6,4 da área desmatada no período.

### ■ Desmatamento por bacia hidrográfica formadora do Sistema Cantareira

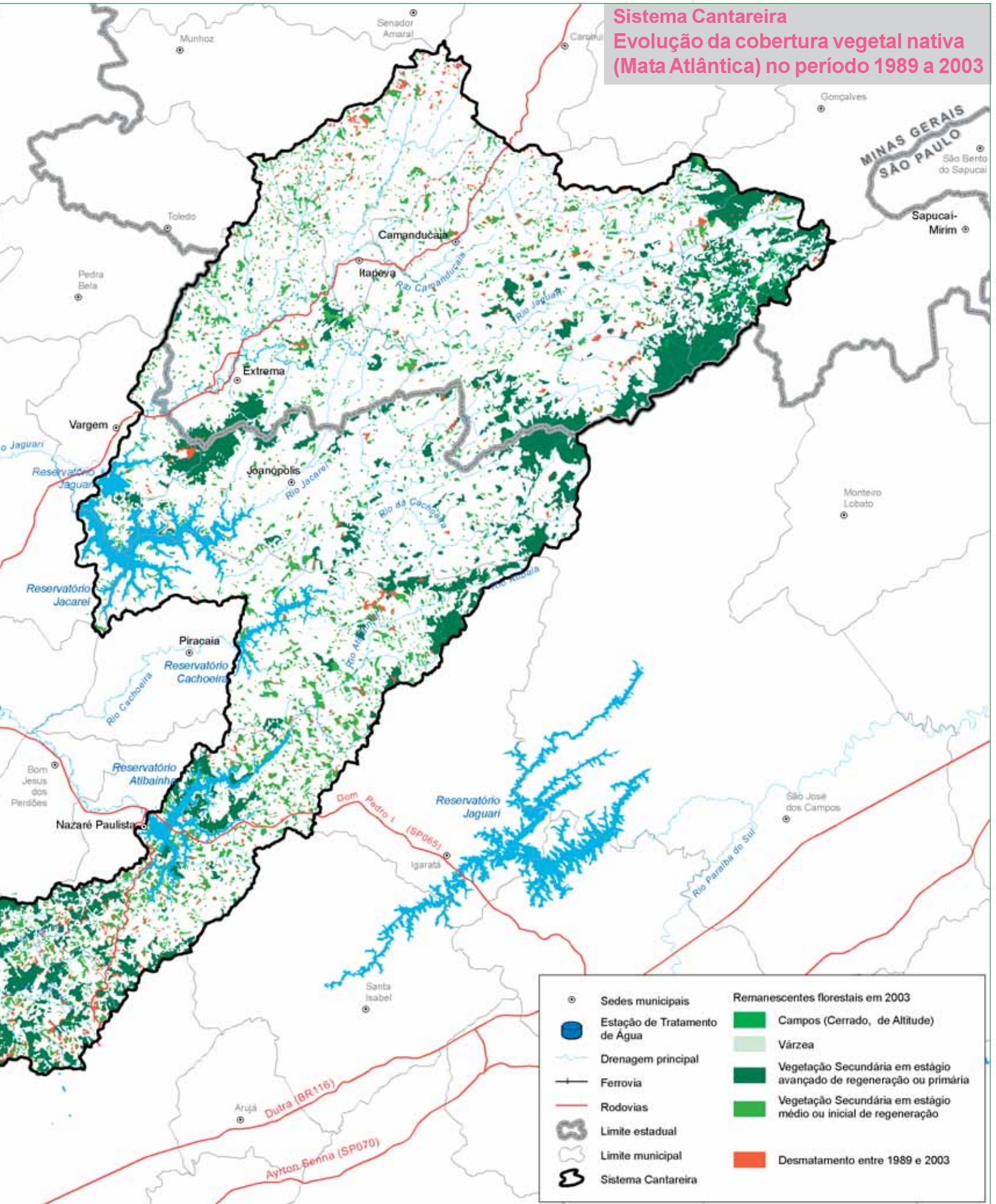
A supressão de áreas de Mata Atlântica no período de 1989 a 2003 (tabela 28) concentrou-se nas bacias do Juquery (54,8%), Jaguari (20,4%) e Atibainha (15,2%). A bacia do Juquery apresentou áreas bastante significativas de desmatamento no período, com 1.745 hectares a menos de vegetação, o que representou uma diminuição de 12,4% da área de vegetação na bacia. Nesta bacia concentra-se mais da metade de toda a área desmatada no Sistema Cantareira. Deste total, 612 hectares eram de vegetação secundária em estágio avançado de regeneração ou primária, e 1.133 hectares de vegetação em estágio inicial e médio de regeneração.

# Unidades de Conservação





**Sistema Cantareira**  
**Evolução da cobertura vegetal nativa**  
**(Mata Atlântica) no período 1989 a 2003**



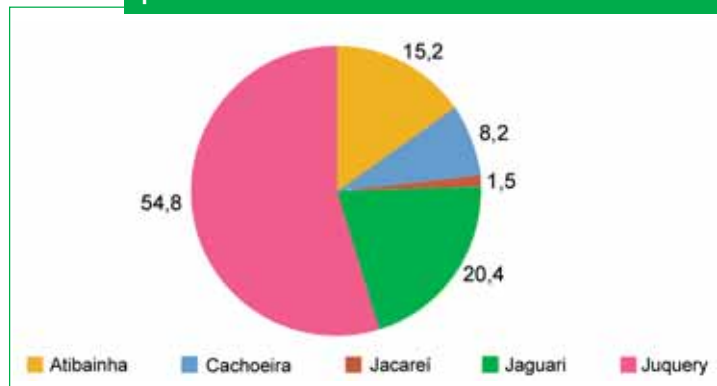
**Tabela 28** Desmatamento, no período de 1989 a 2003, por bacia hidrográfica formadora do Sistema

Bacia	Mata Atlântica Secundária em estágio médio ou inicial de regeneração				Mata Atlântica Secundária em estágio avançado de regeneração ou primária				Total		
	Área em 89	Desmatamento	% <sup>(1)</sup>	% <sup>(2)</sup>	Área em 89	Desmatamento	% <sup>(1)</sup>	% <sup>(2)</sup>	Área	% <sup>(1)</sup>	% <sup>(2)</sup>
Atibainha	4.320,1	426,0	18,7	9,9	3.663,1	57,3	6,4	1,6	<b>483,4</b>	<b>15,2</b>	<b>6,1</b>
Cachoeira	2.341,5	132,3	5,8	5,6	4.829,9	128,9	14,4	2,7	<b>261,1</b>	<b>8,2</b>	<b>3,6</b>
Jacareí	1.002,8	44,8	2,0	4,5	1.398,3	1,4	0,2	0,1	<b>46,2</b>	<b>1,5</b>	<b>1,9</b>
Jaguari	7.682,5	542,9	23,8	7,1	11.051,8	96,6	10,8	0,9	<b>648,0</b>	<b>20,4</b>	<b>3,5</b>
Juquery	3.940,8	1.133,3	49,7	28,8	10.156,9	611,9	68,3	6,0	<b>1.745,2</b>	<b>54,8</b>	<b>12,4</b>
<b>Total</b>	<b>19.287,7</b>	<b>2.279,3</b>	<b>100,0</b>	<b>11,8</b>	<b>31.100,0</b>	<b>896,1</b>	<b>100,0</b>	<b>2,9</b>	<b>3.183,9</b>	<b>100,0</b>	<b>6,3</b>

<sup>(1)</sup> Em relação ao total da área desmatada no Sistema Cantareira (3.184 hectares).

<sup>(2)</sup> Em relação ao total da classe em 1989 em cada uma das bacias formadoras do Sistema Cantareira.

**Gráfico 9** Desmatamento, no período 1989 a 2003 (em %), por bacia formadora do Sistema



**Gráfico 10** Taxa de desmatamento, no período 1989 a 2003 (em %), por bacia formadora do Sistema



A bacia do Atibainha teve 483,4 hectares de vegetação suprimidos, dos quais 426 hectares foram de vegetação em estágio médio e inicial de regeneração e 57,3 hectares de vegetação primária e em estágio avançado de regeneração. Isso representou 15,2% do total desmatado no período em todo o sistema Cantareira, e uma diminuição de 6% em relação à área coberta por Mata Atlântica na bacia em 1989. A bacia do Cachoeira apresentou desmatamento de 261 hectares no período, correspondente a 8,2% do total do sistema e a 3,6% a menos de áreas de vegetação na bacia em relação a 1989.

A bacia do Jaguari apresentou um desmatamento de 648 hectares, que representa 20,4% do total no Sistema Cantareira e 3,5% de diminuição da área vegetada na bacia em relação a 1989. A bacia do Jacareí foi a que apresentou menor supressão de vegetação, com 46,2 hectares desmatados no período, respondendo por 1,5% do total do sistema e 1,9% em relação à área ocupada por vegetação na bacia.

#### ■ Desmatamento por município do Sistema Cantareira

Na tabela 29 pode-se observar como se deu o desmatamento em cada município do Sistema Cantareira entre os anos de 1989 e 2003. O município de Mairiporã foi responsável, neste período, por 1.366 dos 3.184 hectares desmatados no Sistema Cantareira, que corresponde a 42,9% do total de vegetação suprimida. Tal área representou a diminuição de 13% da vegetação existente no município em 1989. Em segundo lugar está Nazaré Paulista, que contou com 610 hectares de desmatamento, ou 19,2% do total desmatado no sistema. Isto representou também a supressão de quase 10% da vegetação do município.

Em Camanducaia concentraram-se 13,4% do desmatamento no Sistema Cantareira, e 425 hectares de vegetação natural transformaram-se em outros usos, o que representou 4,8% a menos de vegetação no município em relação a 1989. Em Caieiras, apesar de apenas 3,1% do desmatamento ter ocorrido ali (quase 100 hectares), esta supressão equivale a uma diminuição de 10% da área coberta por vegetação natural na porção do município inserida no sistema.

Joanópolis, Piracaia e Itapeva também apresentaram áreas significativas de desmatamento que, juntas, somam 580 hectares, ou 18% do total desmatado no período. Em Itapeva, os 167,6 hectares desmatados corresponderam a uma supressão de qua-



Margem do Reservatório Cachoeira com processo acelerado de erosão em suas margens. Nota-se a grande extensão de áreas ocupadas por campos antrópicos e a baixa presença de vegetação. Foto: latã Cannabrava/ISA (dez/03).

Tabela 29

**Desmatamento, no período de 1989 a 2003, por município do Sistema**

Município*	Vegetação Secundária estágio médio ou inicial				Vegetação Secundária estágio avançado ou primária				Total		
	Área em 89	Desmatamento	% <sup>(1)</sup>	% <sup>(2)</sup>	Área em 89	Desmatamento	% <sup>(1)</sup>	% <sup>(2)</sup>	Área	% <sup>(1)</sup>	% <sup>(2)</sup>
Camanducaia	3.467,6	334,2	14,7	9,6	5.308,0	91,1	10,2	1,7	425,3	13,4	4,8
Extrema	2.159,7	34,6	1,5	1,6	1.419,0	5,5	0,6	0,4	40,1	1,3	1,1
Itapeva	1.708,3	167,6	7,4	9,8	5,5	-	-	-	167,6	5,3	9,8
Sapucaí-Mirim	244,7	13,0	0,6	5,3	4.553,9	18,8	2,1	0,4	31,8	1,0	0,7
Bragança Paulista	60,5	0,6	0,0	1,0	14,2	-	-	-	0,6	0,0	0,8
Caieiras	188,2	48,0	2,1	25,5	808,8	51,9	5,8	6,4	99,9	3,1	10,0
Franco da Rocha	37,1	8,9	0,4	24,1	239,6	0,4	0,0	0,2	9,3	0,3	3,4
Joanópolis	1.761,8	116,7	5,1	6,6	5.098,1	102,5	11,4	2,0	219,1	6,9	3,2
Mairiporã	3.087,6	897,7	39,4	29,1	7.304,5	468,8	52,3	6,4	1.366,4	42,9	13,1
Nazaré Paulista	3.669,2	489,7	21,5	13,3	3.634,6	121,3	13,5	3,3	610,9	19,2	8,4
Piracaia	2.502,2	149,0	6,5	6,0	1.992,3	35,9	4,0	1,8	193,4	6,1	4,3
Vargem	400,7	19,3	0,8	4,8	721,5	-	-	-	19,3	0,6	1,7
<b>Total</b>	<b>19.287,7</b>	<b>2.279,3</b>	<b>100,0</b>	<b>11,8</b>	<b>31.100,0</b>	<b>896,1</b>	<b>100,0</b>	<b>2,9</b>	<b>3.183,9</b>	<b>100,0</b>	<b>6,3</b>

\* Apenas a área inserida no Sistema Cantareira.

<sup>(1)</sup> Em relação ao total da área de desmatamento no período.

<sup>(2)</sup> Em relação ao total da classe em 1989.

se 10% da vegetação do município. Joanópolis teve um desmatamento de 219 hectares e Piracaia, 193,4 hectares.

Os outros municípios (Bragança Paulista, Franco da Rocha, Extrema, Sapucaí-Mirim e Vargem) apresentaram pequenas áreas de desmatamento no período que, somadas, totalizam 101 hectares, ou 3,2% do total.

### ■ Evolução do Campo Antrópico

As áreas ocupadas por campos antrópicos ocupam mais da metade de todo o Sistema Cantareira e constituem uma classe de uso do solo muito dinâmica. As áreas de campo antrópico estão constantemente em transformação, e abrem o caminho para que diversos usos e formas de ocupação do solo se instalem na região.

No período de 1989 a 2003, 13.754 hectares de campo antrópico deram lugar a outros usos e atividades no território do sistema (tabela 30). Ao mesmo tempo, 11.978 ha de reflorestamento

(58,7% deste total) e Mata Atlântica (12,5%) foram substituídos por novas áreas de campo antrópico. Desta forma, em 2003 havia 117.723 hectares de campo antrópico, contra 123.595 hectares em 1989.

A maior parte das novas áreas com usos humanos se instalaram sobre campos antrópicos (67,6% da expansão urbana se deu sobre áreas de campo antrópico), assim como as poucas áreas de vegetação que puderam regenerar-se no período. Ao mesmo tempo, as áreas de campo antrópico que surgiram entre 1989 e 2003 passaram a ocupar o espaço que antes eram de outros usos antrópicos e de vegetação (78% do desmatamento se deu através da substituição de vegetação natural por campo antrópico).

Tabela 31

**Incremento de áreas de campo antrópico, no período 1989 a 2003, no Sistema sobre outras classes de uso do solo**

Classe	Área	%
Agricultura	950,6	7,9
Reflorestamento	7.026,7	58,7
Solo Exposto	647,8	5,4
Campo de Altitude	8,5	0,1
Mata Atlântica Secundária em estágio médio ou inicial de regeneração	1.847,6	15,4
Mata Atlântica Secundária em estágio avançado de regeneração ou Primária	632,5	5,3
Reservatório	861,3	7,2
Água (Lagos, Lagoas)	3,0	0,0
<b>Usos Antrópicos</b>	<b>8.625,1</b>	<b>72,0</b>
<b>Vegetação</b>	<b>2.488,6</b>	<b>20,8</b>
<b>Total</b>	<b>11.978,0</b>	

Tabela 30

**Substituição de áreas de Campo Antrópico por outros usos no Sistema no período 1989 a 2003**

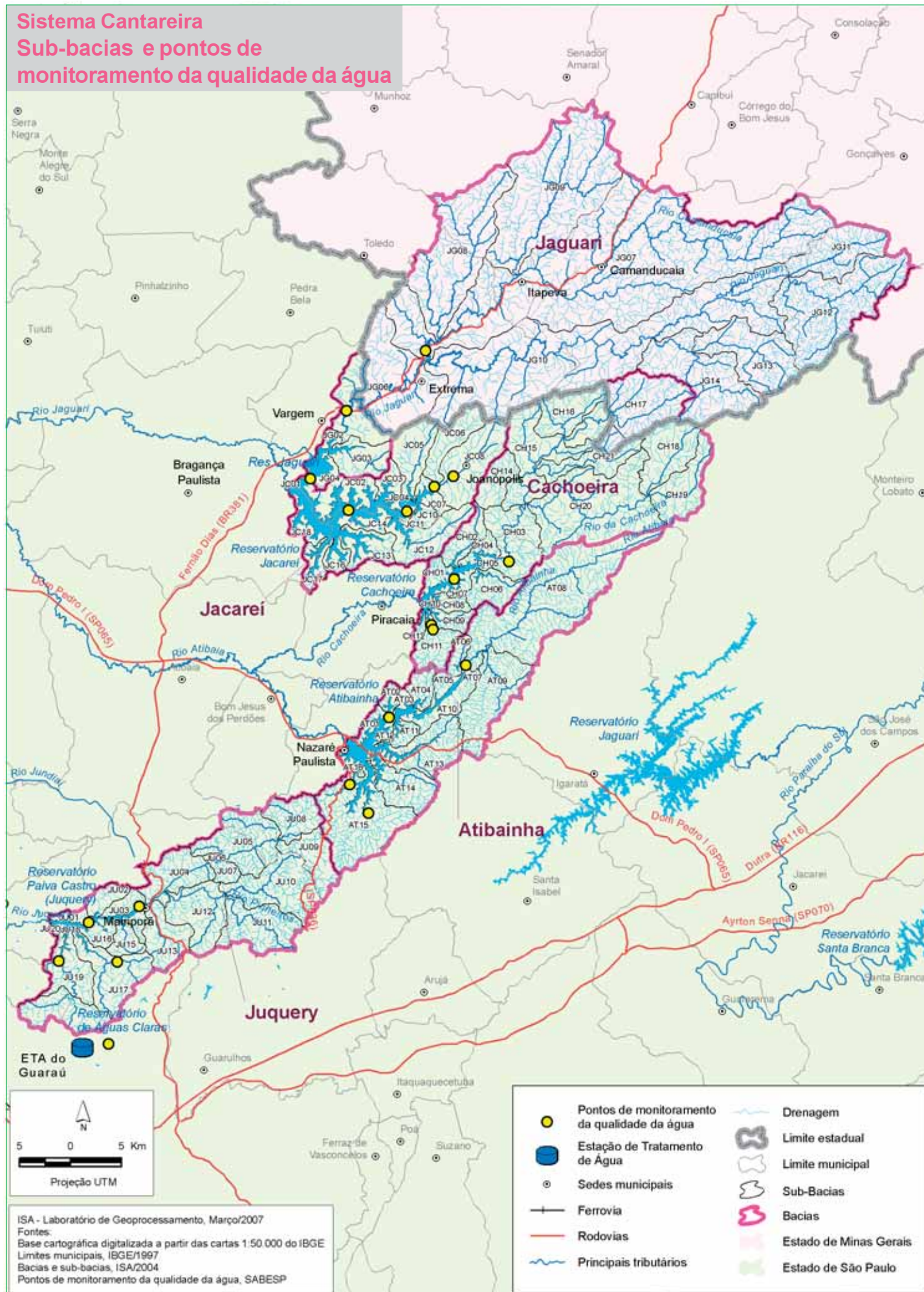
Classe	Área	%
Condomínio	27,6	0,2
Ocupação Dispersa	908,2	6,6
Ocupação Urbana de Média Densidade	249,6	1,8
Ocupação Urbana de Alta Densidade	76,6	0,6
Agricultura	2.998,9	21,8
Reflorestamento	7.504,5	54,6
Solo Exposto	1.837,3	13,4
Mata Atlântica Secundária em estágio médio ou inicial de regeneração	89,3	0,6
Mata Atlântica Secundária em estágio avançado de regeneração ou Primária	2,3	0,0
Reservatório	0,0	0,0
Água (Lagos, Lagoas)	59,7	0,4
<b>Usos Urbanos</b>	<b>1.262,0</b>	<b>9,2</b>
<b>Usos Antrópicos</b>	<b>12.340,7</b>	<b>89,7</b>
<b>Total</b>	<b>13.754,1</b>	



# 3

## AMEAÇAS E PERSPECTIVAS PARA A SUSTENTABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DA REGIÃO DO SISTEMA CANTAREIRA

# Sistema Cantareira Sub-bacias e pontos de monitoramento da qualidade da água



## Índice de Comprometimento da Produção Hídrica (ICPH) do Sistema Cantareira

As alterações do uso do solo identificadas na região do Sistema Cantareira no período de 1989 a 2003, conforme demonstrado anteriormente, resultam em impactos significativos sobre a qualidade ambiental da região.

No sentido de analisar a forma como estes impactos estão sendo absorvidos pelas bacias formadoras do Sistema Cantareira e para identificar as áreas mais propensas à degradação ambiental nos próximos anos, caso se mantenham as atuais tendências de uso e ocupação do solo, foi desenvolvido o Índice de Comprometimento da Produção Hídrica – ICPH.<sup>3</sup>

O ICPH é um indicador obtido através da análise integrada entre as características naturais das sub-bacias que compõem uma bacia hidrográfica, tais como relevo, formato, quantidade de nascentes, quantidade de cobertura vegetal e de ocupação por atividades humanas (urbanas ou não), e as alterações decorrentes de atividades humanas ocorridas em um determinado período de tempo.

Esta metodologia é uma importante ferramenta de planejamento, pois permite classificar as sub-bacias analisadas de acordo com suas fragilidades ambientais e o grau de impacto presente e projetado. A partir de sua aplicação não só é possível identificar as sub-bacias que sofreram os maiores impactos em determinado período de tempo, mas, principalmente, as que estão mais sujeitas à degradação no futuro, por serem mais frágeis do ponto de vista ambiental.

### ■ Definição de sub-bacias

As bacias hidrográficas do Sistema Cantareira – Jaguari, Jacaré, Atibainha, Cachoeira, Juquery – foram divididas em sub-bacias no presente estudo a partir da adoção de critérios hidrológicos e geomorfológicos. O objetivo desta divisão é avaliar os impactos das alterações do uso do solo sobre a produção hídrica em unidades hidrológicas menores.

Para tal, foram considerados quatro níveis de unidades hidrológicas. O nível zero refere-se às bacias Jaguari, Jacaré, Cachoeira, Atibainha, Juquery. O nível 1 ao corpo central dos reservatórios, enquanto que o nível 2, corresponde a braços dos reservatórios que são significativos em termos de área e/ou importância hidrológica. Finalmente, o nível 3 considera os principais rios formadores de cada reservatório.

A divisão do Sistema Cantareira em sub-bacias, no presente estudo, foi feita da seguinte forma: as áreas de drenagem dos corpos d'água de nível 3 foram subdivididas usando o modelo de hierarquia dos rios de Strahler, em base cartográfica na escala 1:50.000. No total foram criadas 87 sub-bacias sendo 16 da bacia Atibainha, 21 da bacia Cachoeira, 17 da bacia Jacaré, 14 da bacia Jaguari, e 19 do Juquery

A seguir, as sub-bacias foram codificadas considerando três níveis de informação, que são representados em três pares, sendo um de letras, outro de algarismos romanos e outro de números, como XXII99. O primeiro par da codificação representa o código do reservatório (Jaguari = JG, Jacaré = JC; Cachoeira = CH; Atibainha = AT; Juquery = JU). O segundo par, representado em algarismos romano, diz respeito ao nível de unidade hidrológica a que o corpo d'água pertence (níveis 1 a 3). O terceiro e último par representa o número sequencial crescente de jusante a montan-

te das sub-bacias do nível 3. Por exemplo, o código de uma sub-bacia localizada na bacia Jaguari próximo ao corpo central do reservatório (nível 1) é JGI01, caso haja mais sub-bacias nessas condições, altera-se sequencialmente o terceiro par da codificação.

### ■ Cálculo do ICPH para o Sistema Cantareira

O ICPH (tabela 32) é obtido através de dados provenientes de imagens orbitais e de cartas topográficas digitais, e baseia-se em modelo algébrico que integra grupos de variáveis geográficas das sub-bacias. Para o cálculo do ICPH são considerados três fatores, traduzidos em coeficientes: índice de escoamento fluvial, coeficiente de vegetação e coeficiente de antropização.

A equação do ICPH é apresentada a seguir:

$$\text{ICPH} = [3 \times (\text{Coef. Ant} - \text{Coef. Veg}) / (\text{Coef. Ant} + \text{Coef. Veg})] + 0,3 \times \text{Índice Esc. Fluvial}$$

O índice de escoamento fluvial compreende características naturais, tais como densidade de nascentes, grau de permeabilidade natural, declividade e energia potencial – responsáveis pela velocidade de escoamento da água em direção às represas – e a forma de cada sub-bacia – que influenciará a concentração e dispersão das águas e sedimentos ao longo da área drenada pelos cursos d'água.

Este índice identifica o grau de predisposição natural de cada sub-bacia à instabilidade no equilíbrio entre chuva-vazão fluvial, que poderá ser agravado em função do padrão e da intensidade da ocupação antrópica. Ele é obtido através da seguinte equação:

$$\text{Índice de escoamento fluvial} = F1 \times Dph$$

Onde:

F1 = frequência de nascentes (quantidade de nascentes dividida pela área da sub-bacia)

Dph = desvio padrão das variações de altitude em cada sub-bacia.

O segundo fator considerado para cálculo é o Coeficiente de Cobertura Vegetal, que considera a densidade de vegetação existente em uma determinada região. Quanto maior o índice de vegetação, maior a capacidade de retenção de água das chuvas, de infiltração no solo e diminuição da carga de sedimentos transportada pelos cursos d'água.

Para o cálculo do coeficiente de vegetação são consideradas todas as formas de vegetação existente, incluindo áreas de reflorestamento e várzea. O coeficiente de vegetação é obtido através da seguinte equação:

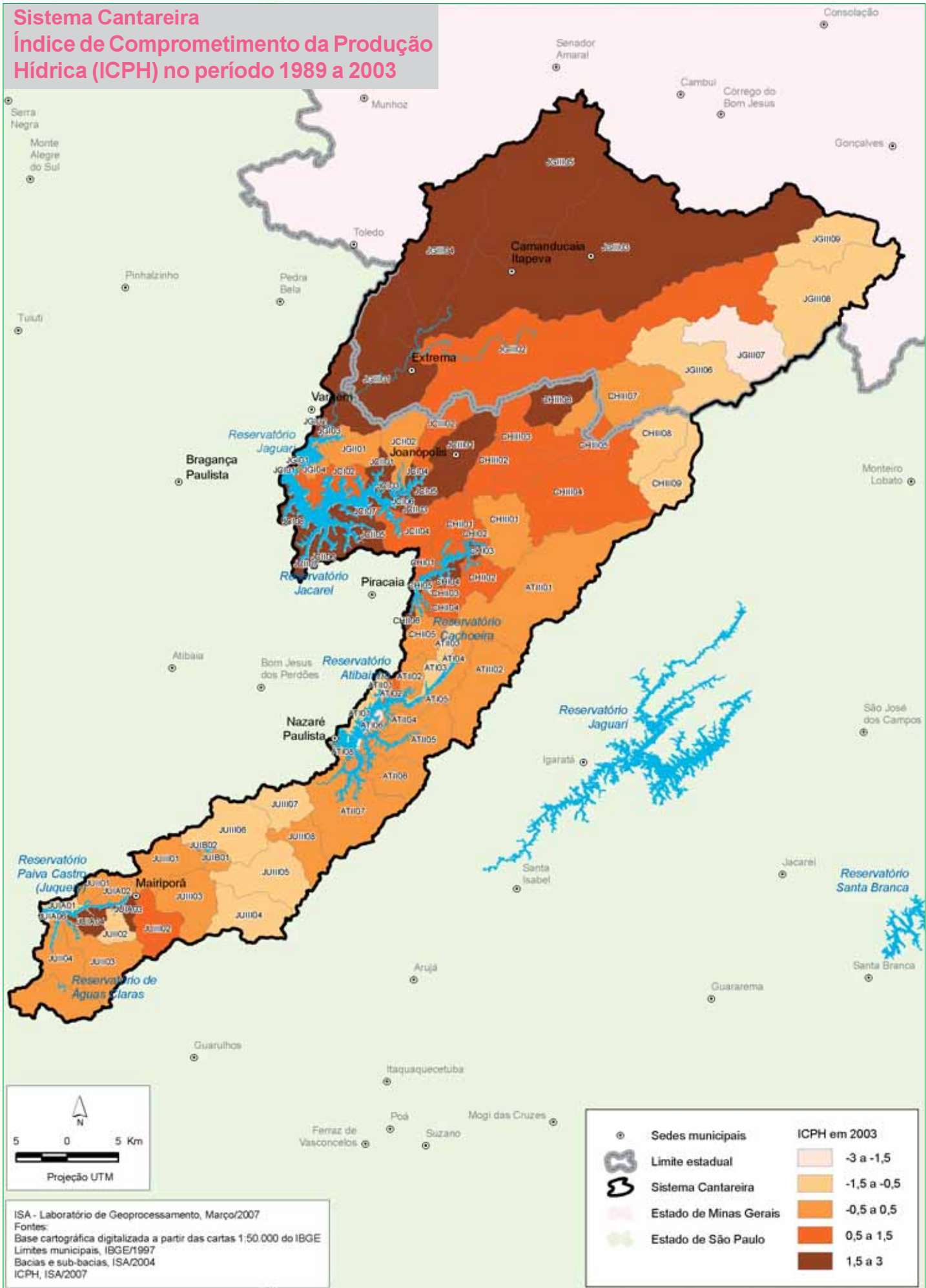
$$\text{Coef. Veg} = 3(Dme + Dref) + 2Dmi + Dva$$

Onde:

Dme = densidade de Mata Atlântica primária e secundária em estágio avançado de regeneração

<sup>3</sup> A metodologia aplicada para cálculo do ICPH foi adaptada para a Cantareira a partir do modelo aplicado para a Bacia Hidrográfica da Billings e para Bacia Hidrográfica Guarapiranga, que foi desenvolvido pelo Dr. Marco César Ferreira (geógrafo, pesquisador da Unicamp) e pela equipe do Instituto Socioambiental, em Billings 2000.

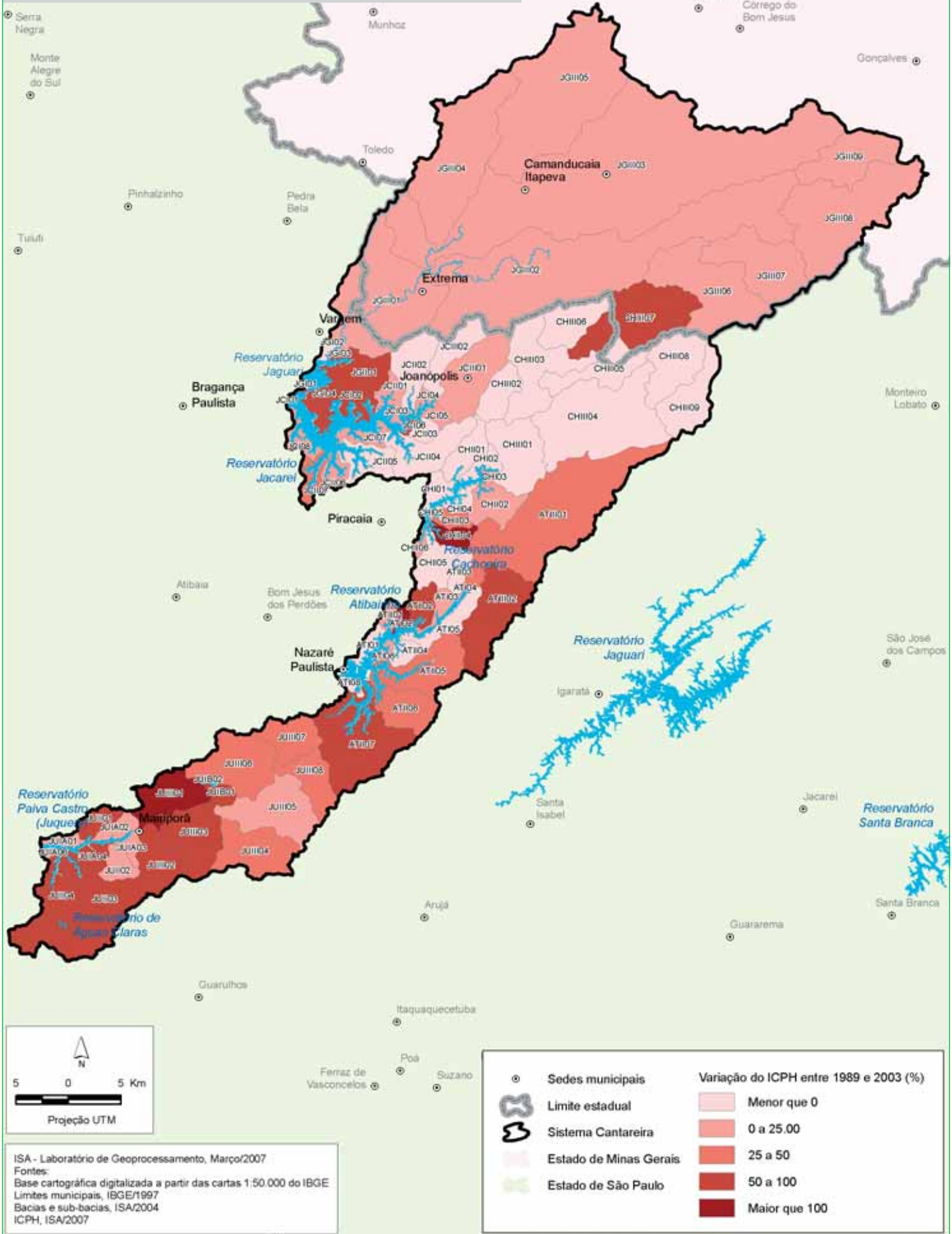
**Sistema Cantareira**  
**Índice de Comprometimento da Produção**  
**Hídrica (ICPH) no período 1989 a 2003**





# Sistema Cantareira

## Varição do Índice de Comprometimento da Produção Hídrica (ICPH) no período 1989 a 2003



Dref = densidade de reflorestamento  
Dmi = densidade de Mata Atlântica secundária em estágio médio e inicial de regeneração  
Dca = densidade de áreas de várzea

Este coeficiente permite visualizar a evolução da cobertura vegetal nas sub-bacias analisadas, através da sua variação em um determinado período de tempo. A sub-bacias que apresentaram os maiores valores do coeficiente de vegetação em 2003 foram: JGIII07; JGIII08; ATI06; CHIII08. Em todas elas os valores estiveram acima de 2,15.

O terceiro fator utilizado para o cálculo do ICPH é o coeficiente de antropização, que está diretamente ligado com as atividades humanas existentes na Bacia. Este coeficiente considera as densidades de áreas urbanas e de usos antrópicos. Um alto valor de coeficiente de antropização significa que grandes quantidades de áreas estão impermeabilizadas e, conseqüentemente, maiores serão as possibilidades de aumento de enchentes e concentração de poluição, em especial a poluição difusa que é resultante de poluentes domésticos, agrícolas e industriais nas sub-bacias.

O coeficiente de antropização é obtido através da equação:

$$\text{Coef. Antr} = 2 \text{ Coef Urb} + \text{Coef UsosAntr}$$

Onde o Coeficiente de Urbanização é:

$$\text{Coef. Urb} = 3(\text{Dau}) + 2(\text{Dmd}) + (\text{Dod}),$$

e o Coeficiente de Usos Antrópicos é:

$$\text{Coef. UsosAntr} = 2(\text{Dse}) + (\text{Dca})$$

Onde:

Dau = densidade de áreas urbanas de alta densidade

Dmd = densidade de áreas urbanas de média densidade e condomínios

Dod = densidade de áreas de ocupação dispersa

Dse = densidade de áreas de solo exposto, mineração, estradas e indústrias

Dca = densidade de áreas de agricultura, mineração e campos antrópicos.

As sub-bacias com os maiores valores do coeficiente de antropização em 2003 foram: JGI03; CHI05; JUIA03; JUIA04; JUIII02; e JGI03. Todas estão situadas no entorno dos reservatórios da bacia que pertencem.

Finalmente, de posse deste conjunto de indicadores anteriormente apresentados, é possível calcular o ICPH das sub-bacias que compõem a bacias hidrográfica do Sistema Cantareira, e com isso, identificar aquelas mais frágeis do ponto de vista ambiental, bem como as que sofreram os impactos resultantes das alterações de uso do solo no período entre 1989 e 2003.

As sub-bacias que apresentam os maiores valores de índice de comprometimento da produção hídrica, constituindo-se, portanto, nas mais problemáticas do ponto de vista ambiental e de produção de água em quantidade e qualidade adequadas, são:

- JGI02 e JGI03: Localizadas na bacia Jaguari no entorno do reservatório no município de Vargem;
- JGIII05: Situada no município de Itapeva, compreende a região de cabeceiras do Ribeirão Sertão Grande um dos afluentes do Rio Jaguari;
- JCI05: Localizada no entorno do reservatório Jacaréi no município de Piracaia;
- CHII06: Localizada no entorno do reservatório Cachoeira no município de Piracaia;

- JUIA03: Localizada no entorno do reservatório Juquery no município de Mairiporã.

A variação do ICPH entre os anos de 1989 e 2003 pode ser indicativa das alterações de uso e ocupação do solo que ocorreram neste período. Os resultados obtidos permitem identificar as sub-bacias que apresentaram maiores alterações no ICPH no período. Esta variação, por sua vez, expressa, através de uma relação direta, o grau de degradação decorrente da ocupação antrópica, onde quanto maior a variação, maior o comprometimento das condições ambientais naturais da sub-bacia.

As sub-bacias que apresentaram as maiores variações estão, em geral, localizadas nas proximidades dos reservatórios do Sistema Cantareira e tiveram, no período analisado, acréscimo de campo antrópico e ocupação urbana dispersa em detrimento da vegetação secundária inicial e avançada, e em alguns casos do reflorestamento.

A avaliação temporal do comportamento do ICPH nas sub-bacias compreende o período entre 1989 e 2003, onde se destacam as sub-bacias que apresentaram altas taxas positivas de variação do índice.

Entre 1989 a 2003, as sub-bacias que apresentaram as mais altas variações foram:

- ATI02 (1233%), ATIII02 (94%): sub-bacias localizadas próximas ao reservatório Atibainha localizados no município de Nazaré Paulista.
- CHII04 (213%): sub-bacia localizada no município de Piracaia no entorno do reservatório Cachoeira.
- JUIB01 (95%): sub-bacia próxima ao canal retificado do Rio Juqueri (a montante do reservatório) no município de Mairiporã.
- JUIII03 (93%): município de Mairiporã, compreende as áreas de drenagem de um dos braços do reservatório Juqueri.
- JUIII01 (298%): localizada entre o canal retificado do rio Juqueri e o próprio reservatório em Mairiporã.

A maior variação do ICPH entre as sub-bacias localizadas na beira dos reservatórios pode estar associada ao uso destes terrenos para instalação de novas residências, condomínios e outros tipos de empreendimentos turísticos. As diferenças entre as áreas ocupadas pelas represas nos anos de 1989 e 2003 também podem conferir alterações ao uso do solo e, conseqüentemente, aumentar o valor do ICPH das sub-bacias à beira dos reservatórios (redução dos espelhos d'água e substituição por campo antrópico).

A bacia Juquery foi a que teve maior número de sub-bacias (9) com variação positiva superior a 55%, seguida da bacia Atibainha, com três sub-bacias nessas condições.

## Quantidade e qualidade da água no Sistema Cantareira

A água do Sistema Cantareira pode ser considerada como de boa qualidade. Porém, atenção especial precisa ser dada aos principais tributários das represas, com destaque para o rio Jacaréi e o rio Juquery, que recebem poluição proveniente de esgoto doméstico e cargas difusas produzidas pela ocupação antrópica das bacias formadoras desses reservatórios.

As características da água de um reservatório são resultantes da interação de um complexo conjunto de fatores, alguns de ordem ambiental, vinculados aos ciclos climáticos e à sua dinâmica

Tabela 32

**Coeficientes utilizados e Índice de Comprometimento da Produção Hídrica (ICPH) nas sub-bacias do Sistema Cantareira, no período de 1989 a 2003**

Bacia	Sub-bacia	Área	Esc. fluvial	Coef. antrop.	Coef. veget.	ICPH 1989	Coef. antrop.	Coef. veget.	ICPH 1999	Coef. antrop.	Coef. veget.	ICPH 2003	Taxa cresc. %	Varição ICPH 89/03
Atibainha	ATI01	463,7	1,75	0,409	1,83	-1,36	0,41	1,85	-1,38	0,42	1,87	-1,35	0,0	0,01
	ATI02	243,1	1,59	0,719	0,93	0,04	0,78	0,76	0,47	0,79	0,73	0,55	1233,9	0,51
	ATI03	563,6	3,06	0,244	2,08	-1,50	0,32	1,86	-1,26	0,36	1,78	-1,13	24,8	0,37
	ATI04	21,4	0,00	0,300	1,01	-1,62	0,48	1,01	-1,07	0,50	1,01	-1,02	37,3	0,61
	ATI05	1.169,8	3,17	0,670	0,90	0,34	0,65	1,01	0,15	0,58	1,23	-0,28	-181,5	-0,62
	ATI06	165,8	0,52	0,331	1,96	-2,02	0,34	1,96	-2,00	0,35	1,93	-1,96	2,6	0,05
	ATI08	274,1	0,98	0,804	1,07	-0,18	0,85	0,93	0,12	0,80	1,10	-0,24	-36,1	-0,06
	ATII01	366,0	3,44	0,107	2,69	-1,90	0,22	2,40	-1,63	0,29	2,20	-1,44	24,2	0,46
	ATII02	858,7	4,63	0,459	1,50	-0,43	0,51	1,39	-0,23	0,55	1,31	-0,06	85,4	0,37
	ATII03	579,7	3,04	0,278	1,35	-1,10	0,39	1,88	-1,10	0,33	2,08	-1,31	-19,5	-0,21
	ATII04	515,1	2,62	0,701	0,99	0,24	0,70	1,01	0,20	0,70	1,01	0,20	-14,9	-0,04
	ATII05	2.688,7	2,85	0,573	1,20	-0,33	0,63	1,09	-0,08	0,61	1,14	-0,18	45,2	0,15
	ATII06	2.104,8	3,02	0,587	0,92	0,18	0,68	0,97	0,30	0,68	1,00	0,27	46,9	0,09
	ATII07	5.293,6	4,12	0,566	1,18	0,09	0,59	1,19	0,15	0,59	1,20	0,14	50,2	0,05
	ATIII01	10.166,7	4,13	0,357	1,27	-0,47	0,48	1,45	-0,29	0,47	1,47	-0,32	31,9	0,15
	ATIII02	3.844,8	2,52	0,518	1,23	-0,49	0,61	1,01	-0,01	0,61	1,03	-0,03	94,2	0,46
	Cachoeira	CHIO1	677,4	5,03	0,739	0,63	1,47	0,70	0,78	1,07	0,73	0,81	1,06	-28,0
CHIO2		555,8	3,86	0,787	0,58	1,50	0,72	0,78	0,95	0,70	0,87	0,73	-51,4	-0,77
CHIO3		157,5	1,78	0,921	0,16	2,63	0,93	0,14	2,71	0,93	0,14	2,71	3,2	0,08
CHIO4		444,8	2,37	0,934	0,15	2,78	0,94	0,13	2,85	0,93	0,16	2,72	-2,1	-0,06
CHIO5		25,5	0,78	1,036	0,24	2,07	1,04	0,24	2,07	1,16	0,24	2,17	4,7	0,10
CHII01		17,6	0,00	0,753	0,61	1,28	0,75	0,62	1,27	0,75	0,63	1,24	-3,2	-0,04
CHII02		1.262,8	3,54	0,637	0,86	0,64	0,71	0,77	0,97	0,68	0,86	0,75	16,8	0,11
CHII03		1.517,0	4,23	0,751	0,67	0,90	0,76	0,64	1,01	0,72	0,49	1,31	44,7	0,40
CHII04		481,0	2,95	0,607	0,87	0,37	0,74	0,71	0,95	0,76	0,64	1,17	213,4	0,80
CHII05		689,1	3,98	0,580	0,96	0,03	0,60	1,14	-0,16	0,55	1,30	-0,45	-1497,9	-0,48
CHII06		1.534,2	3,37	0,930	0,29	2,40	0,92	0,32	2,27	1,00	0,17	2,95	23,0	0,55
CHIII01		225,0	3,17	0,523	1,38	-0,15	0,50	1,46	-0,27	0,47	1,45	-0,33	-119,7	-0,18
CHIII02		3.058,7	4,09	0,857	0,38	1,89	0,85	0,47	1,60	0,81	0,58	1,24	-34,1	-0,64
CHIII03		1.428,0	2,48	0,791	0,60	1,32	0,79	0,67	1,15	0,79	0,72	1,04	-21,4	-0,28
CHIII04		3.827,4	3,04	0,780	0,64	1,04	0,76	0,71	0,84	0,75	0,74	0,76	-27,0	-0,28
CHIII05		7.687,4	2,40	0,793	0,59	1,66	0,77	0,68	1,41	0,76	0,77	1,19	-28,2	-0,47
CHIII06		2.305,8	4,10	0,788	0,62	1,66	0,79	0,62	1,68	0,80	0,70	1,51	-9,2	-0,15
CHIII07		2.132,0	4,33	0,383	1,82	-0,19	0,41	1,73	-0,08	0,43	1,76	-0,06	69,6	0,14
CHIII08		4.977,9	5,63	0,259	2,19	-1,23	0,22	2,32	-1,35	0,18	2,42	-1,44	-17,4	-0,21
CHIII09		2.835,8	3,72	0,296	2,07	-0,77	0,28	2,14	-0,83	0,27	2,15	-0,84	-9,1	-0,07
Jacareí	JCIO1	2.532,9	4,85	0,514	0,73	-0,51	0,51	0,73	-0,51	0,64	0,73	-0,20	61,7	0,32
	JCIO2	55,8	0,00	0,698	0,64	0,41	0,74	0,56	0,70	0,81	0,60	0,72	77,1	0,31
	JCIO3	1.446,7	0,98	0,790	0,20	1,82	0,84	0,20	1,87	0,95	0,23	1,87	2,9	0,05
	JCIO4	163,8	0,15	0,867	0,12	2,55	0,93	0,13	2,54	1,01	0,13	2,59	1,4	0,04
	JCIO5	233,8	0,83	1,028	0,25	2,11	1,05	0,28	2,01	1,10	0,24	2,20	4,2	0,09
	JCIO6	353,3	1,12	0,726	0,37	0,98	0,79	0,26	1,50	0,95	0,26	1,70	74,7	0,73
	JCIO7	82,7	0,00	0,829	0,20	1,85	0,86	0,20	1,87	1,06	0,18	2,14	15,3	0,28
	JCIO8	518,4	0,07	0,849	0,19	2,13	0,89	0,16	2,28	1,12	0,20	2,31	8,2	0,18
	JCII01	525,2	0,81	0,822	0,32	1,79	0,84	0,33	1,79	0,89	0,34	1,81	1,2	0,02
	JCII02	625,6	1,74	0,586	1,19	-0,14	0,60	1,23	-0,16	0,59	1,25	-0,20	-42,5	-0,06
	JCII03	2.077,3	3,19	0,880	0,23	2,11	0,88	0,26	1,97	0,84	0,36	1,52	-27,7	-0,58
	JCII04	457,0	1,22	0,849	0,38	1,76	0,83	0,48	1,43	0,83	0,54	1,27	-27,6	-0,48
	JCII05	2.407,7	2,61	0,933	0,12	2,93	1,01	0,11	3,04	1,07	0,14	2,93	-0,1	0,00
	JCII06	1.234,0	2,23	0,955	0,22	2,36	1,01	0,15	2,71	1,10	0,21	2,49	5,5	0,13
	JCII07	490,2	1,88	0,821	0,42	1,30	0,88	0,34	1,68	1,00	0,36	1,75	34,1	0,44
	JCIII01	684,5	1,35	1,015	0,32	1,94	1,06	0,33	1,95	1,07	0,33	1,95	0,6	0,01
	JCIII02	3.355,3	1,25	0,759	0,72	0,81	0,73	0,83	0,54	0,72	0,82	0,53	-33,8	-0,27

Bacia	Sub-bacia	Área	Esc. fluvial	Coef. antrop.	Coef. veget.	ICPH 1989	Coef. antrop.	Coef. veget.	ICPH 1999	Coef. antrop.	Coef. veget.	ICPH 2003	Taxa cresc. %	Varição ICPH 89/03
Jaguari	JGI01	1.748,4	2,45	0,674	0,35	0,94	0,61	0,41	0,58	0,78	0,48	0,71	-24,3	-0,23
	JGI02	52,3	0,00	0,542	0,00	3,00	0,54	0,00	3,00	1,47	0,00	3,00	0,0	0,00
	JGI03	233,7	0,73	0,982	0,09	2,71	0,88	0,07	2,74	1,15	0,08	2,83	4,6	0,12
	JGI04	45,3	0,53	0,732	0,68	0,27	0,76	0,67	0,36	0,81	0,67	0,44	62,6	0,17
	JGII01	373,1	0,60	0,693	0,95	0,27	0,73	0,95	0,35	0,73	0,91	0,42	55,3	0,15
	JGIII01	1.720,5	2,68	0,942	0,50	1,64	0,98	0,50	1,70	0,96	0,48	1,72	5,2	0,09
	JGIII02	8.500,5	2,41	0,719	0,83	0,78	0,74	0,81	0,87	0,70	0,80	0,79	1,8	0,01
	JGIII03	19.506,2	3,36	0,876	0,47	2,17	0,91	0,44	2,33	0,82	0,42	2,25	3,8	0,08
	JGIII04	31.098,1	4,21	0,890	0,32	2,31	0,90	0,29	2,42	0,84	0,29	2,38	2,9	0,07
	JGIII05	8.144,9	2,97	0,956	0,22	2,72	0,95	0,21	2,79	0,77	0,15	2,86	5,2	0,14
	JGIII06	11.872,2	2,95	0,284	2,32	-1,06	0,40	2,02	-0,72	0,37	2,14	-0,83	21,6	0,23
	JGIII07	5.735,9	4,31	0,139	2,55	-1,57	0,16	2,51	-1,53	0,16	2,40	-1,51	3,8	0,06
	JGIII08	4.202,0	3,71	0,175	2,41	-0,68	0,20	2,35	-0,62	0,20	2,32	-0,62	8,7	0,06
JGIII09	7.939,7	6,43	0,305	2,03	-0,73	0,34	1,93	-0,61	0,33	1,91	-0,63	13,9	0,10	
Juquery (Paiva Castro)	JUIA01	3.246,0	4,99	0,547	1,58	-1,18	0,62	1,49	-0,97	0,63	1,47	-0,93	20,9	0,25
	JUIA02	401,9	0,89	0,557	1,74	-0,45	0,59	1,69	-0,35	0,59	1,74	-0,39	14,3	0,07
	JUIA03	652,9	3,51	1,966	0,66	2,62	2,09	0,59	2,80	2,13	0,52	2,94	12,4	0,32
	JUIA04	397,0	3,66	0,917	0,61	0,92	1,13	0,45	1,59	1,16	0,45	1,64	79,3	0,73
	JUIA06	704,7	1,27	0,271	1,62	-1,97	0,27	1,58	-1,95	0,30	1,58	-1,87	4,8	0,09
	JUIB01	118,1	0,59	0,600	1,61	-0,82	0,78	1,18	-0,05	0,79	1,18	-0,04	95,5	0,78
	JUIB02	491,4	2,46	0,404	1,77	-0,84	0,43	1,73	-0,75	0,48	1,61	-0,56	32,7	0,27
	JUII01	108,5	3,32	0,569	1,30	-0,61	0,63	1,18	-0,34	0,69	1,07	-0,09	85,6	0,52
	JUII02	808,5	2,02	0,535	1,54	-0,71	0,59	1,45	-0,54	0,59	1,49	-0,56	21,2	0,15
	JUII03	819,8	2,63	0,636	1,47	-0,49	0,74	1,34	-0,17	0,75	1,31	-0,10	78,8	0,38
	JUII04	3.046,1	2,77	0,565	1,67	-0,78	0,71	1,48	-0,36	0,71	1,47	-0,34	56,2	0,44
	JUIII01	4.428,7	2,71	0,689	1,44	-0,14	0,81	1,26	0,28	0,82	1,27	0,28	298,4	0,41
	JUIII02	2.448,5	3,23	1,017	1,01	0,70	1,21	0,84	1,24	1,22	0,83	1,26	79,6	0,56
	JUIII03	2.010,8	2,43	0,583	1,54	-0,59	0,73	1,29	-0,06	0,74	1,28	-0,04	93,4	0,55
	JUIII04	2.935,5	2,59	0,386	1,83	-1,14	0,52	1,53	-0,67	0,52	1,53	-0,67	41,2	0,47
	JUIII05	3.035,5	2,78	0,373	1,86	-1,14	0,43	1,75	-0,95	0,45	1,72	-0,91	20,5	0,23
	JUIII06	3.603,9	3,00	0,321	1,97	-1,10	0,42	1,74	-0,78	0,44	1,68	-0,70	36,7	0,40
	JUIII07	3.492,4	3,71	0,322	2,03	-1,50	0,42	1,81	-1,20	0,47	1,68	-1,02	32,4	0,49
JUIII08	1.851,2	2,32	0,390	1,79	-0,59	0,44	1,69	-0,42	0,45	1,68	-0,39	33,8	0,20	

ecológica, e outros relacionados com atividades humanas existentes na bacia hidrográfica formadora do reservatório, que podem gerar fluxos permanentes de cargas poluidoras.

No presente estudo foram utilizados dados de pluviometria, vazões naturais, volume operacional e vazões transferidas por cada um dos cinco reservatórios formadores do Sistema Cantareira, entre os anos de 1990 e 2005. Os dados foram obtidos junto à Sabesp que, além de operar o sistema, é, praticamente, a única fonte de informação sobre a situação da qualidade de suas águas.

Foram analisados 20 pontos de monitoramento, dos quais 11 estão em reservatórios e nove em tributários. A disponibilidade de informações sobre os pontos variou ao longo do tempo, acompanhando os aprimoramentos e ampliações de pontos de monitoramento feitas pela Sabesp no período. Entre 1987 e 2004, estão disponíveis informações sobre 10 pontos de monitoramento, sendo dois de reservatórios e oito de tributários. Em 1991, foram acrescentados seis novos pontos à rede de monitoramento da Sabesp, sendo cinco de reservatórios e um de tributários. A partir de 1992, dois novos pontos em reservatórios foram incorporados, e por fim, em 1999, mais dois pontos, um no rio Camanducaia e outro no reservatório/estoque de Águas Claras, foram acrescentados à rede de monitoramento.

Os parâmetros de qualidade da água analisados foram concentração de fósforo total (Ptotal), nitrogênio amoniacal e coliformes fecais. Para cada parâmetro limnológico procurou-se verificar tendências de diminuição ou aumento da concentração no período estudado. Para isso foram realizados testes de significância através de regressões lineares no qual a variável independente é o tempo, traduzido nas datas de coleta, e a dependente é a concentração dos parâmetros. Foram consideradas tendências significativas aquelas em que a probabilidade de erro seja menor que 5%.

Adicionalmente, foram realizadas duas outras análises. A primeira diz respeito ao número de amostras que apresentaram valores acima do limite estabelecido para cada parâmetro conforme a Classe 1 da Resolução nº 357/05 do Conama, uma vez que todos os corpos d'água do sistema enquadram-se nesta classe. A segunda análise realizada compreendeu o cálculo do estado trófico em cada ponto de monitoramento a partir da média aritmética das concentrações de fósforo total, através do método Carlson 1977 modificado por Toledo (1986).

## ■ Considerações sobre o monitoramento da qualidade da água

A rede de monitoramento da qualidade da água da Sabesp no Sistema Cantareira, companhia responsável pela operação do sistema, é composta de 43 pontos de monitoramento dos quais 24 são de reservatório e 19 estão distribuídos nos principais tributários dos reservatórios. A periodicidade de coleta de dados no período analisado era, em média, de 2 meses. Nas amostras de água são analisados diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos entre eles temperatura da água, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, turbidez, ferro total, nitrogênio amoniacal, fósforo total e coliformes fecais. Todos os dados são armazenados na própria companhia, e sua disponibilização depende de autorização da mesma.

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb) que é responsável pelo controle, fiscalização e monitoramento de atividades geradoras de poluição, com a preocupação fundamental de preservar e recuperar a qualidade das águas, do ar e do solo do estado de São Paulo, possui apenas 1 ponto de monitoramento de qualidade de água do principal sistema de abastecimento de água da Região Metropolitana de São Paulo, localizado no reservatório Juquery (Paiva Castro).

Um único ponto é insuficiente para que a Cetesb garanta o efetivo controle, fiscalização e monitoramento da qualidade da água do sistema. A ampliação de pontos de monitoramento da Cetesb e integração com a rede já existente da Sabesp, poderiam ser medidas para ampliar a informação sobre a qualidade das águas do Sistema Cantareira. Uma vez que é desejável que a companhia responsável por retirar a água do sistema não seja a única detentora de informação sobre a qualidade da água do mesmo.

## ■ Considerações sobre as estiagens ocorridas e níveis dos reservatórios no período analisado

Entre 1999 e 2004, a região enfrentou um período de estiagem intenso com reflexos significativos sobre a quantidade e qualidade da água do sistema. Durante este período, a opção de operação adotada pela Sabesp – responsável pela operação – foi de manter cheias as represas mais próximas da RMSP e, conseqüentemente, esvaziar as represas à montante.

Os impactos sobre as represas Jaguari-Jacareí, localizadas na divisa do estado de Minas Gerais, podem ser verificados tanto pelos baixos índices de reservação, como pelas variações das concentrações dos parâmetros limnológicos de seus tributários. Em janeiro de 2004, as represas Jaguari-Jacareí apresentaram índices de reservação negativos (-7%), o que significa um déficit de água e coloca em risco a capacidade de recuperação das represas, mesmo fora do período de estiagem. Em fevereiro de 2007, as represas apresentavam índices em torno de 50% (as atuais estimativas consideram o que antes era volume morto no cálculo).

Durante esse período os principais tributários apresentaram, de modo geral, tendência de piora nos parâmetros de qualidade da água, em especial os rios Jacareí, Juquery, Jaguari, Atibainha e Cachoeira. Essa tendência está intimamente ligada aos baixíssi-



Barragem do Rio Jaguari com vista para jusante do reservatório, em período mais crítico da estiagem por qual passou a região. Foto: Iatã Cannabrava/ISA (dez/03)

mos níveis de pluviosidade na região, o que conferiu aumento da concentração, não por aumento de carga poluidora mas por diminuição da diluição dos nutrientes.

## ■ Análise da evolução da qualidade da água nos reservatórios e principais tributários do Sistema Cantareira

Nas cinco bacias formadoras do Sistema Cantareira, há grande contribuição de cargas orgânicas e biológicas por parte dos principais tributários, que pode ser comprovada pelas altas concentrações de coliformes fecais observadas. Com exceção do rio Camanducaia todos os tributários do Sistema Cantareira apresentaram tendência significativa de aumento em pelo menos um dos parâmetros limnológicos no período de 1987 e 2004.

Em todos os reservatórios as concentrações de fósforo, amônia e coliformes fecais carregadas pelos principais tributários diminuem devido, principalmente, à diluição e à autodepuração dos reservatórios. No entanto, há exportação de fósforo total ao longo do Sistema Cantareira, já que a carga de fósforo total transferida do reservatório Paiva Castro (72 kg/dia) para Águas Claras – etapa final do Sistema Cantareira – é mais que o dobro da carga transferida do reservatório Jaguari-Jacareí para o reservatório Cachoeira (29 kg/dia).

A análise espacial dos dados de qualidade da água distribuídos nas cinco bacias que formam o sistema, permite verificar que



Chegada de rios em leito quase totalmente exposto do Reservatório Jacareí, durante período de estiagem que provocou o esvaziamento de algumas represas do Sistema Cantareira. Foto: Iatã Cannabrava/ISA (dez/03)

na bacia do Juquery localiza-se grande parte da contribuição para a deterioração da qualidade da água do sistema, que pode ser comprovado pelo fato de que a água que chega ao reservatório Paiva Castro é melhor do que a que sai do mesmo. Tal fato tem relação direta com a carga de poluição difusa produzida no entorno da represa, onde a ocupação urbana é maior e se intensificou entre 1989 e 2003.

No rio Jacareí, a contribuição de poluição é proveniente do município de Joanópolis, que tem parte de seu esgoto despejado sem tratamento no rio. O rio Juquery, por sua vez, corta a área mais urbanizada do território do sistema e nenhum dos municípios atravessados pelo rio conta com tratamento de esgotos, com exceção de parte dos efluentes coletados do município de Mairiporã.

Os melhores índices de qualidade da água das bacias Cachoeira e Atibaia se devem à menor ocupação antrópica de suas bacias hidrográficas. No entanto, verifica-se, para os principais tributários das duas bacias, o estado eutrófico como consequência da poluição doméstica proveniente, respectivamente, dos municípios de Piracaia e Nazaré Paulista.

Apesar do período de estiagem – 1999 a 2003 – a vazão transferida para a RMSP se manteve, com pequenas oscilações, constante. Resultado disto é a diminuição do volume operacional dos reservatórios, em especial do Jaguari-Jacareí. No período de estiagem mais crítico, entre 1999 a 2003, foi possível verificar aumentos significativos nas concentrações de fósforo e coliformes fecais. Outro período de estiagem entre 1991 e 1995 foi identificado, porém, sem variações significativas nos parâmetros de qualidade da água.

A seguir são apresentadas informações sobre cada uma das bacias formadoras do Sistema Cantareira.

## ■ Bacia dos reservatórios Jaguari-Jacareí

### Vazão

- Responsável por 2/3 da produção de água no sistema (equivalente a 22 m<sup>3</sup>/s).
- Na série histórica analisada é possível observar uma queda do nível de reservação de água no período do 1999 a 2003, refletindo a estiagem verificada neste período.
- Apesar dos períodos de estiagem, a vazão transferida ao reservatório Cachoeira se manteve, com oscilações, em torno de 20m<sup>3</sup>/s.
- Em abril de 1999 o volume operacional estava em 98% de sua capacidade. Em janeiro de 2004 o volume caiu a -7% (abaixo do nível operacional mínimo)
- Entre os anos de 1991 e 1995, verificou-se outro período de estiagem, o que conferiu diminuição do volume operacional do reservatório, porém de menor intensidade do que o descrito acima.
- O nível do reservatório e seu volume operacional apresentaram recuperação após o período de estiagem e, em fevereiro de 2007, estava com 50% do volume operacional.

### Qualidade da água

#### Jaguari/tributários:

- Dois pontos de monitoramento (JJ-206 e JJ-212), um com início em 1987 e outro em 1999.
- Em ambos mais de 95% das amostras de coliformes fecais estiveram acima da Classe 1.
- Os dois pontos apresentaram estado eutrófico no período avaliado.

- Para o parâmetro de P (fósforo) total, 26% das amostras em JJ-206 e 38% em JJ-212 ficaram acima do limite da Classe 1.
- No ponto JJ-206 houve tendência de aumento da concentração de nitrogênio amoniacal apesar de nenhuma amostra desse parâmetro nos dois pontos apresentar valor acima do limite Classe 1.

#### Jaguari/Reservatório:

- No canal de ligação (JJ-301) observa-se concentração média de fósforo total de 0,015 mg/l conferindo o estado de oligotrofia.
- Apenas 2% das amostras de coliformes fecais ficaram acima da Classe 1.
- Verifica-se nesse ponto tendência de aumento nas concentrações de P total e N amoniacal.

#### Jacareí/tributários:

- Único ponto de monitoramento do sistema classificado em hipereutrófico devido à elevada média (0,280 mg/l) de P total no rio Jacareí.
- 94% das amostras de coliformes fecais, 10% das amostras de nitrogênio amoniacal e 80% das amostras de fósforo total estiveram acima a Classe 1.
- Para os três parâmetros houve tendência de aumento de suas concentrações no período.

#### Jacareí/reservatório:

- Verifica-se um gradiente de concentração de fósforo, nitrogênio amoniacal e coliformes fecais do ponto mais próximo da foz do rio Jacareí (JC-105) para o centro do reservatório (JC-103). Sendo que os valores diminuem do primeiro para o último com valores intermediários em JC-107.
- O ponto JC-105 apresenta-se mesotrófico enquanto os demais pontos do reservatório apresentam oligotrofia.
- A única tendência de aumento verificada nesses 3 pontos foi a concentração de fósforo total no ponto JC-107, no qual 10% das amostras apresentaram valores acima da Classe 1.

## ■ Bacia do reservatório Cachoeira

### Vazão

- Período de estiagem entre 1992 e 1994 e outro entre 1999 e 2003.
- Em abril de 1999 o volume operacional do reservatório estava em 84% e em outubro de 2003 caiu para 12,6% como reflexo da escassez de chuva na região.
- A diminuição do volume operacional do reservatório Cachoeira foi menor do que no Jaguari-Jacareí, já que o volume transferido por esse último ao primeiro se manteve, com oscilações constante.

### Qualidade da água

#### Cachoeira/tributários:

- O rio Cachoeira (CA-211) apresentou estado mesotrófico no período estudado
- Somente 4% das amostras de fósforo total estiveram acima do limite da Classe 1. Em 90% das amostras de coliformes fecais apresentaram valores acima da Classe 1. Resultado semelhantes foram observados no ponto CA-214 onde também verificou-se elevada porcentagem (85%) de amostras de coliformes fecais não conformes com a Classe 1.
- O fósforo total apresentou tendência de aumento no período.

- De acordo com a média de fósforo total (0,022 mg/l), no período de 1987 a 2004, este corpo d'água apresenta estado oligotrófico com tendência de aumento desse parâmetro.

#### Cachoeira/reservatório:

- No corpo central do reservatório (CA-103) nenhuma amostra de coliformes fecais e nitrogênio amoniacal apresentou valores acima dos estabelecidos para a Classe 1. Para fósforo total, 12% das amostras ficaram acima do limite Classe 1 apresentando, ainda, tendência de aumento no período e estado oligotrófico.

- O mesmo resultado é encontrado no ponto de transferência de água para o reservatório Atibainha, porém não é verificada nenhuma tendência de aumento ou diminuição dos parâmetros analisados.

#### ■ Bacia do reservatório Atibainha

##### Vazão

- Entre 1990 e 2005 o reservatório atingiu o seu menor volume operacional em outubro de 2003 com 22%, devido à esti-

Tabela 33 Síntese das análises de qualidade da água no Sistema Cantareira

Bacia	Ponto	Localização	Fósforo Total			Nitrogenio amoniacal			Coliformes fecais			Tendência geral	Estado Trófico*
			dados desde	nº de amostras	% de amostras não conformes com Conama 357/05	dados desde	nº de amostras	% de amostras não conformes com Conama 357/05	dados desde	nº de amostras	% de amostras não conformes com Conama 357/05		
Jaguari-Jacareí	JJ-206	Rio Jaguari	1987	105	26%	1987	106	0%	1987	77	98%	aumento de nitrogênio amoniacal	Eutrófico
	JJ-208	Rio Jacareí	1987	107	80%	1987	98	10%	1987	75	94%	piora em todos parâmetros analisados	Hipereutrófico
	JJ-212	Rio Camanducaia	1999	26	38%	1999	24	0%	1999	24	95%	sem tendência	Eutrófico
	JJ-301	Canal entre Res. Jaguari e Res. Jacareí	1991	78	15%	1991	77	0%	1991	44	2%	aumento de fósforo total	Oligotrófico
	JJ-103	Reservatório Jacareí	1996	18	6%	1992	35	0%	1995			sem tendência	Oligotrófico
	JJ-105	Reservatório Jacareí	1996	19	52%	1992	36	0%	1997	16	18%	sem tendência	Mesotrófico
	JJ-107	Reservatório Jacareí	1996	39	10%	1987	102	0%	1999	29	0%	sem tendência	Oligotrófico
Cachoeira	CA-211	Rio Cachoeira	1987	80	4%	1987	83	0%	1987	62	90%	aumento de fósforo total	Mesotrófico
	CA-214	Ribeirão Boa Vista	1987	72	4%	1987	85	0%	1987	53	85%	aumento de fósforo total	Oligotrófico
	CA-103	Reservatório Cachoeira	1996	24	12%	1991	40	0%	1996	20	0%	aumento de fósforo total	Oligotrófico
	CA-102	Reservatório Cachoeira	1996	23	13%	1991	37	0%	1996	17	0%	sem tendência	Oligotrófico
Atibaia	AT-213	Córrego do bairro Cuiaba	1987	79	1%	1987	84	0%	1987	52	63%	sem tendência	Oligotrófico
	AT-216	Rio Atibainha	1987	83	5%	1987	82	0%	1987	61	90%	aumento de fósforo total	Mesotrófico
	AT-103	Interligação do Res. Atibaia	1996	17	12%	1991	29	0%	1995	16	0%	sem tendência	Oligotrófico
	AT-104	Reservatório Atibainha	1996	14	21%	1991	27	0%	1995	12	0%	sem tendência	Oligotrófico
Juquery	PC-215	Rio Juquery	1987	151	2%	1987	149	0%	1987	119	94%	aumento de fósforo total	Mesotrófico
	PC-218	Ribeirão São Pedro	1987	147	3%	1987	149	0%	1987	108	98%	aumento de fósforo total e coliformes fecais	Mesotrófico
	PC-002	Captação de água	1987	147	20%	1987	147	0%	1987	80	40%	aumento de fósforo total	Oligotrófico
	PC-103	Reservatório Juquery	1996	44	30%	1991	96	0%	1993	41	65%	sem tendência	Oligotrófico
	AC-001	Reservatório Águas Claras	1999	32	34%	1999	32	0%	1999	43	0%	sem tendência	Oligotrófico

agem do período de 1999 a 2003. Em média o reservatório opera com aproximadamente 60% de sua capacidade.

- A vazão transferida ao reservatório Paiva Castro pelo túnel 5 apresentou-se em torno de 26 m<sup>3</sup>/s com pequenas variações entre 1990 e 2005.

#### Qualidade da água

##### Atibainha/tributários:

- O ponto de monitoramento do rio Atibainha (AT-216) apresentou concentração média de fósforo total igual a 0,049 mg/l caracterizando o estado mesotrófico com 5% das amostras desse parâmetro acima da Classe 1. Verificou-se ainda tendência de aumento desse parâmetro.
- Em 90% das amostras de coliformes fecais os valores estiveram mais elevadas do que o limite da Classe 1.
- No córrego do bairro Cuiabá (AT-213) verificou-se tendência de aumento de fósforo total e diminuição dos parâmetros nitrogênio total e coliformes fecais.
- Concentração média de fósforo total foi de 0,022 mg/l caracterizando o estado oligotrófico com apenas 1% das amostras acima do limite da Classe 1.

##### Atibainha/reservatório:

- Em ambos os pontos de monitoramento do reservatório (AT-103 e AT-104) foi verificado o estado oligotrófico e nenhuma das amostras de nitrogênio amoniacal e coliformes fecais foi superior ao limite da Classe 1.
- Em AT-104, 21% das amostras de fósforo total apresentaram valores acima do limite estabelecidos pela Classe 1, com tendência de aumento no período entre 1996 e 2004. Em AT-103, foram 12% das amostras desse parâmetro acima da Classe 1 sem apresentar qualquer tendência.

### ■ Bacia do reservatório Juquery (Paiva Castro)

#### Vazão

- O regime pluviométrico na região do Paiva Castro foi similar ao das outras bacias sendo os anos de 2002 e 2003 os mais secos.
- Verificou-se um aumento do volume operacional do reservatório passando de 22% para 52% e uma estabilização da vazão transferida à Águas Claras. Esta situação é explicada pela redução da vazão à jusante ao reservatório nos anos de menor precipitação, ou seja, o déficit hídrico é repassado à jusante do reservatório e a vazão operacional do Sistema Cantareira é mantida, sendo aumentada para 33 m<sup>3</sup>/s a partir de 2004.

#### Qualidade da água

##### Juquery/tributários:

- Os dois pontos dos tributários, PC-215 e PC-218, apresentaram qualidade da água semelhantes. Em ambos foi caracterizado o estado mesotrófico com 2% e 3% das amostras de concentração de fósforo total acima da Classe 1, respectivamente.
- Para coliformes fecais, 94% e 98% das amostras não foram conformes com o limite estabelecidos para a Classe 1.

##### Juquery/reservatório:

- O ponto PC-103 apresentou estado oligotrófico e 3% das amostras de fósforo total tiveram valores superiores ao limite da Classe 1. Para coliformes fecais foram 65% das amostras acima da Classe 1, porém com tendência significativa de diminuição da concentração do parâmetro no período analisado.

- Situação similar é encontrada no ponto PC-002 em que 20% e 40% das amostras de fósforo total e coliformes fecais, respectivamente, apresentaram valores superiores ao limite da Classe 1. Nesse ponto houve tendência de aumento da concentração de fósforo total o que, provavelmente, não está relacionado com o período de estiagem já que o reservatório manteve o seu volume normal durante a estiagem de 1999 a 2004.

### ■ Reservatório Águas Claras

#### Vazão

- O ano de menor precipitação na região foi 1994 com 90 mm seguido por 1999 (102,7 mm) e 2003 (103,4 mm). O nível do reservatório apresentou bastante regularidade e, em setembro de 2001, chegou a 858,1, o menor registrado entre 1990 e 2005.
- O volume operacional também apresentou regularidade e em média esteve com 88% de sua capacidade máxima.
- A vazão transferida a RMSF é também bastante consolidada em torno de 33 m<sup>3</sup>/s, o menor valor foi 27,23 m<sup>3</sup>/s em julho de 2004.

#### Qualidade da água

- O único ponto monitorado em Águas Claras apresentou estado oligotrófico no período entre 1999 e 2004.
- Em 32 amostras de fósforo total, 34% delas apresentaram valores acima do limite Classe 1. Para os demais parâmetros – coliformes fecais e nitrogênio amoniacal – nenhuma esteve desconforme com o limite Classe 1.
- Não se verificou nenhuma tendência significativa no período estudado.

## Áreas de Preservação Permanente e uso do solo no Sistema Cantareira

O impacto decorrente da ocupação nas bacias formadoras do Sistema Cantareira é agravado pelo fato desta ocupação acontecer sem qualquer planejamento e se concentrar em áreas ambientalmente mais frágeis. A análise da ocupação das áreas consideradas como de preservação permanente pela legislação permite chegar a este tipo de conclusão.

No ano de 2003, mais de 70% das Áreas de Preservação Permanente (APPs) existentes na região do Sistema Cantareira estavam alteradas por usos humanos, conforme apresentado na tabela 35. Grande parte desta alteração (54,4%) está associada à categoria de campos antrópicos (tabela 36), que compreende pastagens, terrenos abandonados e sem usos definidos, e que cons-

Tabela 34 Áreas de preservação permanente no Sistema Cantareira		
Tipo de APP	Área <sup>(2)</sup>	% <sup>(3)</sup>
APPs Hídricas <sup>(1)</sup>	36.870	16,2
Mata Atlântica secundária em estágio avançado de regeneração em 2003	24.047	10,5
<b>Total</b>	<b>60.917</b>	<b>26,7</b>

<sup>(1)</sup> As APPs hídricas consideradas no presente estudo compreendem: as faixas marginais de 50 metros dos reservatórios, as faixas de 30 metros ao longo dos demais cursos d'água, faixa de 50 metros de nascentes. Fonte: ISA.

<sup>(2)</sup> Não inclui as áreas de reservatório, corpos d'água, sombra e nuvens.

<sup>(3)</sup> Em relação à área total do Sistema Cantareira (227.949,3 hectares).



Trecho do Rio Camanducaia com remanescente de mata ciliar, um exemplo de APP preservada.  
Foto: Rosimeire Rurico Sacó/ISA (fev/04).



**Tabela 35** Ocupação humana nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) do Sistema em 2003\*

Ocupação humana	Área na Bacia	Área em APP hídrica	% <sup>(1)</sup>
Áreas alteradas por usos urbanos	7.435,1	946,4	2,6
Áreas alteradas por usos antrópicos	158.203,7	26.068,4	70,7
<b>Total de áreas alteradas por usos humanos</b>	<b>165.638,8</b>	<b>27.014,8</b>	<b>73,3</b>

\* Dados obtidos através da interpretação de imagem de satélite LandSat 7 ETM. As APPs consideradas no presente estudo compreendem: as faixas marginais de 50 metros dos reservatórios, as faixas de 30 metros ao longo dos demais cursos d'água, faixa de 50 metros de nascentes. O total do uso do solo não considera as áreas de reservatório, corpos d'água, sombra e nuvem. Fonte: ISA

<sup>(1)</sup> Em relação à área total de APPs no Sistema Cantareira.

**Gráfico 11** Ocupação humana nas APPs do Sistema Cantareira em 2003 (em %)



**Tabela 36** Uso do solo nas APPs do Sistema Cantareira, em 2003\*

Classes de uso do solo	Área no Sistema Cantareira (ha)	Área em APPs (ha)	% <sup>(1)</sup>	% <sup>(2)</sup>
Ocupação Urbana Alta Densidade	649,1	58,9	9,1	0,2
Ocupação Urbana Média Densidade	1.167,1	122,7	10,5	0,3
Ocupação Dispersa	5.618,9	764,8	13,6	2,1
Agricultura	4.249,3	407,1	9,6	1,1
Campo Antrópico	117.723,5	20.067,0	17,0	54,4
Indústria	133,2	2,1	1,6	0,0
Lazer	6,2	1,0	16,1	0,0
Mineração	119,6	7,3	6,1	0,0
Reflorestamento	32.984,0	5.285,1	16,0	14,3
Solo Exposto	2.987,9	298,7	10,0	0,8
Campo Cerrado	141,2	12,5	8,9	0,0
Campo de Altitude	598,3	51,3	8,6	0,1
Várzea	336,8	120,1	35,6	0,3
Mata Atlântica Secundária em estágio avançado de regeneração ou Primária	30.070,1	6.023,9	20,0	16,3
Mata Atlântica Secundária em estágio médio ou inicial de regeneração	16.717,7	3.632,9	21,7	9,9
Afloramento Rochoso	119,9	15,3	12,8	0,0
<b>Áreas alteradas por usos urbanos</b>	<b>7.435,1</b>	<b>946,4</b>	<b>12,7</b>	<b>2,6</b>
<b>Áreas alteradas por usos antrópicos</b>	<b>158.203,7</b>	<b>26.068,4</b>	<b>16,5</b>	<b>70,7</b>
<b>Áreas preservadas</b>	<b>47.984,1</b>	<b>9.855,3</b>	<b>20,5</b>	<b>26,7</b>

\* Dados obtidos através da interpretação de imagem de satélite LandSat 7 ETM. As APPs consideradas no presente estudo compreendem: as faixas marginais de 50 metros dos reservatórios, as faixas de 30 metros ao longo dos demais cursos d'água, faixa de 50 metros de nascentes. O total do uso do solo não considera as áreas de reservatório, corpos d'água, sombra e nuvem. Fonte: ISA

<sup>(1)</sup> Sobre o total de cada classe de uso do solo.

<sup>(2)</sup> Sobre total de APPs na área do Sistema Cantareira.

tituem tipo de uso predominante na região, conforme demonstrado na Parte I do presente estudo.

A análise da ocupação de áreas de preservação permanente, apresentada na tabela 36, considera apenas as faixas marginais de 50 metros dos reservatórios e as faixas de 30 metros ao longo dos demais cursos d'água, faixa de 50 metros de nascentes. O estudo considera ainda as áreas cobertas por Mata Atlântica secundária em estágio avançado de regeneração como áreas de preservação permanente.

As APPs hídricas totalizam 36.870 hectares, enquanto que a área coberta por Mata Atlântica secundária em estágio avançado de regeneração, em 2003, ocupava 24.047 hectares. As duas áreas juntas totalizam 60.917 hectares (tabela 34), que correspondem a 26,7% da área do Sistema Cantareira com características ambientais que lhes confere status de preservação permanente.

O cruzamento de áreas de preservação com o uso do solo em 2003 permite verificar que parte significativa (29,2%) dos usos

humanos existentes no Sistema Cantareira estão em situação irregular, uma vez que as APPs são protegidas por legislações federais e estaduais. Naquele ano, a área total ocupada pelas diversas formas de urbanização – ocupação dispersa, de média e alta densidade e condomínios – era de 7.435 hectares (3,3% da área do sistema), dos quais mais de 10% encontram-se em APPs. (tabela 36)

Em relação aos chamados usos antrópicos, a situação é ainda mais grave, uma vez que este conjunto de usos ocupa 70% da área do sistema. Parte significativa das áreas de campo antrópico (17%) está em APPs, o mesmo se dá para as áreas de silvicultura (16%) e para agricultura (9,6%), conforme tabela 36.

A despeito da sua importância para a produção de água, as áreas cobertas por vegetação natural ocupam apenas 21% da área total do sistema, e uma parcela considerável encontra-se em APPs de corpos d'água, o que reforça a necessidade de fiscalização e controle de ocupação nesse território.

A análise do uso do solo no ano de 2003 e seu cruzamento com as APPs hídricas existentes em cada uma das bacias (tabela 37) permite verificar uma situação alarmante. Todas as bacias formadoras do sistema Cantareira têm mais de 60% de suas APPs ocupadas por atividades humanas. Para se entender a gravidade da situação, cabe citar estudos produzidos pelo ISA para a região da Guarapiranga e da Billings, dois mananciais de abas-

**Tabela 37** Áreas de Preservação Permanente (APPs) nas bacias do Sistema Cantareira em 2003

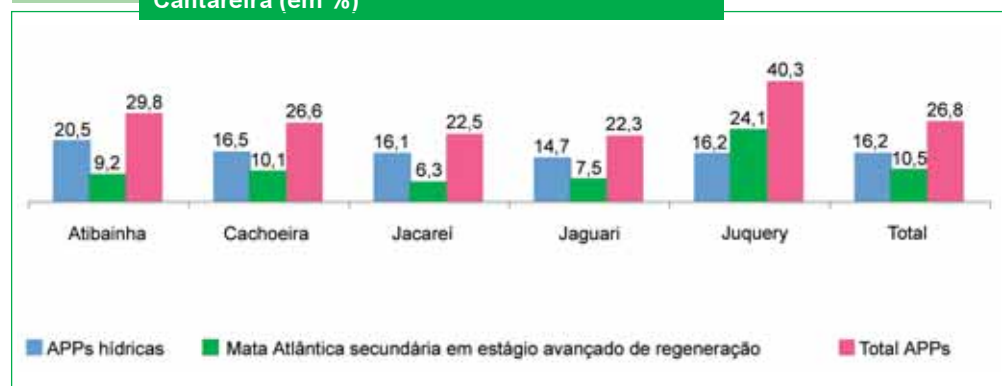
Bacia	Área total da Bacia	APPs hídricas <sup>(1)</sup>		Mata Atlântica secundária em estágio avançado de regeneração <sup>(2)</sup>		Total de APPs	
		Área (ha)	% <sup>(1)</sup>	Área (ha)	% <sup>(3)</sup>	Área (ha)	% <sup>(1)</sup>
Atibainha	31.476,9	6.459,8	20,5	2.908,3	9,2	9.388,6	29,8
Cachoeira	39.167,3	6.457,7	16,5	3.951,2	10,1	10.425,3	26,6
Jacareí	20.290,7	3.270,5	16,1	1.281,3	6,3	4.567,9	22,5
Jaguari	103.243,4	15.210,7	14,7	7.777,1	7,5	23.002,5	22,3
Juquery	33.771,0	5.471,3	16,2	8.129,1	24,1	13.616,6	40,3
<b>Total</b>	<b>227.949,3</b>	<b>36.870,1</b>	<b>16,2</b>	<b>24.046,9</b>	<b>10,5</b>	<b>61.001,0</b>	<b>26,8</b>

<sup>(1)</sup> As APPs consideradas no presente estudo compreendem: as faixas marginais de 50 metros dos reservatórios, as faixas de 30 metros ao longo dos demais cursos d'água, faixa de 50 metros de nascentes. O total do uso do solo não considera as áreas de reservatório, corpos d'água, sombra e nuvem. Fonte: ISA

<sup>(2)</sup> Dados obtidos através da interpretação de imagem de satélite LandSat 7 ETM, de 02/02/2003. Fonte: ISA.

<sup>(3)</sup> Em relação à área total de cada bacia.

**Gráfico 12** Distribuição das APPs nas bacias do Sistema Cantareira (em %)



**Tabela 38** Ocupação humana nas APPs ao longo dos corpos d'água e na totalidade da área das bacias formadoras do Sistema Cantareira, em 2003\*

Bacia	Áreas alteradas por usos urbanos		Áreas alteradas por usos antrópicos		Áreas preservadas	
	Área (ha)	% <sup>(1)</sup>	Área (ha)	% <sup>(1)</sup>	Área (ha)	% <sup>(1)</sup>
Atibainha	201,0	3,1	4.345,8	67,3	1.913,0	29,6
Cachoeira	34,8	0,5	5.081,6	78,7	1.341,3	20,8
Jacareí	68,3	2,1	2.911,4	89,0	290,8	8,9
Jaguari	231,4	1,5	10.625,1	69,9	4.354,3	28,6
Juquery	410,8	7,5	3.104,4	56,7	1.956,1	35,8

\*Dados obtidos através da interpretação de imagem de satélite LandSat 7 ETM de 02/02/2003. As APPs consideradas no presente estudo compreendem: as faixas marginais de 50 metros dos reservatórios, as faixas de 30 metros ao longo dos demais cursos d'água, faixa de 50 metros de nascentes. O total do uso do solo não considera as áreas de reservatório, corpos d'água, sombra e nuvem. Fonte: ISA

<sup>(1)</sup> Sobre o total de área de APPs hídricas em cada bacia

Tabela 39

### Áreas de preservação permanente nos municípios do Sistema Cantareira em 2003\*

Municípios	Área do município	Área em APPs hídricas		Mata Atlântica secundária em estágio avançado de regeneração		Área total de APPs	
		Área (ha)	% <sup>(2)</sup>	Área (ha)	% <sup>(2)</sup>	Área (ha)	% <sup>(2)</sup>
Bragança Paulista	1.775,6	329,3	18,5	13,3	0,8	361,2	20,3
Caieiras	1.859,8	261,3	14,0	660,5	35,5	935,8	50,3
Camanducaia	49.791,7	7.772,4	15,6	3.555,5	7,1	11.343,5	22,8
Extrema	24.256,4	2.857,3	11,8	1.324,4	5,5	4.193,5	17,3
Franco da Rocha	699,4	95,4	13,6	211,3	30,2	320,4	45,8
Itapeva	17.736,8	1.886,8	10,6	4,2	0,0	1.901,7	10,7
Joanópolis	37.134,0	5.196,9	14,0	4.343,2	11,7	9.554,1	25,7
Mairiporã	25.854,7	4.179,8	16,2	5.826,5	22,5	10.022,5	38,8
Nazaré Paulista	25.281,0	5.404,7	21,4	2.783,3	11,0	8.209,3	32,5
Piracaia	26.876,7	5.260,5	19,6	1.677,0	6,2	6.957,0	25,9
Sapucaí-Mirim	10.377,2	2.720,0	26,2	3.032,0	29,2	5.778,2	55,7
Vargem	6.306,0	905,7	14,4	615,6	9,8	1.535,7	24,4
<b>Total</b>	<b>227.949,3</b>	<b>36.870,1</b>	<b>16,2</b>	<b>24.046,9</b>	<b>10,5</b>	<b>61.112,9</b>	<b>26,8</b>

\* As APPs consideradas no presente estudo compreendem: as faixas marginais de 50 metros dos reservatórios, as faixas de 30 metros ao longo dos demais cursos d'água, faixa de 50 metros de nascentes. O total do uso do solo não considera as áreas de reservatório, corpos d'água, sombra e nuvem. Fonte: ISA

<sup>(1)</sup> Dados obtidos através da interpretação de imagem de satélite LandSat 7 ETM, de 02/02/2003. Fonte: ISA

<sup>(2)</sup> Em relação à área da porção do município inserida no Sistema Cantareira

Gráfico 13

### Distribuição das APPs nas bacias formadoras do Sistema Cantareira (em %)

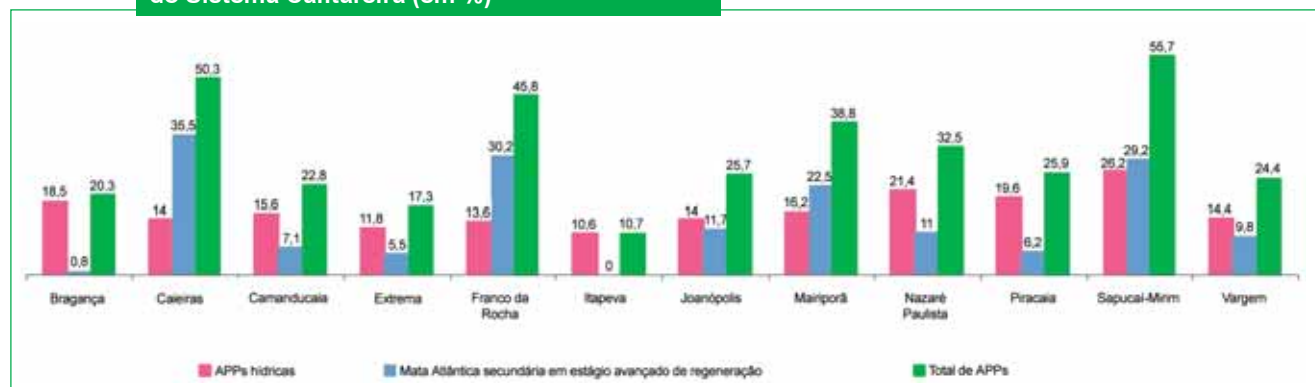


Tabela 40

### Ocupação de APPs hídricas por município inserido no Sistema Cantareira em 2003\*

Município	Áreas alteradas por usos urbanos		Áreas alteradas por usos antrópicos		Áreas preservadas	
	Área (ha)	% <sup>(1)</sup>	Área (ha)	% <sup>(1)</sup>	Área (ha)	% <sup>(1)</sup>
Bragança Paulista	8,7	2,6	303,8	92,2	16,8	5,1
Caieiras	25,6	9,8	115,9	44,4	119,8	45,8
Camanducaia	108,9	1,4	5.480,2	70,5	2.183,3	28,1
Extrema	58,2	2,0	2.374,3	83,1	424,8	14,9
Franco da Rocha	0,8	0,9	50,5	53,0	44,0	46,2
Itapeva	40,8	2,2	1.502,9	79,7	343,2	18,2
Joanópolis	46,6	0,9	4.082,1	78,5	1.068,2	20,6
Mairiporã	343,7	8,2	2.431,7	58,2	1.404,5	33,6
Nazaré Paulista	217,4	4,0	3.581,5	66,3	1.605,8	29,7
Piracaia	71,6	1,4	4.188,0	79,6	1.000,9	19,0
Sapucaí-Mirim	7,3	0,3	1.162,4	42,7	1.550,3	57,0
Vargem	16,7	1,8	795,1	87,8	93,9	10,4

\* Dados obtidos através da interpretação de imagem de satélite LandSat 7 ETM, de 02/02/2003. As APPs consideradas no presente estudo compreendem: as faixas marginais de 50 metros dos reservatórios, as faixas de 30 metros ao longo dos demais cursos d'água, faixa de 50 metros de nascentes. O total do uso do solo não considera as áreas de reservatório, corpos d'água, sombra e nuvem. Fonte: ISA

<sup>(1)</sup> Em relação à área de APP na porção do município inserida no Sistema Cantareira.

tecimento da Região Metropolitana de São Paulo e que estão extremamente ameaçados pela ocupação urbana, e que possuem taxas muito inferiores de degradação de APPs, respectivamente, 37% e 41%.

A distribuição das APPs nas bacias formadoras do Sistema Cantareira é apresentada nas tabelas 37 e 38, onde é possível verificar que a bacia do Juquery é a que possui a maior parcela de seu território em área de preservação permanente (40,3%), enquanto que a bacia do Jaguari possui a maior área, mais de 23 mil hectares. A bacia do Jacareí apresenta mais de 90% de suas APPs hídricas alteradas por atividades humanas, com reflexos diretos sobre a qualidade e quantidade de água produzida no Sistema Cantareira. A bacia do Cachoeira fica em segundo lugar, com 79,2% de suas APPs hídricas alteradas por atividades humanas e é seguida pelas bacias do Jaguari (71,4%), Atibainha (70,4%) e Juquery (64,2%). A bacia com maior área preservada é a do Juquery, com 35,8% das APPs hídricas preservadas.

A distribuição das APPs nos municípios do Sistema Cantareira é apresentada na tabela 39. O município de Sapucaí-Mirim é o que possui a maior parcela em área de preservação permanente, 55,7%, enquanto que Camanducaia possui a maior área, 11.343,5 hectares.

O cruzamento entre uso do solo, em 2003, e as APPs hídricas existentes em cada um dos municípios bacias é apresentado nas tabelas 40 e 41. A parcela de APPs hídricas ocupadas pelos diferentes tipos de uso do solo identificados na região é apresen-

tada na tabela 40, enquanto que a participação da ocupação em APP sobre o total de áreas alteradas por usos urbanos e antrópicos é apresentada na tabela 41.

Dos 12 municípios inseridos na área do Sistema Cantareira, todos, com exceção de Sapucaí-Mirim, todos têm mais da metade das áreas de APPs alteradas por atividades humanas. O município de Bragança Paulista, em sua porção inserida no sistema (3,5% do total do município), apresenta a maior parcela de APPs alteradas por atividades humanas, chegando à alarmante taxa de 94,8% de ocupação. O município de Joanópolis, que está totalmente inserido na área do sistema, tem quase 80% de suas APPs ocupadas por usos antrópicos. Situação semelhante é observada no município de Extrema, em MG (tabela 40).

Em todos os municípios inseridos no sistema é possível verificar que, tanto os usos urbanos quanto os antrópicos, têm parcelas significativas em APPs. Em média, mais de 10% da ocupação urbana, em especial a ocupação dispersa, está implantada irregularmente. O município de Nazaré Paulista é o que apresenta maior parcela de seus usos urbanos em APP (22,9%), enquanto que o município de Mairiporã é que possui a maior área (343,7 hectares)

Em relação aos usos antrópicos, a ocupação em APP equivale, em média, a 20% do total. O município de Bragança Paulista é o que apresenta maior parcela de usos antrópicos em APP (38%), enquanto que o município de Camanducaia é o que possui maior área (5.480 hectares), conforme tabela 41.

Tabela 41

**Ocupação humana nas áreas de preservação permanente ao longo dos corpos d'água e na totalidade da área do município inserida no Sistema Cantareira, em 2003**

Municípios	Áreas alteradas por usos urbanos			Áreas alteradas por usos antrópicos		
	Área no município	Área em APP	% <sup>(1)</sup>	Área no município	Área em APP	% <sup>(1)</sup>
Bragança Paulista	57,4	8,7	15,1	796,7	303,8	38,1
Caieiras	248,4	25,6	10,3	699,6	115,9	16,6
Camanducaia	1.071,8	108,9	10,2	40.038,9	5.480,2	13,7
Extrema	759,7	58,2	7,7	19.810,5	2.374,3	12,0
Franco da Rocha	6,4	0,8	12,8	188,4	50,5	26,8
Itapeva	495,0	40,8	8,2	15.351,7	1.502,9	9,8
Joanópolis	478,9	46,6	9,7	28.731,6	4.082,1	14,2
Mairiporã	2.595,0	343,7	13,2	13.765,7	2.431,7	17,7
Nazaré Paulista	948,8	217,4	22,9	15.563,5	3.581,5	23,0
Piracaia	463,5	71,6	15,5	19.445,6	4.188,0	21,5
Sapucaí-Mirim	42,3	7,3	17,3	5.012,9	1.162,4	23,2
Vargem	137,8	16,7	12,1	4.009,9	795,1	19,8

\* Dados obtidos através da interpretação de imagem de satélite LandSat 7 ETM, de 02/02/2003. As APPs consideradas no presente estudo compreendem: as faixas marginais de 50 metros dos reservatórios, as faixas de 30 metros ao longo dos demais cursos d'água, faixa de 50 metros de nascentes. O total do uso do solo não considera as áreas de reservatório, corpos d'água, sombra e nuvem. Fonte: ISA

<sup>(1)</sup> Em relação à área ocupada pela categoria na porção do município inserida no Sistema Cantareira em 2003.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES



## Conclusões e recomendações

Os resultados do **Diagnóstico Socioambiental do Sistema Cantareira** mostram um quadro de atenção. Em 2003, mais de 70% do território ocupado pelas cinco bacias formadoras do sistema encontrava-se alterado por atividades econômicas e usos diversos. Por enquanto, a urbanização ainda não é intensa o suficiente para comprometer os corpos d'água da região, e a qualidade da água no sistema é, em geral, boa. Porém, nos últimos anos, foi possível verificar uma tendência de piora na qualidade da água em quase todos os principais tributários do sistema, resultante do uso desordenado do território e do recente período de estiagem pelo qual a região passou.

As principais tendências de alteração do uso do solo identificadas no território do Sistema Cantareira, no período de 1989 a 2003, compreendem o crescimento dos usos urbanos, em detrimento de áreas de ocupação antrópica e vegetação; intensa dinâmica de substituição entre as diferentes categorias de usos antrópicos (pastagens, áreas abandonadas, agricultura, silvicultura e mineração); e, finalmente, a substituição de áreas de vegetação natural por usos antrópicos.

A área ocupada por usos urbanos cresceu 33,5% na região do Sistema Cantareira, entre 1989 e 2003. Este crescimento se deu principalmente com a expansão das áreas de ocupação dispersa, que compreendem núcleos urbanos, condomínios e áreas residenciais isoladas, como sítios e chácaras. Grande parte desta expansão ocorreu sobre áreas de campo antrópico e o restante se deu sobre áreas de reflorestamento e sobre áreas de remanescentes de Mata Atlântica.

A Bacia Hidrográfica do Juquery, que já é a mais urbanizada do sistema, foi a que sofreu maior expansão urbana no período, seguida da bacia do Jaguari. Entre os 12 municípios do sistema, Mairiporã foi o que apresentou maior acréscimo de área urbana, seguido de Camanducaia, em Minas Gerais, e Nazaré Paulista, em São Paulo. Vale lembrar que a bacia do Juquery é a única que contém parte de seu território (84%) inserida nos limites da Área de Proteção aos Mananciais. O crescimento da expansão urbana demonstra a urgência em se estabelecer uma fiscalização e controle integrados entre estado e municípios para conter a ocupação desordenada da região.

As áreas ocupadas por campos antrópicos – que são pastagens, terrenos abandonados e sem usos definidos – ocupam mais da metade do território do Sistema Cantareira e constituem uma classe de uso do solo muito dinâmica. No período de 1989 a 2003, foi possível verificar que as áreas de campo antrópico cederam lugar a diversos usos e formas de ocupação do solo. A maior parte das

novas áreas ocupadas, como as de expansão urbana, se instalaram sobre campos antrópicos. Ao mesmo tempo, as novas áreas de campo antrópico que surgiram no período passaram a ocupar o espaço que antes era de outros usos antrópicos, como agricultura, e de vegetação.

No período entre 1989 e 2003, foram desmatados 3.184 hectares de Mata Atlântica, o que representa uma perda de 6,3% em relação ao existente em 1989. As áreas desmatadas foram substituídas, principalmente, por campos antrópicos e áreas de reflorestamento. A supressão de áreas de vegetação concentrou-se nas bacias do Juquery (54,8%), Jaguari (20,4%) e Atibainha (15,2%). A porção do município de Mairiporã inserida no sistema foi a que apresentou a maior área desmatada, que corresponde a 42,9% do total de vegetação suprimida na região do sistema no período. Esse desmatamento representou uma diminuição de 13% da vegetação existente no município em relação a 1989. Em segundo lugar está Nazaré Paulista, onde ocorreu 19,2% do desmatamento e que representa uma diminuição de 10% da vegetação do município, em relação a 1989.

A variação do ICPH entre os anos de 1989 e 2003 se mostrou um bom indicador das alterações de uso e ocupação do solo que ocorreram neste período. As sub-bacias que apresentaram as maiores variações estão, em geral, localizadas nas proximidades dos reservatórios do Sistema Cantareira e tiveram, no período analisado, acréscimo de campo antrópico e ocupação urbana dispersa em detrimento da vegetação de Mata Atlântica secundária em diferentes estágios de regeneração. A bacia do Juquery teve oito sub-bacias com variações positivas superiores a 55%, seguida da bacia Atibainha com três sub-bacias nessas condições.

O impacto decorrente da ocupação nas bacias formadoras do Sistema Cantareira é agravado pelo fato desta ocupação acontecer sem qualquer planejamento, concentrando-se em áreas ambientalmente mais frágeis. No ano de 2003, mais de 70% das Áreas de Preservação Permanente (APPs) existentes na região do Sistema Cantareira estavam alteradas por usos humanos. O cruzamento de APPs com o uso do solo em 2003 permite verificar que parte significativa (29,2%) dos usos humanos existentes no Sistema Cantareira estão em situação irregular, uma vez que as APPs são protegidas por legislações federais e estaduais.

Vista da Serra do Lopo (pico do Lopo ao fundo), entre os municípios de Vargem, Joanópolis e Extrema, que conta com a presença de um dos mais importantes remanescentes de Mata Atlântica da região do Sistema Cantareira, e do Reservatório Jaguari,.  
Foto: Rosimeire Rurico Sacó/ISA (fev/04).



Dos 12 municípios inseridos na área do Sistema Cantareira, todos, com exceção de Sapucaí-Mirim, têm mais da metade das áreas de APPs alteradas por atividades humanas. O município de Joanópolis, que está totalmente inserido na área do sistema, tem quase 80% de suas APPs ocupadas por usos antrópicos. Situação semelhante é observada no município de Extrema, em MG.

Todas as bacias formadoras do Sistema Cantareira têm mais de 60% de suas APPs ocupadas por atividades humanas. A bacia do Jacareí apresenta mais de 90% de suas APPs alteradas por atividades humanas, com reflexos diretos sobre a qualidade e quantidade de água produzida no Sistema Cantareira. Para se entender a gravidade da situação, cabe citar estudos produzidos pelo ISA para a região da Guarapiranga e da Billings, dois mananciais de abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo extremamente ameaçados pela ocupação urbana, e que possuem taxas muito inferiores de degradação de APPs, respectivamente, 37% e 41%.

As áreas cobertas por vegetação, fundamentais para a produção e purificação de água, ocupam pouco mais de 21% da área do sistema. Tais remanescentes estão concentrados nas áreas mais altas e íngremes, principalmente na Serra da Mantiqueira, e importantes para o sistema por concentrarem as nascentes de alguns dos principais rios formadores das represas.

Apesar de sua importância para o abastecimento público e dos escassos remanescentes de vegetação na região, apenas uma pequena parcela (0,5%) da área do Sistema Cantareira encontra-se efetivamente protegida. Trata-se de porções dos dois Parques Estaduais paulistas – Juquery e Cantareira – inseridas no sistema, uma vez que nenhuma das três APAs existentes na região está definitivamente implementada. A regulamentação destas áreas poderia contribuir para o ordenamento territorial, estabelecer parâmetros de utilização mais sustentáveis e contribuir para a gestão integrada do Sistema Cantareira.

A população residente na região do Sistema Cantareira, em 2006, é estimada em 139 mil pessoas das quais 55 mil residem no estado de Minas Gerais e 83 mil em São Paulo. Os dois municípios com as maiores populações são Mairiporã, em São Paulo, com 57,8 mil (32% da população do sistema) e Camanducaia, em Minas Gerais, com 22,8 mil habitantes (16,4% da população residente no sistema).

De acordo com informações das prefeituras da região, vários municípios destinam os esgotos coletados nos rios e córregos que alimentam o sistema, sem nenhum tratamento prévio. No município de Mairiporã, que é o mais populoso do sistema, apenas 20% dos domicílios contam com coleta e tratamento de esgoto. Já Camanducaia despeja todo o esgoto produzido na zona urbana e no distrito turístico de Monte Verde sem qualquer tratamento nos Rios Camanducaia e Jaguari, ambos formadores dos reservatórios usados para abastecimento da RMSP.

Na área de abrangência do Sistema Cantareira existem ainda dois lixões e quatro aterros sanitários em atividade. Os lixões estão nos municípios de Camanducaia, em MG, e Vargem, em SP. Os aterros localizam-se nos municípios de Extrema e Itapeva, MG, e em Joanópolis e Piracaia, em SP. Juntos, estes municípios geram, em média, 47 toneladas de lixo por dia, que são depositados na área produtora de água do Sistema Cantareira.

Entre 1998 e 2004, a região enfrentou um período de estiagem intenso com reflexos significativos sobre a quantidade e qualidade da água do sistema. Durante este período, as represas mais distantes da RMSP ficaram praticamente vazias. Em janeiro

de 2004, as represas Jaguari-Jacareí apresentaram índices de reservação negativos. Esta situação resultou em impactos negativos na quantidade e qualidade das águas do sistema.

Nas cinco bacias formadoras do Sistema Cantareira, foi possível identificar grande contribuição de cargas orgânicas e biológicas por parte dos principais tributários, que pode ser comprovada pelas altas concentrações de coliformes fecais observadas na análise das informações sobre qualidade da água. Com exceção do rio Camanducaia todos os tributários do Sistema Cantareira apresentaram, no período de 1987 a 2004, tendência significativa de piora em pelo menos um dos parâmetros limnológicos. Esta tendência pode ser explicada pela baixa disponibilidade dos serviços de saneamento na região associada à diminuição da vazão dos rios devido à estiagem.

O monitoramento da qualidade da água no Sistema Cantareira é feito, quase que exclusivamente, pela Sabesp, que é responsável pela operação do mesmo. A Cetesb, agência ambiental de monitoramento, conta com um único ponto, localizado no reservatório Paiva Castro. A ampliação de pontos de monitoramento da Cetesb e integração com a rede já existente da Sabesp, são medidas importantes para ampliar a informação sobre a qualidade das águas do Sistema Cantareira, uma vez que é desejável que a companhia responsável por retirar a água do sistema não seja a única detentora de informação sobre sua qualidade.

A operação do sistema é feita de acordo com as regras dadas pelos documentos da nova outorga do Sistema Cantareira, válidas desde agosto de 2004. A nova outorga do sistema tem validade de 10 anos. De uma forma geral, a nova outorga representou avanços, pois formalizou regras e procedimentos operacionais, que antes se davam através de negociações entre os municípios e a Sabesp, e trará maior transparência ao processo e garantias para as partes envolvidas.

Com quase 45% de sua área no estado de Minas Gerais, o Sistema Cantareira produz 33 mil litros de água por segundo. Para produzir esta quantidade de água, o Sistema Cantareira faz a transposição entre duas bacias hidrográficas, importando água da Bacia do Piracicaba para a Bacia do Alto Tietê. Segundo as normas de gestão de recursos hídricos do estado de São Paulo, quatro reservatórios (Jaguari, Jacareí, Cachoeira e Atibainha) e suas bacias de contribuição estão sob a gestão do Comitê de Bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (CBH-PCJ) e o reservatório Paiva Castro e sua bacia de contribuição estão sob a gestão do Sub-comitê Juquery/Cantareira, integrante do Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (CBH-AT). Apenas a Sabesp, que é responsável pela operação dos reservatórios e pela captação, tratamento e distribuição da água produzida, trata o Sistema Cantareira como uma unidade.

Esta estrutura de gestão evidencia as dificuldades no processo decisório que envolve o Sistema Cantareira como um todo, e deve ser revista para garantir maior integração e ordenamento do território. Tal revisão, por sua vez, não pode ser descolada da implementação dos mecanismos de gestão das APAs existentes no território.

Finalmente, é necessário que tanto os atores governamentais e não-governamentais responsáveis pela gestão da região, quanto os consumidores da água produzida no Sistema Cantareira – os habitantes da RMSP – conheçam mais sobre a situação do seu maior manancial de água e se envolvam com a gestão compartilhada deste território, garantindo assim que as condições para a produção de água de boa qualidade sejam mantidas.



## Principais ameaças

- Grandes áreas ocupadas por campos antrópicos, que é uma forma de ocupação do território facilmente substituída por outras, normalmente por atividades humanas, que podem comprometer a qualidade e a quantidade da água produzida.
- Aumento dos usos urbanos do território no período de 1989 a 2003, especialmente das áreas de ocupação dispersa, que incluem as chácaras e condomínios, e tendência à expansão urbana, devido à alta disponibilidade de lotes e terrenos disponíveis e à venda e à proximidade com a RMSP e outros centros urbanos importantes.
- Diminuição das áreas cobertas por remanescentes de Mata Atlântica.
- Ocupação de 73% das Áreas de Preservação Permanente (APPs) no entorno de rios e corpos d'água na região do Sistema Cantareira por usos desconformes com a legislação que as protegem.
- Piora nos índices de qualidade da água dos principais rios formadores do sistema no período de 1987 a 2004.
- Baixos índices de coleta e principalmente de tratamento de esgoto nos municípios da região.
- Expansão do reflorestamento e das atividades industriais.
- Falta de áreas efetivamente protegidas, já que as APAs existentes na região não estão regulamentadas.
- Ausência de ordenamento territorial que leve em conta que a região é uma importante área de manancial.
- Crescente demanda da RMSP por água e falta de políticas de controle desta demanda.
- Desarticulação dos atores da região.

## Recomendações

- Regulamentar as APAs existentes na região.
- Recuperar áreas degradadas, principalmente as APPs e matas ciliares.
- Criar incentivos para valorizar o caráter produtor de água da região.
- Ampliar os índices de coleta e tratamento de esgoto nos municípios da região.
- Fomentar e implementar ações de educação ambiental na região.
- Articular os atores da região.
- Fortalecer a gestão participativa do Sistema Cantareira.



## Bibliografia

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Nota Técnica nº 353/SOC de 20 de julho de 2004.** Restrições de usos de recursos hídricos em função das regras de operação do Sistema Cantareira. Disponível em: <[http://www.comitepcj.sp.gov.br/GT-Cantareira/Res\\_ANA\\_429-04\\_Nota-Tecnica.pdf](http://www.comitepcj.sp.gov.br/GT-Cantareira/Res_ANA_429-04_Nota-Tecnica.pdf)>.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Resolução nº 429 de 4 de agosto de 2004.** Delega competência e define os critérios e procedimentos para a outorga do direito de uso de recursos hídricos de domínio da União no âmbito das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/Resolucoes/resolucoes2004/429-2004.pdf>>.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS; SÃO PAULO (Estado). Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Nota técnica conjunta ANA/DAEE de julho de 2004.** Subsídios para a análise do pedido de outorga do Sistema Cantareira e para a definição das condições de operação dos seus reservatórios. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/Resolucoes/resolucoes2004/428-RelatorioConjuntoCantareira.pdf>>.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS; SÃO PAULO (Estado). Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Resolução conjunta ANA/DAEE nº 428 de 4 de agosto de 2004.** Dispõe sobre as condições de operação dos reservatórios Jaguari-Jacaré, Cachoeira e Atibainha, localizados na Bacia do Rio Piracicaba, pertencentes ao Sistema Cantareira. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/Resolucoes/resolucoes2004/428-2004.pdf>>.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Nota Técnica nº 018/2005/NGI de 08 de novembro de 2005.** Definição de dominialidade dos cursos d'água das bacias do PCJ. Disponível em: <[http://ana.gov.br/GestaoRecHidricos/CobrancaUso/\\_ARQS-Estudios/PCJ/Nota\\_018-05\\_NGI-Dominialidades.pdf](http://ana.gov.br/GestaoRecHidricos/CobrancaUso/_ARQS-Estudios/PCJ/Nota_018-05_NGI-Dominialidades.pdf)>.
- CAMPOS, Valéria Nagy de Oliveira. **Novos arranjos, velhos problemas.** Paper apresentado ao GT Recursos hídricos: atores sociais, gestão e territorialidade no II Encontro Anual da Associação Nacional de Pós Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade – ANPPAS, 2004, Indaiatuba. Disponível em: <[http://www.anppas.org.br/encontro\\_anual/encontro2/GT/GT03/valeria\\_nagy.pdf](http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro2/GT/GT03/valeria_nagy.pdf)>.
- CAPOBIANCO, João Paulo; WHATELY, Marussia. **Billings 2000** : ameaças e perspectivas para o maior reservatório de água da região metropolitana de São Paulo. São Paulo : Instituto Socioambiental, 2002.
- CARMO, Roberto Luiz do; GAMA, Isa. Novos caminhos entre serras e águas: duplicação da rodovia Fernão Dias e implicações socioambientais na região de Bragança Paulista. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15., 2003, Curitiba. **Anais.** Curitiba : UFPR, 2003. 1 CD-ROM.
- CETESB. **Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares de São Paulo.** São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/rsdomiciliares2005.zip>>.
- CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2005.** São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/relatorios.asp>>.
- CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia.** São Paulo : Edgard Blücher, 1980.
- CNEC Engenharia. **Diagnóstico ambiental do Sistema Produtor Cantareira.** São Paulo, 1999.
- COMITÊS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ. Nova outorga traz autonomia e transparência. **Comitês das águas**: informativo dos comitês das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, Piracicaba, n. 11, 2007.
- ELIAS, Alexandre Arrenius. **Bacia do rio Jaguari e sua problemática.** Campinas, [200?]. Disponível em: <[http://www.eco.unicamp.br/nea/agua/Bacia\\_do\\_rio\\_Jaguari\\_e\\_sua\\_problematICA.doc](http://www.eco.unicamp.br/nea/agua/Bacia_do_rio_Jaguari_e_sua_problematICA.doc)>.
- ELIAS, Alexandre Arrenius, RABELO, Osmar da Rosa. **Impactos ambientais e econômicos no reservatório do rio Atibainha na cidade de Nazaré Paulista** : aproximação da problemática. Campinas, [2000?]. Disponível em: <<http://www.eco.unicamp.br/nea/agua/Atibainha.doc>>.
- FUNDAÇÃO SEADE. **Novo retrato de São Paulo.** São Paulo, 1992.
- FUSP. **Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê** : versão preliminar. São Paulo, 2001.
- GIATTI, Leandro Luiz. **Reservatório Paiva Castro - Mairiporã – SP** : avaliação da qualidade da água sobre alguns parâmetros físicos, químicos e biológicos (1987/1998). Dissertação (Mestrado em Saúde Ambiental) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- HOEFEL, João Luiz; SILVA, Nancy C. da; VIANA, Rosa M. e PADUA, Suzana. **The conservation of water resources and regional transformations : the Cantareira Reservoir case.** Wales, UK : Universidade de Wales, 1999.
- HOEFEL, João Luiz; SORRENTINO; Marcos; MACHADO, Micheli K. **Concepções sobre a natureza e sustentabilidade** : um estudo sobre percepção ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Atibainha – Nazaré Paulista/SP. Paper apresentado ao GT Meio ambiente, sociedade e educação no II Encontro Anual da Associação Nacional de Pós Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade – ANPPAS, 2004, Indaiatuba. Disponível em: <[http://www.anppas.org.br/encontro\\_anual/encontro2/GT/GT10/luis\\_hoffel.pdf](http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro2/GT/GT10/luis_hoffel.pdf)>.
- HOEFEL, João Luiz; VIANNA, Rosa Maria. Impactos de barragens e transformação regional : considerações sobre a implantação dos reservatórios do Sistema Cantareira na Região Bragantina. **Gestão e Desenvolvimento**, Bragança Paulista, v. 1, n. 1, p. 87-102, 1996.
- HOGAN, Daniel Joseph; RODRIGUES, Izilda Aparecida; CARMO, Roberto Luiz do. O novo padrão migratório e os impactos sobre os recursos hídricos : as Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari. **Travessia**, São Paulo, v. 10, n. 28, p. 27-33, mai./ago.1997.
- IBGE. **Censo Demográfico 2000.** Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/default\\_censo\\_2000.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/default_censo_2000.shtm)>.
- RUTKOWSKI, Emilia. **Bacia Hidrográfica e bacia ambiental.** São Paulo: Sabesp, 1999.
- SABESP. **Data Oper Sistema Cantareira.** São Paulo, 1989.
- SABESP. **Sistema Cantareira** : folheto informativo. São Paulo, [s.d.].
- SABESP; COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ. **Plano de bacias hidrográficas para o quadriênio 2004-2007 do comitê das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá** : minuta do relatório final. São Paulo, 2005.
- SÃO PAULO (Estado). Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Portaria nº 1213 de 6 de agosto de 2004.** Outorga do Sistema Cantareira. Disponível em: <<http://www.comitepcj.sp.gov.br/GT-Cantareira/Port-1213-Cantareira-06-08-04.pdf>>.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Atlas das unidades de conservação ambiental do Estado de São Paulo.** São Paulo, 2000.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Lei Estadual nº 9.866/97 – Uma nova política de mananciais** : diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do estado de São Paulo. São Paulo, [1997?].
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria de Planejamento Ambiental. **Entre serras e águas** : plano de desenvolvimento sustentável para a área de influência da duplicação da Rodovia Fernão Dias. São Paulo, 1998.
- WHATELY, Marussia; CUNHA, Pilar. **Guarapiranga 2005 – Como e por que São Paulo está perdendo este manancial** : resultados do diagnóstico socioambiental participativo da bacia hidrográfica da Guarapiranga. São Paulo : Instituto Socioambiental, 2006.
- 5 ELEMENTOS: INSTITUTO DE EDUCAÇÃO E PESQUISA AMBIENTAL. **Águas no Oeste do Alto Tietê** : uma radiografia da sub-bacia Pinheiros Pirapora. São Paulo, 2005.

### Sites:

- ANA - [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)  
CETESB - [www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br)  
Comitês PCJ - [www.comitepcj.sp.gov.br](http://www.comitepcj.sp.gov.br)  
FEAM - [www.feam.br](http://www.feam.br)  
Fundação Seade - [www.seade.gov.br](http://www.seade.gov.br)  
GT Cantareira- PCJ - [/www.comitepcj.sp.gov.br/GT-Cantareira.htm](http://www.comitepcj.sp.gov.br/GT-Cantareira.htm)  
IBGE - [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)  
SABESP - [www.sabesp.com.br](http://www.sabesp.com.br)  
SIAM - [www.siam.mg.gov.br](http://www.siam.mg.gov.br)  
SMA - [www.ambiente.sp.gov.br](http://www.ambiente.sp.gov.br)

*impressão e acabamento*  
Geográfica Editora



A marca FSC é a garantia de que a madeira utilizada na fabricação do papel interno deste livro provém de florestas de origem controlada e que foram gerenciadas de maneira ambientalmente correta, socialmente justa e economicamente viável.

*tiragem desta edição*  
2.000 exemplares