



PETROBRAS

MODERNIZAÇÃO DA REFINARIA DE PAULÍNIA - REPLAN



BACIA DO RIO PIRACICABA ESTUDOS DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA VOLUME I - RESULTADOS FINAIS DOS ESTUDOS



ENGECORPS
Corpo de Engenheiros Consultores Ltda.

Novembro/2008

907-PBR-MRP-RT-P008

Desenho						Data	
Projeto						Data	
A.L.F. A.M.P.A.						13/11/2008	
Aprovação						Data	
A.C.M.M.						13/11/2008	
Aprovação						Data	
D.D.O. A.M.P.A.						13/11/2008	
Rev.	Data	Folha	Descrição	Aprovação			
						Data	Aprovação

MODERNIZAÇÃO DA REFINARIA DE PAULÍNIA - REPLAN

RELATÓRIOS TÉCNICOS RT3 E RT4 VOLUME I RESULTADOS FINAIS DOS ESTUDOS



Verif.	Órgão	Data
Aprov.	Órgão	Data
Aprov.	Órgão	Data
Escala	Data de Emissão	Revisão
		0/A
Substitui		Substituído
Número		Código
907-PBR-MPR-RT-P008		

PETRÓLEO BRASILEIRO S.A.

PETROBRÁS

Modernização da Refinaria de Paulínia – REPLAN

***RELATÓRIOS TÉCNICOS 3 E 4
VOLUME I
RESULTADOS FINAIS DOS ESTUDOS***

ENGECORPS – CORPO DE ENGENHEIROS CONSULTORES LTDA.

907-PBR-MRP-RT-P008

Novembro/2008

SUMÁRIO GERAL

VOLUME I

Resultados Finais dos Estudos

VOLUME II

Indicação de Eixos de Barramento

VOLUME III

Estudos Hidrológicos e Operacionais

VOLUME IV

Estudos de Qualidade da Água

ÍNDICE VOLUME I

	PÁG.
1. INTRODUÇÃO	5
1.1 ESCOPO E OBJETIVOS	5
1.2 ESTRUTURA DO RELATÓRIO.....	8
2. PESQUISA DE EIXOS DE BARRAMENTO.....	10
3. DISPONIBILIDADE HÍDRICA.....	14
4. QUALIDADE DA ÁGUA.....	24
5. ESTUDOS PARA A BACIA DO RIO CAMANDUCAIA E ÁREA DE INFLUÊNCIA DA REPLAN ..	26
5.1 AVALIAÇÃO DOS EIXOS ESTUDADOS.....	26
5.1.1 Barramento Rubinho	28
5.1.2 Barramento Duas Pontes	28
5.1.3 Barramento Camanducaia	29
5.1.4 Barramento Panorama.....	30
5.1.5 Barramento Pedreira.....	31
5.1.6 Barramento Cosmópolis	32
5.1.7 Barramento Pirapitingui.....	33
5.2 CUSTO DE CONSTRUÇÃO DOS BARRAMENTOS.....	34
5.3 ESTABELECIMENTO DOS MELHORES EIXOS.....	36
5.4 OPÇÕES PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO.....	38
5.4.1 Utilização de Águas Subterrâneas como Mananciais Complementares nas Sub-Bacias dos rios Camanducaia e Jaguari	38
5.4.2 Pequenos Barramentos.....	41
5.4.3 Identificação dos Municípios nas sub-bacias dos rios Camanducaia e Jaguari	43
5.4.4 Avaliação das Possibilidades de Abastecimento dos Municípios da Sub Bacia do rio Camanducaia.....	44
5.4.5 Avaliação das Possibilidades de Abastecimento dos Municípios da Sub bacia do rio Jaguari	47
5.4.6 Resumo Geral das Possibilidades de Abastecimento	54
5.5 CONSERVAÇÃO DAS NASCENTES	55
5.5.1 Objetivos	55
5.5.2 Metodologia Adotada.....	56
6. COMPARAÇÃO COM OS ESTUDOS DA SABESP	72
7. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS NA QUANTIDADE E QUALIDADE A JUSANTE DA REPLAN	73
7.1 AVALIAÇÃO TRECHO A TRECHO	73

7.1.1	Rio Atibaia	73
7.1.2	Rio Jaguari.....	74
7.1.3	Rio Piracicaba.....	74
8.	ANÁLISE DA TRANSFERÊNCIA DA CAPTAÇÃO DA CIDADE DE SUMARÉ DO RIO ATIBAIA PARA O RIO JAGUARI.....	75
8.1	AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA QUANTITATIVA.....	75
8.2	AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA QUALITATIVA	75
8.3	RECOMENDAÇÕES.....	78
9.	PRODUÇÃO ENERGÉTICA.....	78

1. INTRODUÇÃO

Este relatório constitui o quarto produto previsto no âmbito do contrato 1100.0034894.07.2, firmado entre a PETROBRAS e a ENGEORPS, em 13/08/07, cujo objeto é o desenvolvimento de serviços de consultoria para atendimento a um Programa de Ações a ser implementado na área de influência da Refinaria de Paulínia – REPLAN, em decorrência da ampliação da vazão outorgada no rio Jaguari de 1.870 m³/h para 2.400 m³/h a partir de 2009, conforme despacho do DAEE publicado no Diário Oficial do Estado de São Paulo em 19/08/2006.

De acordo com tratativas prévias havidas com a REPLAN, e tendo em vista os conteúdos estreitamente correlacionados, este produto contempla também o escopo do Relatório Técnico 4, que é objeto do Capítulo 8, conforme será a seguir descrito em maiores detalhes.

1.1 ESCOPO E OBJETIVOS

Atendendo ao conteúdo do Relatório de Planejamento, conforme a proposta da ENGEORPS e as condições contratuais definidas, o presente relatório tem por objetivo apresentar à PETROBRAS e aos Comitês PCJ os resultados finais das atividades já apresentadas no Relatório Técnico 2, acrescidas de outras atividades, cujo desenvolvimento teve por objetivo complementar o escopo das ações previstas na Deliberação Conjunta dos Comitês PCJ n° 058/06, de 12 de dezembro de 2006 que foram contratadas diretamente à ENGEORPS, nomeadamente, as ações de números 2, 3, 4 e 5.

Cabe salientar que, segundo a proposta da ENGEORPS e o Relatório de Planejamento, o conteúdo das ações de números 2, 3, 4 e 5 listadas na Deliberação Conjunta acima referida foi organizado em diferentes atividades específicas, de modo a possibilitar o desenvolvimento dos estudos de forma sistematizada.

A seguir, resumem-se as quatro ações relacionadas na referida Deliberação, resgatando o conteúdo contratado pela REPLAN à ENGEORPS especificamente para atender às demandas do PCJ, e facilitando o entendimento dos temas abordados no presente relatório RT-3.

2. *Proposta para estudos, projetos e obras para aumento da disponibilidade hídrica a montante da captação da REPLAN, nas bacias dos rios Camanducaia e Jaguari;*
3. *Estudos de novos mananciais e alternativas de aproveitamento para aumento da disponibilidade hídrica a montante da captação da REPLAN, considerando reavaliação de alternativas para barramentos no rio Camanducaia e estudos para conservação das nascentes desse rio;*
4. *Avaliação dos impactos quanti-qualitativos por meio de modelagem matemática sobre os usos dos recursos hídricos a jusante da captação da REPLAN, decorrentes da captação*

no rio Jaguari e do lançamento no rio Atibaia, para um cenário futuro;

5. *Avaliação da viabilidade da transferência da captação de Sumaré do rio Atibaia para o rio Jaguari.*

Dessa forma, o presente relatório atende à totalidade das quatro ações acima sintetizadas, tendo o escopo discriminado a seguir:

Resultados finais das atividades anteriormente apresentadas em nível preliminar no RT-2, atendendo às ações de números 2 e 3:

- ✓ Identificação de eixos potenciais de barramento: nas bacias dos rios Camanducaia e Jaguari;
- ✓ Determinação das séries de vazões naturais médias mensais dos rios Camanducaia e Jaguari nos eixos identificados;
- ✓ Modelagem computacional do sistema Cantareira considerando:
 - ✧ simulação da operação do sistema Cantareira (sem a implantação de qualquer aproveitamento adicional), obtendo a série de vazões operadas médias mensais dos rios Camanducaia, Jaguari, Atibaia e Piracicaba nos eixos selecionados, no local de captação para Sumaré e nos postos fluviométricos e seções selecionados;
 - ✧ modelagem computacional do sistema Cantareira e dos aproveitamentos selecionados, considerando a possibilidade de geração hidrelétrica;
 - ✧ simulação da operação do sistema Cantareira e dos aproveitamentos selecionados, obtendo as séries de vazões operadas médias mensais dos rios Camanducaia, Jaguari, Atibaia e Piracicaba nas seções já definidas. Além disso, serão determinadas as séries de energia gerada no local dos aproveitamentos selecionados considerando um fator de capacidade da ordem de 0,7;
- ✓ Avaliação do incremento da disponibilidade hídrica em função da implantação de cada alternativa de barramento proposta;
- ✓ Avaliação da produção hidrelétrica nos eixos de barramento selecionados em função da implantação de cada alternativa de barramento proposta;
- ✓ Estabelecimento do(s) melhor(es) eixo(s) de barramento na bacia do rio Camanducaia, considerando aspectos de engenharia e ambientais, estes últimos, decorrentes de uma avaliação de restrições e condicionantes dos meios natural e sócio-econômico associados a cada eixo estudado;

- ✓ Comparação da(s) alternativa(s) recomendada(s) com estudos realizados pela SABESP em atendimento ao Artigo 16 da Portaria DAEE 1213, de 06/04/2006, caso esses estudos estejam disponíveis;
- ✓ Estabelecimento de opções para abastecimento público e outros tipos de usos consumptivos nas áreas de influência direta dos aproveitamentos recomendados, orçadas mediante a utilização de curvas paramétricas, adicionando-se uma pesquisa de possibilidades para utilização de águas subterrâneas como mananciais principais ou de reforço a abastecimentos existentes, nas áreas da bacia dos rios Camanducaia/Jaguari em que os aquíferos apresentarem potencial compatível.

Segundo já exposto no RT-2, para desenvolvimento de todas as atividades acima relacionadas foi necessário realizar estudos hidrológicos para toda a bacia do rio Piracicaba, tendo em vista ser imprescindível a modelagem conjunta de todas as suas sub-bacias, quer para os estudos de quantidade, quer para os estudos de qualidade da água.

Da mesma forma, e como será visto nos próximos capítulos, a indicação de prováveis eixos de barramento, realizada para toda a bacia do rio Piracicaba, recaiu na análise de opções que não se restringiram apenas à bacia do rio Camanducaia.

Atividades adicionais em relação àquelas apresentadas no RT-2, complementando o escopo das ações de números 2, 3 e 4 da Deliberação Conjunta dos Comitês PCJ n° 058/06:

- ✓ Estudos e apresentação de propostas de ações para conservação das nascentes do rio Camanducaia, em SP e MG, considerando o médio a alto potencial de erosão dessa sub-bacia;
- ✓ Avaliação de impactos na qualidade dos recursos hídricos a jusante da captação da REPLAN, contemplando:
 - ✧ Simulação do cenário de cargas poluentes na bacia do rio Piracicaba na situação atual, considerando a captação e o lançamento de cargas poluentes médias e máximas da REPLAN, respectivamente, no rio Jaguari e no rio Atibaia;
 - ✧ Avaliação das demandas quanti-qualitativas de recursos hídricos para o ano de 2025, com base nos estudos disponíveis no Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2004-2007, datado de outubro de 2006, de modo a ser simulada a situação futura;
 - ✧ Aplicação de modelo matemático para avaliação dos impactos qualitativos da captação da REPLAN nos rios Jaguari e Piracicaba, trecho a trecho, considerando também a implantação das alternativas de barramento recomendadas para ampliação das disponibilidades hídricas na bacia.

Atividades também concluídas, referentes à ação n°5 da Deliberação Conjunta dos Comitês PCJ n° 058/06, e que constituem o escopo do Relatório Técnico 4, de acordo com o cronograma de elaboração de produtos previsto na Proposta Técnica da ENGEORPS e no contrato:

Tratam-se de atividades previstas para compor o Relatório Técnico 4, mas que, devido à sua natureza e estreita correlação com os resultados obtidos e programados para apresentação no RT-3, foram concluídas simultaneamente, passando a fazer parte dos estudos inseridos no presente relatório. São elas:

- ✓ Estudo de Reavaliação da Captação para Abastecimento do Município de Sumaré, contemplando:
 - ✧ Consolidação da disponibilidade hídrica quali-quantitativa do rio Jaguari na altura da cidade de Sumaré, a partir dos resultados das atividades anteriores;
 - ✧ Consolidação da disponibilidade hídrica quali-quantitativa do rio Atibaia na altura da cidade de Sumaré, a partir dos resultados das atividades anteriores;
 - ✧ Análise da proposta de transferência da captação para abastecimento de Sumaré do rio Atibaia para o rio Jaguari, em função da comparação dos resultados das atividades anteriores.

1.2 ESTRUTURA DO RELATÓRIO

Considerando a extensão e a complexidade de alguns dos temas abordados, decidiu-se por editar o presente relatório RT-3 e RT-4 em quatro volumes, com o seguinte conteúdo básico:

- ✓ **Volume I – Resultados Finais dos Estudos.** Trata-se do presente documento, que apresenta uma síntese dos estudos expostos nos demais volumes, além de algumas atividades específicas, contemplando: pesquisa de eixos de barramento no conjunto bacia do rio Piracicaba; estudos de disponibilidade hídrica; resultados da modelagem da qualidade da água; estudos realizados especificamente na bacia do rio Camanducaia e para a área de influência da REPLAN, incluindo a pesquisa de eixos de barramento, possibilidade de abastecimento a usos consuntivos e as atividades relacionadas com recomendações para conservação das nascentes do rio Camanducaia; comentários sobre a comparação dos estudos desenvolvidos pela ENGEORPS com estudos que seriam realizados pela SABESP, em atendimento ao Artigo 16 da Portaria DAEE 1213, de 06/04/2006; avaliação trecho a trecho dos impactos da ampliação da outorga da REPLAN e do futuro lançamento de efluentes, respectivamente nos rios Jaguari e Atibaia, a jusante da Refinaria; avaliação da viabilidade de substituição da atual captação para abastecimento da cidade de Sumaré no rio Atibaia, para o rio Jaguari; e, finalmente, uma avaliação da produção energética que poderá ser obtida mediante a implantação dos novos eixos de barramento pesquisados.

- ✓ **Volume II – Indicação de Eixos Barráveis.** Este volume apresenta a seqüência de atividades e os resultados dos estudos que culminaram na indicação de sete alternativas de novos eixos de barramento que podem ser implantados na bacia do rio Piracicaba, incluindo atividades de campo e escritório, além de um capítulo específico sobre a possibilidade de implantação de pequenas barragens, e de um conjunto de anexos constituído por registros fotográficos dos trabalhos de campo e por um extenso dossiê técnico de cada eixo estudado.
- ✓ **Volume III – Estudos Hidrológicos e Operacionais.** Este volume reúne todos os estudos hidrológicos realizados para o conjunto da bacia do rio Piracicaba, apresentados nos Relatórios Técnicos Preliminares 1 e 2, envolvendo: pesquisa de disponibilidade de dados hidrológicos; determinação das séries de vazões naturais na bacia do rio Piracicaba, nas seções fluviométricas selecionadas; determinação e análise das séries de vazões naturais nos eixos recomendados, cuja identificação consta do Volume II; balanço hídrico das sub-bacias do rio Piracicaba; estudos operacionais do Sistema Cantareira; disponibilidade hídrica operada na situação atual; disponibilidade hídrica operada considerando a implantação dos eixos recomendados; avaliação dos resultados e dos benefícios obtidos.
- ✓ **Volume IV – Estudos de Qualidade da Água.** Este volume apresenta os estudos de modelagem matemática da qualidade da água da bacia do rio Piracicaba, abordando: descrição do modelo utilizado; discretização da bacia em diferentes trechos e mapeamento dos usuários de recursos hídricos, para possibilitar a aplicação do modelo; resultados da calibração do modelo; análise da qualidade da água em diferentes cenários de captação e lançamento de cargas da REPLAN – situação atual, situação com captação ampliada, situação futura (2025) e situação atual e futura considerando a implantação dos aproveitamentos estudados.

Verifica-se que, com a estruturação adotada para o RT-3/RT-4, o exame do presente Volume I permite uma visão completa de todo o trabalho e dos principais resultados obtidos para atendimento às quatro ações constantes da Deliberação Conjunta dos Comitês PCJ 058/06, estando o detalhamento dos estudos setoriais apresentado nos demais volumes.

Cada um dos quatro volumes discrimina, em seu capítulo introdutório, os seus objetivos, sendo que este Volume I, além da presente Introdução, está subdividido nos seguintes demais capítulos, cujo conteúdo aborda os temas antes relacionados:

- ✓ Capítulo 2 – Pesquisa de Eixos de Barramento nas sub-bacias dos rios Camanducaia, Jaguari Atibaia e Piracicaba;
- ✓ Capítulo 3 – Disponibilidade Hídrica da bacia do rio Piracicaba, na situação atual e futura, e considerando a implantação dos novos eixos recomendados;
- ✓ Capítulo 4 – Qualidade da Água na bacia do rio Piracicaba, também para a situação atual e futura e considerando a implantação dos novos eixos recomendados;

- ✓ Capítulo 5 – Estudos para a Bacia do Rio Camanducaia e Área de Influência da REPLAN, incluindo a pesquisa de eixos de barramento, a indicação de opções para abastecimento público, considerando também a possibilidade de utilização de águas subterrâneas, e estudos para conservação das nascentes da bacia do rio Camanducaia, a partir de sua vulnerabilidade à erosão;
- ✓ Capítulo 6 – Comparação com os Estudos da SABESP, considerando atendimento ao Artigo 16 da Portaria DAEE 1.213, de 06/04/2006;
- ✓ Capítulo 7 – Avaliação de Impactos na Quantidade e Qualidade da Água a Jusante da REPLAN, trecho a trecho;
- ✓ Capítulo 8 – Análise da Transferência da Captação da Cidade de Sumaré do Rio Atibaia para o Rio Jaguari; e
- ✓ Capítulo 9 – Avaliação da Produção Energética na bacia do rio Piracicaba, com a implantação dos eixos pesquisados.

2. PESQUISA DE EIXOS DE BARRAMENTO

No intuito de encontrar possíveis opções estruturais para aproveitamento dos recursos hídricos e aumento da disponibilidade hídrica, principalmente na região a montante da refinaria da Petrobrás (REPLAN), realizaram-se estudos para as sub-bacias dos rios Camanducaia, Jaguari e Atibaia, e na própria sub-bacia do rio Piracicaba.

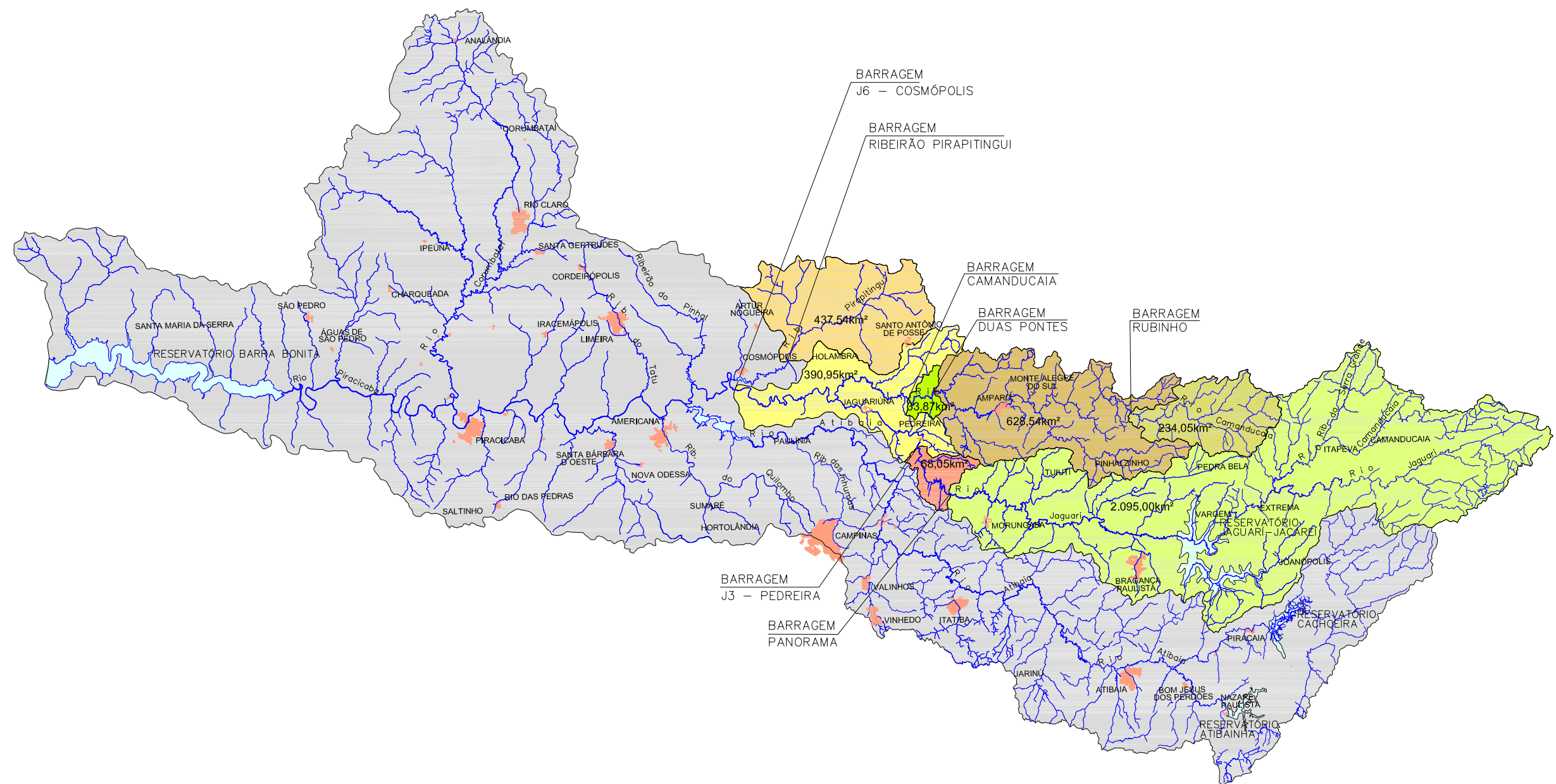
Os trabalhos iniciaram com a consulta e análise do “Plano Integrado de Aproveitamento e Controle dos Recursos Hídricos das Bacias do Alto Tietê, Piracicaba e Baixada Santista” (SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS, SANEAMENTO E OBRAS / CONSÓRCIO HIDROPLAN, 1995), comumente denominado “Hidroplan”, que estudou e definiu alternativas de barramento na área de interesse.

Utilizando a cartografia 1:50.000 e imagens de satélite, foram definidos 12 eixos possíveis de barramento (incluindo os indicados pelo Hidroplan) apresentados no Quadro 2.1. Na bacia do rio Camanducaia foi realizada análise específica de modo a exaurir as possibilidades de barramento na calha deste rio.

Com o detalhamento das características de cada eixo possível de barramento e os resultados das inspeções de campo foram selecionados 7 eixos a serem avaliados na modelagem matemática da bacia:

- ✓ Panorama, Pedreira e Cosmópolis no rio Jaguari;
- ✓ Camanducaia, Duas Pontes e Rubinho no rio Camanducaia;
- ✓ Pirapitingui no ribeirão Pirapitingui.

A localização destes eixos está apresentada na Figura 2.1. Suas características principais estão resumidas no Quadro 2.1. Neste quadro os eixos selecionados estão destacados com sombreamento.



0 4 8 12 16 32km
1:400.000
ESCALA GRÁFICA

BARRAMENTOS SELECIONADOS
LOCALIZAÇÃO E
ÁREAS DE DRENAGEM

QUADRO 2.1 – CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DOS EIXOS DE BARRAMENTO SELECIONADOS

Barragem	Localização		Coordenadas			Nível Normal			Volume Acumulado				Estimativa por regionalização DAEE					
		Área de Drenagem km²	Norte m	Leste m	NA max m	NA min	NA jus	NA max hm³	NA min hm³	Volume Útil		Vazão Média longo termo m³/s	Vazão Firme m³/s	Q 7,10 m³/s	Potencial de Regularização m³/s	Obs.	Avaliação	
										hm³	dias							
Rio Piracicaba																		
	Não foram localizados eixos de barramento no rio Piracicaba																	
Rio Atibaia																		
Fazenda Velha	Córrego Fazenda Velha, junto à travessia do Rod. Itatiba-Bragança Paulista sobre o rio Atibaia. Regularização das vazões do rio Atibaia por bombeamento	449,82	7.459.950	325.230	760,0			24,76	6,19	18,57	38	5,7	2,9	1,6	1,2	Descontada Área de Drenagem dos reservatórios da SABESP	Potencial de regularização da ordem de 1,0 m³/s e interfere com loteamentos de alto padrão e a rodovia Itatiba – Bragança Paulista	
Sousas	Rio Atibaia próximo a Sousas	836,72	7.464.600	300.300	679,0			15,34	2,23	13,11	18	8,5	4,3	2,5	1,8	Descontada Área de Drenagem dos reservatórios da SABESP	Barragem descartada por inundar longitudinalmente a Rod. D. Pedro I	
Rio Jaguari																		
Panorama	Rio Jaguari, a montante da UHE Jaguari. O eixo está localizado a jusante da estrada Pedreira Morungaba	1.380,00	7.473.240	309.960	742,0	725,0	712,5	38,92	5,92	32,99	21	17,8	8,9	4,3	4,6	Descontada Área de Drenagem dos reservatórios da SABESP	As interferências apontadas não inibem a construção, podendo resultar em custos maiores para implantação.	
J3 – Pedreira	Rio Jaguari a jusante da UHE Jaguari e a montante de Pedreira	1.448,05	7.481.150	304.350	638,0	613,0	587,5	52,00	10,24	41,76	26	18,3	9,1	4,4	4,7	Descontada Área de Drenagem dos reservatórios da SABESP	As interferências apontadas não inibem a construção, podendo resultar em custos maiores para implantação.	
J6 – Cosmópolis	Rio Jaguari nas proximidades de Cosmópolis e a jusante da estrada Paulínia Cosmópolis	1.697,03	7.491.019	273.168	540,0	530,0	522,5	26,31	2,02	24,29	29	9,6	4,8	2,3	2,5	Descontada Área de Drenagem dos reservatórios da SABESP	As interferências apontadas não inibem a construção, podendo resultar em custos maiores para implantação.	
Rio Camanducaia																		
Camanducaia	Rio Camanducaia próximo à foz no rio Jaguari, a jusante de Jaguariuna	896,45	7.489.800	303.040	605,0	583,0	572,5	9,22	0,62	8,60	9	11,3	5,6	2,7	2,9		Com o NA respeitando a cota da ponte rodoviária resulta reservatório pequeno. No entanto a interferência com a ponte não inibe a construção. Mantida no estudo.	

Continua...

QUADRO 2.1 – CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DOS EIXOS DE BARRAMENTO SELECIONADOS

Barragem	Localização		Coordenadas		Nível Normal			Volume Acumulado				Estimativa por regionalização DAEF					
		Área de Drenagem km²	Norte m	Leste m	NA max m	NA min	NA jus	NA max hm³	NA min hm³	Volume Útil		Vazão Média longo termo m³/s	Vazão Firme m³/s	Q 7,10 m³/s	Potencial de Regularização m³/s	Obs.	Avaliação
										hm³	dias						
Duas Pontes	Rio Camanducaia próximo ao bairro de Duas Pontes , a montante da cidade de Pedreira	90,46	7.505.400	252.000	582,0	572,0	612,5	3,70	5,32	-1,62	-25	0,7	0,4	0,2	0,2		As interferências apontadas não inibem a construção, podendo resultar em custos maiores para implantação.
Três Pontes	Rio Camanducaia a montante do bairro de Três Pontes, município de Amparo	586,34	7.488.884	324.298	730,0	710,0	702,5	12,60	0,15	12,45	16	9,1	4,6	2,2	2,3		Eliminada por interferencia com dois condomínios e área urbana
Visconde Sotello	Rio Camanducaia a montante de Socorro, a jusante do Rod Socorro Bragança Paulista	313,28	7.489.542	335.056	850,0	845,0	842,5	1,67	0,03	1,64	4	5,2	2,6	1,3	1,3		Reservatório com apenas 4 dias de volume de regularização. Descartada do estudo
Rubinho	Rio Camanducaia a montante da Rod. Socorro Bragança Paulista	234,05	7.487.166	340.909	890,0	875,0	852,5	5,74	1,76	3,98	12	4,0	2,0	1,0	1,0		As interferências apontadas não inibem a construção, podendo resultar em custos maiores para implantação.
Afluentes																	
Pirapitingui	Rib Pirapitingui, afluente do Jaguari em Cosmópolis, a jusante da foz do Camanducaia.	437,65	7.495.700	282.950	563,0	558,0	542,5	77,36	37,22	40,15	109	4,3	2,1	1,0	1,1		As interferências apontadas não inibem a construção, podendo resultar em custos maiores para implantação.
Tabajara	Rib Tabajara, afluente do Jaguari junto a foz no Piracicaba.	207,54	7.502.650	267.000	563,0	555,0	542,5	37,31	8,60	28,71	215	1,5	0,8	0,4	0,4		Potencial de regularização inferior a 1,0 m³/s, com restrições apontadas. Barragem descartada

Os trabalhos realizados para a pesquisa e seleção de eixos de barramento a serem incluídos no estudo estão apresentados em sua íntegra no Volume II deste relatório.

3. DISPONIBILIDADE HÍDRICA

O Volume III deste relatório – Estudos Hidrológicos e de Disponibilidade Hídrica apresenta os estudos hidrológico-operacionais da bacia do rio Piracicaba, os quais permitiram obter os seguintes resultados:

- ✓ séries de vazões naturais médias mensais dos rios Atibaia, Camanducaia, Jaguari e Piracicaba nos postos fluviométricos selecionados;
- ✓ séries de vazões naturais médias mensais dos rios Atibaia, Camanducaia, Jaguari e Piracicaba nas seções de interesse;
- ✓ caracterização da disponibilidade hídrica natural dos rios Atibaia, Camanducaia, Jaguari e Piracicaba nas seções de interesse;
- ✓ séries de vazões médias mensais operadas dos rios Atibaia, Camanducaia, Jaguari e Piracicaba nas seções de interesse;
- ✓ caracterização da disponibilidade hídrica operada dos rios Atibaia, Camanducaia, Jaguari e Piracicaba nas seções de interesse considerando o sistema Cantareira e a capacidade de regularização nos eixos barráveis;
- ✓ caracterização do potencial energético nos eixos de barramento selecionados em função da implantação de cada alternativa de barramento proposta.

No item 2 do referido volume é apresentada a disponibilidade de dados fluviométricos nas bacias dos rios Atibaia, Jaguari, Camanducaia e Piracicaba. No item 3 são apresentadas as vazões naturais médias mensais da bacia do rio Piracicaba, incluindo as sub-bacias dos rios Jaguari e Atibaia, com base em estudos anteriores. Além disso, inclui a determinação das séries de vazões naturais médias mensais do rio Jaguari na captação da REPLAN e do rio Atibaia no lançamento da REPLAN. O item 4 complementa o item 3, apresentando as séries de vazões naturais médias mensais do rio Camanducaia nos postos fluviométricos. O item 5 apresenta a metodologia e as séries de vazões naturais médias mensais dos rios Camanducaia e Jaguari nos aproveitamentos selecionados. O item 6 apresenta o balanço hídrico das sub-bacias do rio Piracicaba desconsiderando as defluências do sistema Cantareira.

O item 7 apresenta os estudos operacionais do Sistema Cantareira, incluindo a modelagem e as simulações das regras operacionais definidas na outorga. Além disso, o item 7 apresenta as séries de vazões médias mensais defluentes dos aproveitamentos que compõem o Sistema Cantareira.

O item 8 apresenta o balanço hídrico das sub-bacias do rio Piracicaba considerando as defluências do sistema Cantareira.

O item 9 desenvolve uma análise da disponibilidade hídrica e do potencial energético com a implantação dos aproveitamentos selecionados, em operação isolada e em operação conjunta.

O item 10 apresenta uma avaliação da utilização de águas subterrâneas como manancial de abastecimento, enquanto o item 11 apresenta as conclusões do trabalho. Na sequência apresenta-se uma síntese dos principais resultados.

Os estudos hidrológico-operacionais permitiram a análise do balanço hídrico da bacia do rio Piracicaba considerando apenas a disponibilidade hídrica incremental, que desconsidera as vazões efluentes do Sistema Cantareira.

As Figuras 3.1 a 3.3 apresentam a situação atual e as projeções dos usos consumptivos acumulados para os anos de 2010 e 2020 nas sub-bacias dos rios Jaguari, Atibaia e baixo Piracicaba e as respectivas disponibilidades hídricas representadas conforme mencionado.

A Figura 3.1 representa a bacia do rio Atibaia. Esta figura indica incrementos significativos de usos consumptivos ou demandas com retorno na seção 117 km, na captação para Jundiá e na seção 72,37 km na captação de Sousas. Já na seção 40,10 km, ocorre um significativo decréscimo, resultado dos retornos descarregados no ribeirão Anhumas. Verifica-se que, mesmo nas projeções dos anos de 2010 e 2020, a disponibilidade hídrica incremental é suficiente em 95 % dos meses. Da mesma forma, a vazão incremental $Q_{7,10}$ (obtida a partir dos estudos Hidroplan) é suficiente para o atendimento das demandas mesmo nas projeções dos anos de 2010 e 2020. Na ocorrência das vazões mínimas absolutas observadas no período de janeiro de 1930 a dezembro de 2003, existiria um déficit localizado da ordem de 1,5 e 3,4 m³/s na situação atual e no cenário 2020, respectivamente, no trecho entre a captação de Sousas (seção 72,37 km) e a foz do ribeirão Anhumas (40,10 km).

A Figura 3.2 representa a bacia do rio Jaguari. Esta figura indica incrementos de demandas após a seção 34,48 km, onde existe uma captação para Paulínia. Nas seções de 33,72 km e 33,38 km são observados outros incrementos dos usos consumptivos resultantes das captações no rio Camanducaia e no ribeirão Pirapitingui. Verifica-se que na situação atual e futura, a disponibilidade hídrica incremental é suficiente em quaisquer condições hidrológicas.

A Figura 3.3 representa a bacia do baixo Piracicaba. Os usos consumptivos ou demandas com retorno são de baixa magnitude e, por vezes negativas, indicando que o retorno supera as captações. Isto se deve aos expressivos retornos devido às descargas nos ribeirões Quilombo, Tatú e Enxofre. Nas proximidades da foz do rio Corumbataí, observa-se que as captações superam os retornos resultado das demandas de Piracicaba e de rio Claro no próprio rio Corumbataí. Verifica-se que na situação atual e futura a disponibilidade hídrica incremental é suficiente em quaisquer condições hidrológicas.

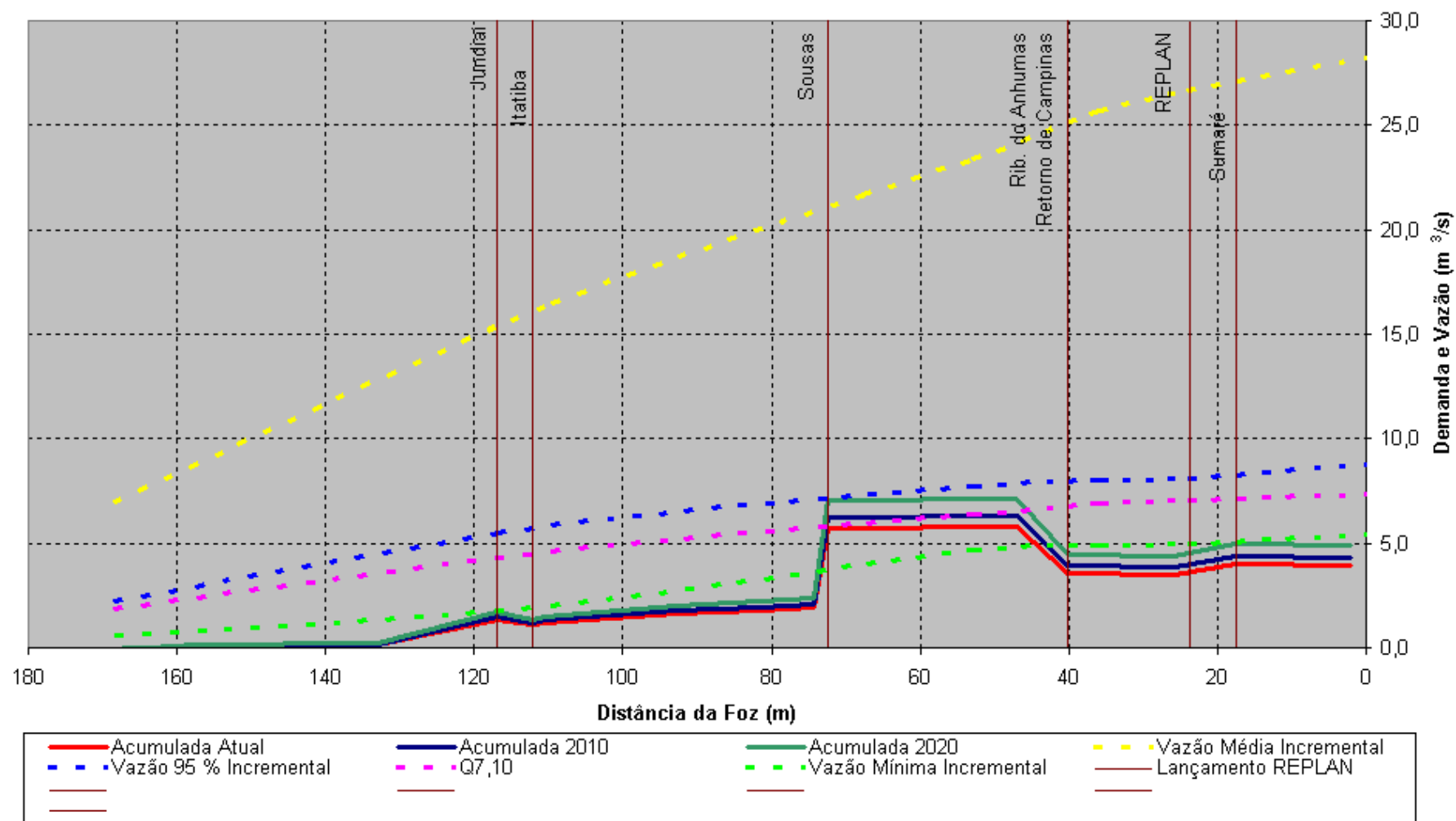


Figura 3.1 – Demandas acumuladas e disponibilidades hídricas incrementais acumuladas com retorno (sem Cantareira) na bacia do rio Atibaia – situação atual e futura

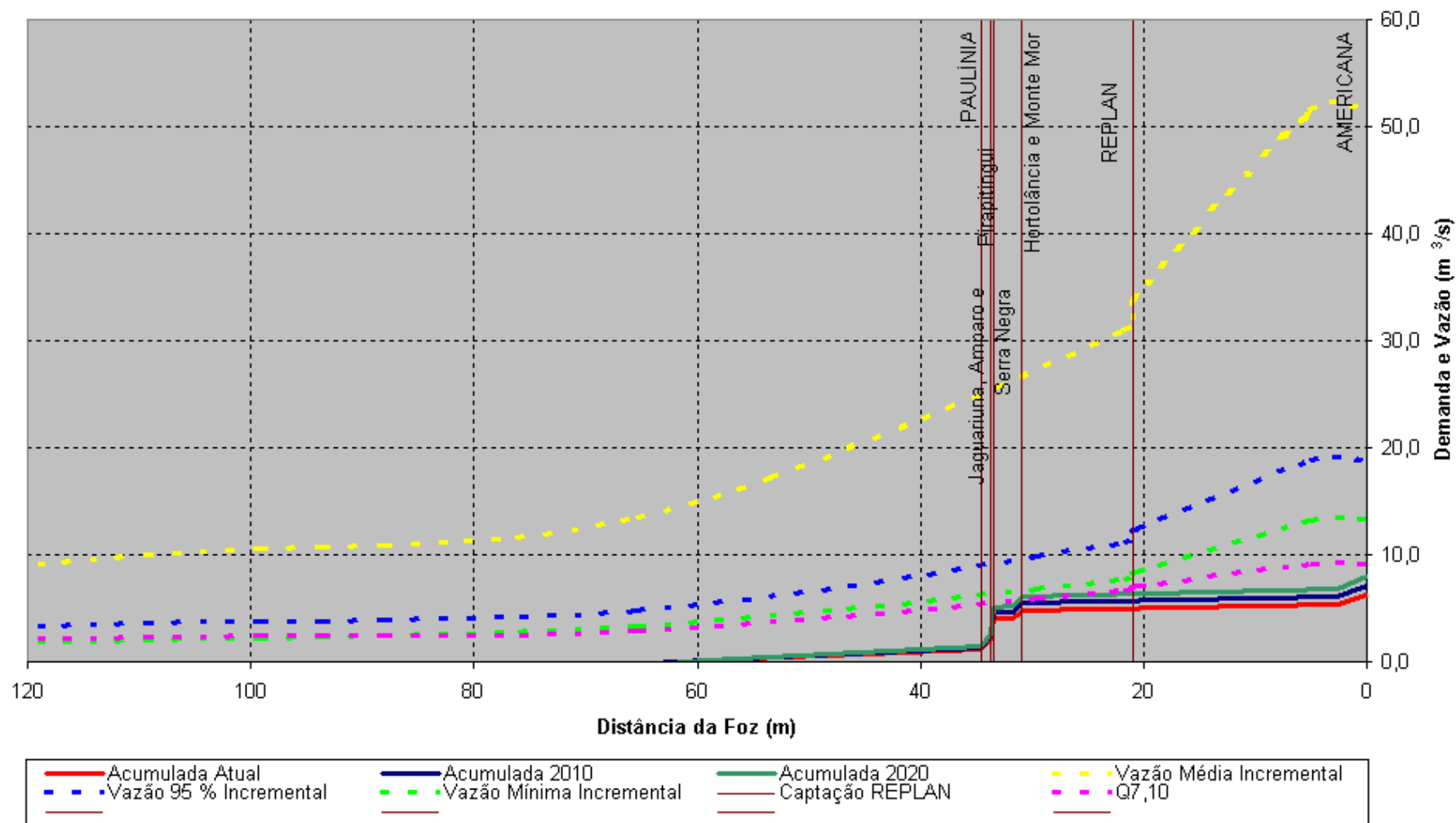


Figura 3.2 – Demandas acumuladas e disponibilidades hídricas incrementais acumuladas com retorno (sem Cantareira) na bacia do rio Jaguari – situação atual e futura

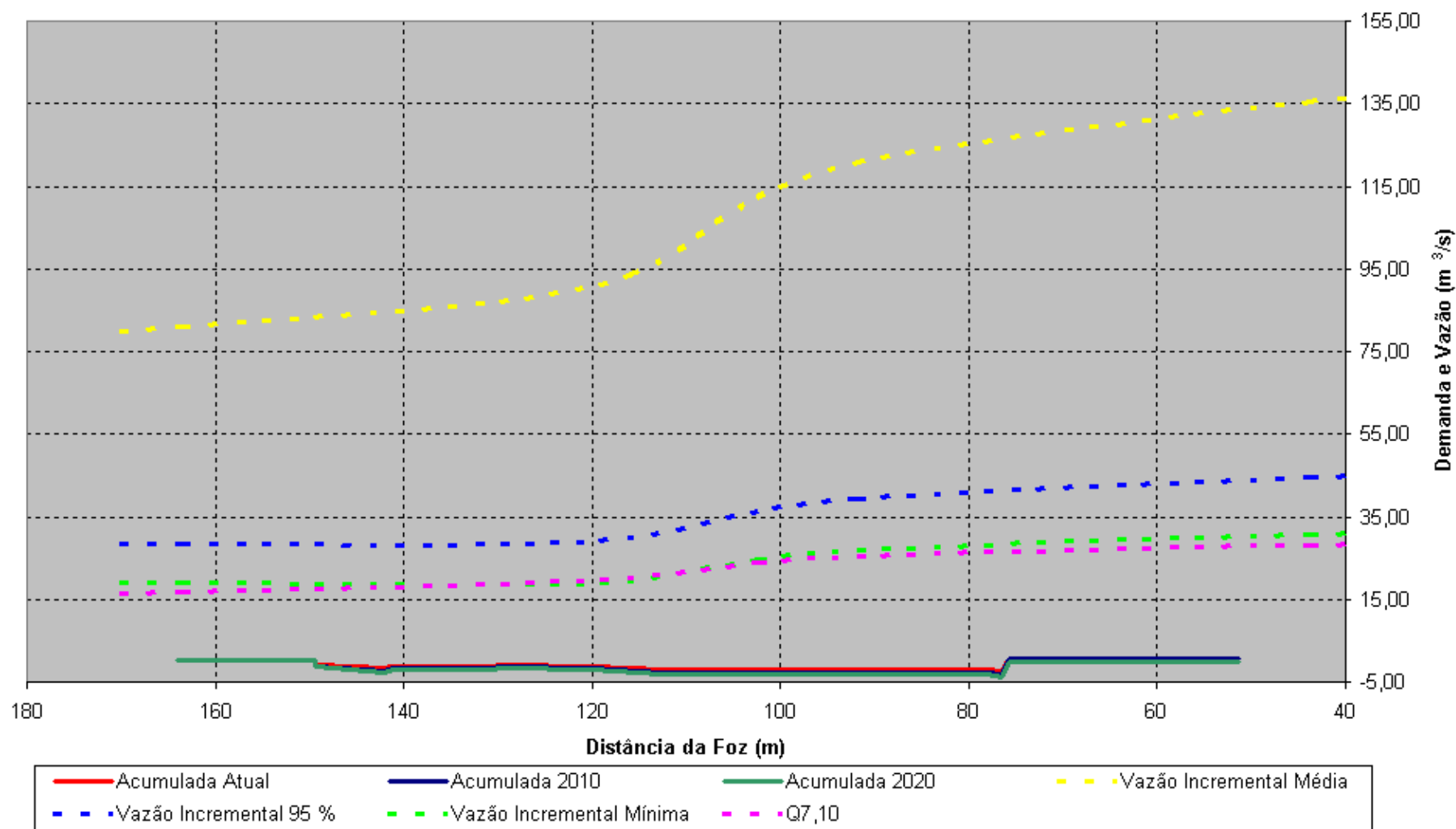


Figura 3.3 – Demandas acumuladas e disponibilidades hídricas incrementais acumuladas com retorno (sem Cantareira) na bacia do rio Piracicaba – situação atual e futura

Os estudos hidrológico-operacionais também analisaram o balanço hídrico da bacia do rio Piracicaba considerando a operação do Sistema Cantareira conforme estabelecido na Portaria DAEE N° 1213 de 06 de agosto de 2004. Desta forma, foram consideradas as vazões efluentes do Sistema Cantareira para as sub-bacias dos rios Jaguari e Atibaia.

As Figuras 3.4 a 3.6 apresentam as projeções dos usos consumptivos acumulados para o cenário de 2020 nas sub-bacias dos rios Jaguari, Atibaia e baixo Piracicaba e as respectivas disponibilidades hídricas operadas conforme mencionado.

A Figura 3.4 representa a bacia do rio Atibaia. Verifica-se que, mesmo nas projeções dos anos de 2010 e 2020, a disponibilidade hídrica operada é suficiente em 95 % dos meses. Na ocorrência das vazões operadas mínimas absolutas haveria um déficit localizado da ordem de 1,0 m³/s no cenário 2020 na captação de Sousas (seção 72,37 km).

A Figura 3.5 representa a bacia do rio Jaguari. Verifica-se que nos cenários atual e futuro a disponibilidade hídrica operada é suficiente em quaisquer condições hidrológicas.

A Figura 3.6 representa a bacia do baixo Piracicaba. Os usos consumptivos ou demandas com retorno são de baixa magnitude e, por vezes negativas, indicando que o retorno supera as captações. Verifica-se que nos cenários atual, 2.010 e 2.020 a disponibilidade hídrica operada é suficiente em quaisquer condições hidrológicas.

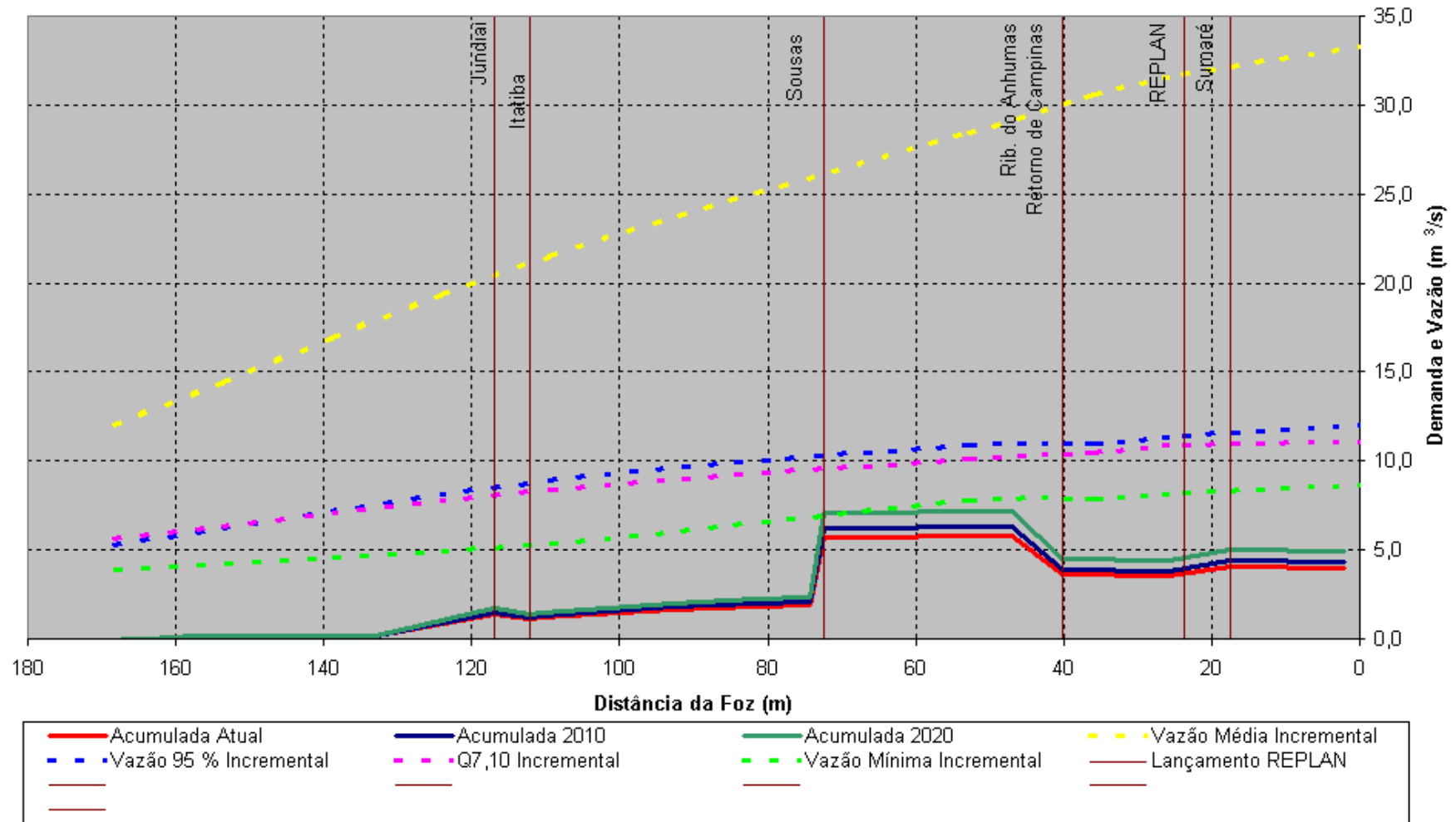


Figura 3.4 – Disponibilidades hídricas operadas e demandas acumuladas com retorno na bacia do rio Atibaia – situação atual e futura

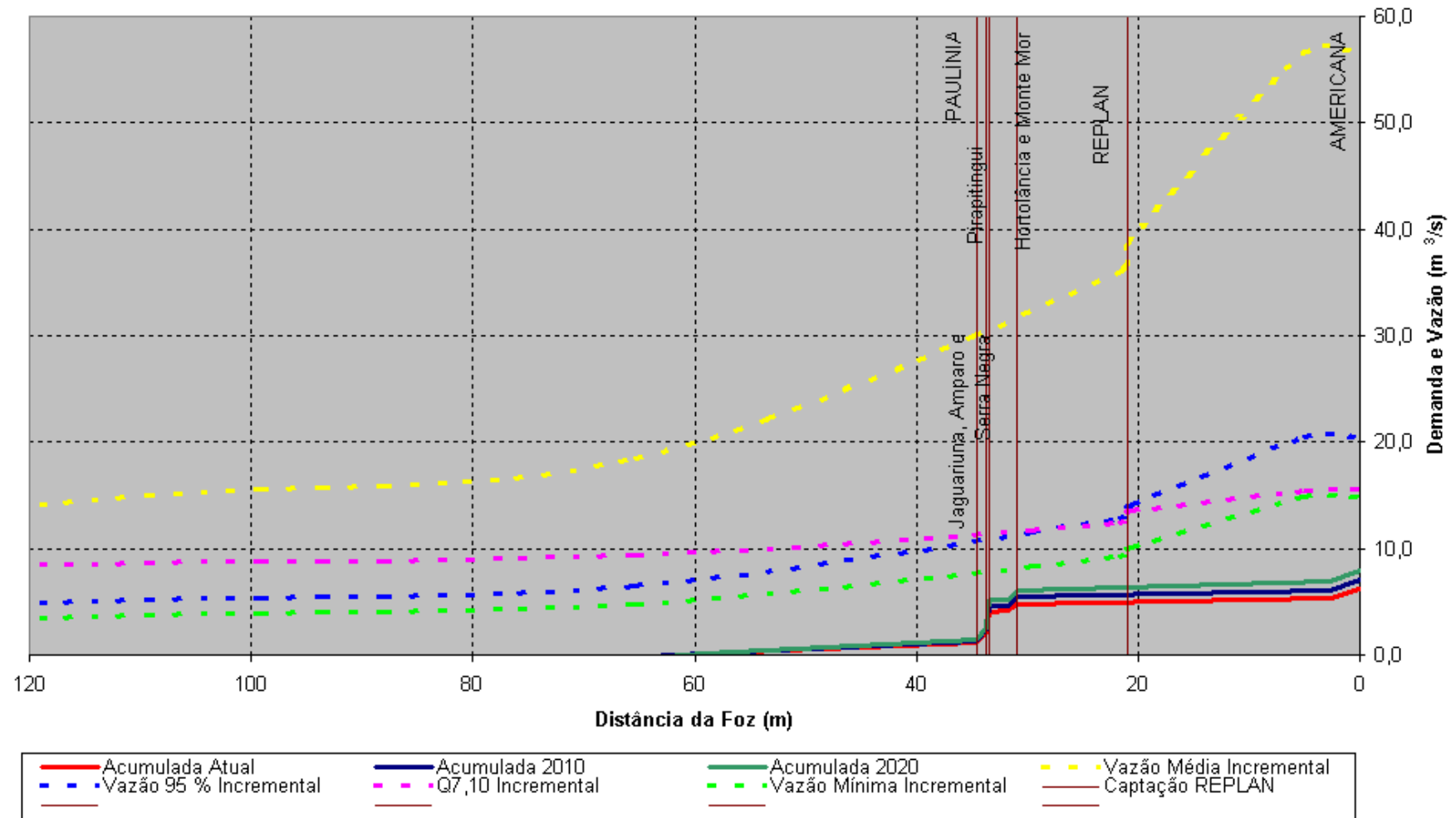


Figura 3.5 – Disponibilidades hídricas operadas e demandas acumuladas com retorno na bacia do rio Jaguari – situação atual e futura

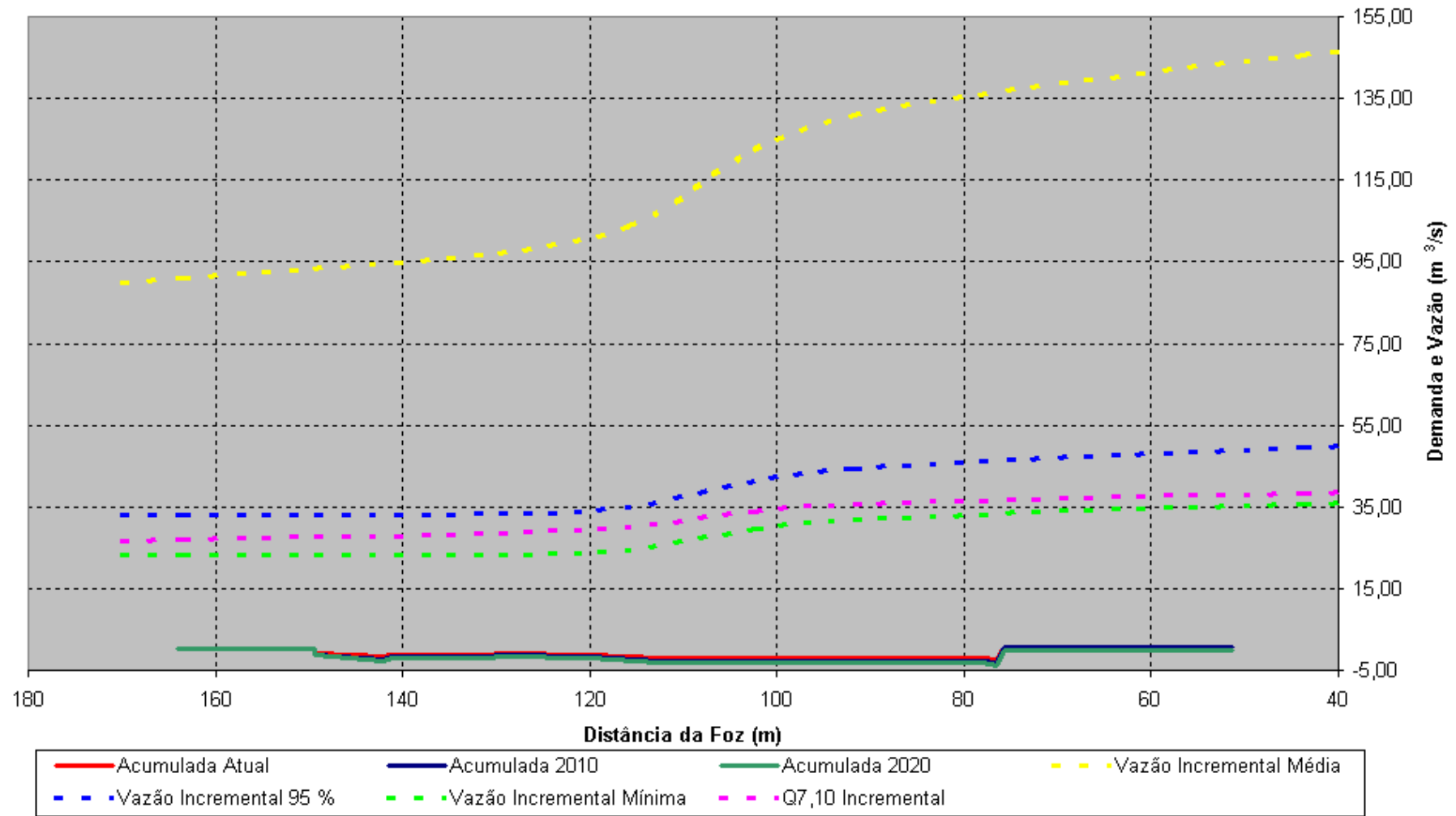


Figura 3.6 – Disponibilidades hídricas operadas e demandas acumuladas com retorno na bacia do rio Piracicaba – situação atual e futura

Os estudos realizados para identificação de aproveitamentos na bacia do rio Piracicaba indicaram 7 eixos para implantação de barragens de regularização de vazões e, eventualmente, para geração de energia hidrelétrica, incluindo:

- ✓ Panorama e Pedreira no rio Jaguari, a montante da confluência com o rio Camanducaia;
- ✓ Rubinho, Duas Pontes e Camanducaia no rio Camanducaia;
- ✓ Cosmópolis, no rio Jaguari, a jusante da confluência com o rio Camanducaia;
- ✓ Pirapitingui, no ribeirão Pirapitingui, afluente do rio Jaguari em Cosmópolis, a jusante da foz do Camanducaia.

A localização desses eixos possíveis de barramento está apresentada na Figura 2.1. Os estudos hidrológicos permitiram determinar as séries de vazões naturais e afluentes médias mensais nos aproveitamentos selecionados.

Foram desenvolvidas as modelagens matemático-operacionais e as simulações da operação dos aproveitamentos. A análise dos resultados revelou que os aproveitamentos Duas Pontes e Pirapitingui apresentaram os melhores desempenhos locais no aumento da disponibilidade hídrica. Os aproveitamentos Rubinho e Pedreira também resultaram em ganhos significativos de disponibilidade hídrica local. Por sua vez, os aproveitamentos Camanducaia, Cosmópolis e Panorama resultaram em ganhos locais pouco expressivos.

Foi avaliado, também, o potencial energético destes aproveitamentos através da estimativa da energia assegurada e da potência instalada. Os aproveitamentos estudados apresentaram energia assegurada entre 1,0 e 5,3 MWmed com potências instaladas entre 1,6 e 8,8 MW.

A análise do desempenho dos aproveitamentos quanto à disponibilidade hídrica do rio Jaguari na Captação da REPLAN revelou que a implantação dos aproveitamentos Rubinho e Camanducaia no rio Camanducaia não resulta em ganhos. Por sua vez, os aproveitamentos Pedreira e Panorama resultam nos maiores ganhos de disponibilidade hídrica, entre 2 e 3 m³/s ou 24%. O aproveitamento Duas Pontes no rio Camanducaia apresentou um bom desempenho local e também no aumento da disponibilidade hídrica na captação da REPLAN, resultando em ganhos de disponibilidade hídrica da ordem de 2 m³/s ou 18%.

O desempenho do aproveitamento Cosmópolis, localizado a jusante da captação da REPLAN, foi avaliado com relação às vazões afluentes no local. O aproveitamento resulta em ganhos de disponibilidade hídrica de 3,7 a 4,4 m³/s ou 35%.

Para a avaliação do limite de ganhos de disponibilidade hídrica através da implantação de aproveitamentos foram desenvolvidas as modelagens e as simulações da operação conjunta dos reservatórios.

A operação conjunta dos aproveitamentos Rubinho, Duas Pontes, Camanducaia, Pedreira e Panorama resultaria em ganhos na disponibilidade hídrica entre 8 e 10 m³/s ou entre 77 e 86%. A operação conjunta dos aproveitamentos Rubinho, Duas Pontes, Camanducaia, Pedreira, Panorama e Cosmópolis resultaria em ganhos na disponibilidade hídrica entre 9 e 11 m³/s ou acima de 80%. A implantação desses aproveitamentos e a sua operação conjunta propiciariam que a disponibilidade hídrica na captação da REPLAN com permanência acima de 90% ficasse similar àquela que seria observada em condições naturais, ou seja, sem o sistema Cantareira.

Com base nos resultados obtidos foi analisada a operação conjunta dos reservatórios de Duas Pontes no rio Camanducaia e Pedreira no rio Jaguari, que resultaria em ganhos na disponibilidade hídrica entre 7,0 e 8,5 m³/s ou entre 66 e 75%, permitindo um desempenho no aumento da disponibilidade hídrica que representa cerca de 85% daquele que seria observado incluindo Rubinho, Camanducaia e Panorama.

4. QUALIDADE DA ÁGUA

Os estudos de qualidade da água foram realizados mediante a modelagem matemática da bacia do Piracicaba, com utilização do modelo OutorgaLS, desenvolvido pelo LabSid – Laboratório de Suporte a Decisão do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo USP.

Para o desenvolvimento deste estudo foram utilizados os dados do cadastro de usuários da bacia, o Plano de Bacias Hidrográficas 2004-2007 dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, dados de qualidade dos postos de monitoramento da CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, dados dos postos fluviométricos do DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica e o estudo de regionalização hidrológica do Estado de São Paulo, através do Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (<http://www.sigrh.sp.gov.br>). A vazão de referência adotada foi a $Q_{95\%}$.

Foram simulados cenários de cargas orgânicas (DBO) para os anos de 2007 e 2025, sendo que em cada cenário foi analisada a situação da outorga da REPLAN (atual e ampliada, considerando valores médios e máximos de captação e lançamento). Estas simulações foram realizadas para verificar a existência de possíveis impactos na qualidade da água na bacia hidrográfica do Piracicaba gerados pela ampliação da outorga da REPLAN. Esta ampliação refere-se aos aumentos da captação superficial no rio Jaguari e lançamento de efluentes no rio Atibaia.

Os resultados simulados mostraram que para os valores médios de lançamento da REPLAN não ocorre impacto sobre a qualidade da água no rio Atibaia. O aumento na concentração da DBO, para os valores máximos de lançamento, foi de 0,2 mg/L (3%) e 1mg/L (12%) para as condições atual e ampliada, respectivamente, no cenário de 2007. No cenário de 2025 o aumento da concentração do parâmetro foi de 0,2 mg/L (2%) e 1,2 mg/L (12%) para as condições atual e ampliada, respectivamente.

Quando avaliados os resultados das simulações nas proximidades do ponto de lançamento da REPLAN, observa-se que a qualidade da água no ponto de jusante do trecho analisado, com 2,05 km, apresenta uma condição melhor que a do trecho de montante ao lançamento da REPLAN devido à capacidade da autodepuração do rio Atibaia.

Após análise dos cenários simulados observou-se que a ampliação da outorga da REPLAN não causará impacto significativo na bacia do rio Piracicaba, mesmo quando considerados os valores máximos previstos.

A qualidade da água foi simulada para verificar também a influência dos novos sete eixos estudados na bacia do rio Piracicaba. Foi analisada a influência no perfil de carga de DBO para uma vazão de referência de 95% com garantia de 100%. A vazão regularizada pelos reservatórios foi incrementada ao modelo OutogaLS.

A operação conjunta dos aproveitamentos Rubinho, Duas Pontes, Camanducaia, Pedreira e Panorama (5 reservatórios) apresentou um cenário favorável de qualidade da água, no ponto de captação da REPLAN, para o parâmetro de DBO em relação à simulação sem os reservatórios, redução de 0,8 mg/L ou 20% para o cenário de 2007 e 1 mg/L ou 21% para o cenário de 2025.

A operação conjunta dos aproveitamentos Rubinho, Duas Pontes, Camanducaia, Pedreira, Panorama e Cosmópolis (6 reservatórios) apresentou resultado equivalente ao da simulação dos 5 reservatórios, pois o reservatório Cosmópolis está a jusante do ponto analisado, não influenciando no resultado da simulação da qualidade.

A operação conjunta dos aproveitamentos Duas Pontes no rio Camanducaia e Pedreira no rio Jaguari (2 reservatórios) resultou em uma redução da DBO de 0,6 mg/L ou 14 % para 2007 e 0,7 mg/L ou 15 % para 2025, no ponto de captação da REPLAN.

Os reservatórios Duas Pontes, no rio Camanducaia, e Pedreira, no rio Jaguari, apresentam maior influência na qualidade da água no ponto de captação da REPLAN, quando analisados isoladamente.

A bacia do rio Piracicaba apresentou uma melhoria significativa nos rios Camanducaia, Jaguari e Piracicaba quando analisado o cenário de qualidade da água com a operação dos diferentes conjuntos de reservatórios propostos.

Os estudos de modelagem da qualidade da água estão apresentados na íntegra no Volume IV deste RT-3/RT-4.

5. ESTUDOS PARA A BACIA DO RIO CAMANDUCAIA E ÁREA DE INFLUÊNCIA DA REPLAN

5.1 AVALIAÇÃO DOS EIXOS ESTUDADOS

Cada um dos eixos estudados teve suas características principais avaliadas de modo a possibilitar uma comparação entre eles e o estabelecimento dos melhores eixos, considerando os aspectos de Engenharia e ambientais, conforme definido nas condições do edital. A seguir é apresentada esta avaliação para cada um dos eixos estudados. A localização dos eixos estudados foi apresentada na Figura 2.1. O Quadro 5.1 apresenta um resumo da influência da implantação de cada um dos aproveitamentos nas vazões afluentes na seção de captação da REPLAN no rio Jaguari.

As análises apresentadas a seguir consideram os resultados obtidos com 95% de garantia.

QUADRO 5.1
RESUMO ESTATÍSTICO-OPERACIONAL DAS VAZÕES AFLUENTES NA CAPTAÇÃO DA REPLAN PARA A OPERAÇÃO COM VAZÃO OBJETIVO COM GARANTIA DE 95 %

Parâmetros Hidrológico-Estatísticos	Rio Jaguari na Captação da REPLAN							Rio Jaguari na Barragem de Cosmópolis	
	Vazões Naturais	Vazões Afluentes	Vazões Afluentes com Panorama	Vazões Afluentes com Pedreira	Vazões Afluentes com Rubinho	Vazões Afluentes com Duas Pontes	Vazões Afluentes com Camanducaia	Vazões Afluentes em Cosmópolis	Vazões Defluentes com Cosmópolis
Rio	rio Jaguari	rio Jaguari	rio Jaguari	rio Jaguari	rio Jaguari	rio Jaguari	rio Jaguari	rio Jaguari	rio Jaguari
Área de Drenagem (km ²)	3.238	3.238	3.238	3.238	3.238	3.238	3.238	3.450	3.450
vazão específica (l/s/km ²)	17,5	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,5	11,5
média (m ³ /s)	56,5	36,1	36,1	36,1	36,1	36,1	36,1	39,8	39,8
máximo (m ³ /s)	292,6	272,6	272,6	272,6	272,6	272,6	272,6	292,0	292,0
mínimo (m ³ /s)	14,6	9,3	10,1	10,8	9,8	10,5	10,1	10,3	10,3
desvio-padrão (m ³ /s)	37,4	29,1	28,6	28,6	29,0	28,4	29,0	31,5	31,3
coef. de variação (%)	66	81	79	79	81	79	80	79	79
Permanência (%)	Vazões Garantidas (m ³ /s)							Vazões Garantidas (m ³ /s)	
1	173,6	142,9	142,9	142,9	142,9	142,9	142,9	156,5	156,5
2	153,8	125,6	125,6	125,6	125,6	125,6	125,6	135,6	135,6
3	143,3	109,4	109,4	109,4	109,4	109,4	109,4	118,2	118,2
5	129,2	95,3	95,3	95,3	95,3	95,3	95,3	103,9	103,9
10	108,1	72,1	71,7	71,5	71,8	70,6	72,1	80,2	80,2
15	96,8	59,3	58,3	58,3	59,3	58,3	59,3	65,7	64,9
20	80,6	51,0	49,5	49,4	51,0	48,8	50,7	56,4	56,1
25	72,3	44,5	43,5	43,1	44,5	42,0	44,5	49,8	49,3
30	63,7	38,8	37,6	37,0	38,7	36,3	38,7	42,8	42,8
35	56,8	33,5	32,4	32,3	33,3	32,0	33,4	37,2	36,9
40	51,6	29,7	29,3	28,9	29,7	28,7	29,7	33,2	32,9
45	47,4	27,1	26,2	26,2	27,1	26,0	27,1	30,4	29,8
50	43,5	25,2	24,5	24,5	25,0	24,8	25,1	28,0	27,7
55	40,6	23,7	23,3	23,1	23,7	23,5	23,6	26,4	25,9
60	38,1	21,8	21,5	21,5	21,7	22,1	21,4	24,3	23,6
65	34,8	20,1	20,4	20,5	20,1	21,0	20,0	22,4	21,9
70	32,6	18,8	19,4	19,5	18,7	20,3	18,7	20,9	20,4
75	30,2	17,7	18,6	18,8	17,6	19,6	17,7	19,5	18,9
80	28,0	16,7	18,0	18,2	16,8	18,8	16,8	18,6	18,2
85	26,2	15,8	17,4	17,6	15,9	17,8	16,0	17,6	18,2
90	24,2	14,6	16,5	16,8	14,7	16,6	14,7	16,2	18,2
95	20,9	12,9	15,5	15,8	13,1	15,4	13,2	14,3	18,0
98	18,6	11,8	13,1	13,7	12,1	13,8	12,2	13,2	14,0
100	14,6	9,3	10,1	10,8	9,8	10,5	10,1	10,3	10,3

5.1.1 Barramento Rubinho

Localizado no rio Camanducaia, o eixo de barramento Rubinho é o aproveitamento mais a montante estudado naquele rio. Com área de drenagem de 234 km², este eixo controla cerca de 23% da área da bacia do rio Camanducaia e 7% da bacia contribuinte na seção de captação de água da REPLAN. Como consequência, apesar de propiciar um ganho significativo localmente (Figura 5.1), sua influência no rio Jaguari junto à captação da REPLAN e a jusante é inexpressiva, conforme pode ser observado no Quadro 5.1.

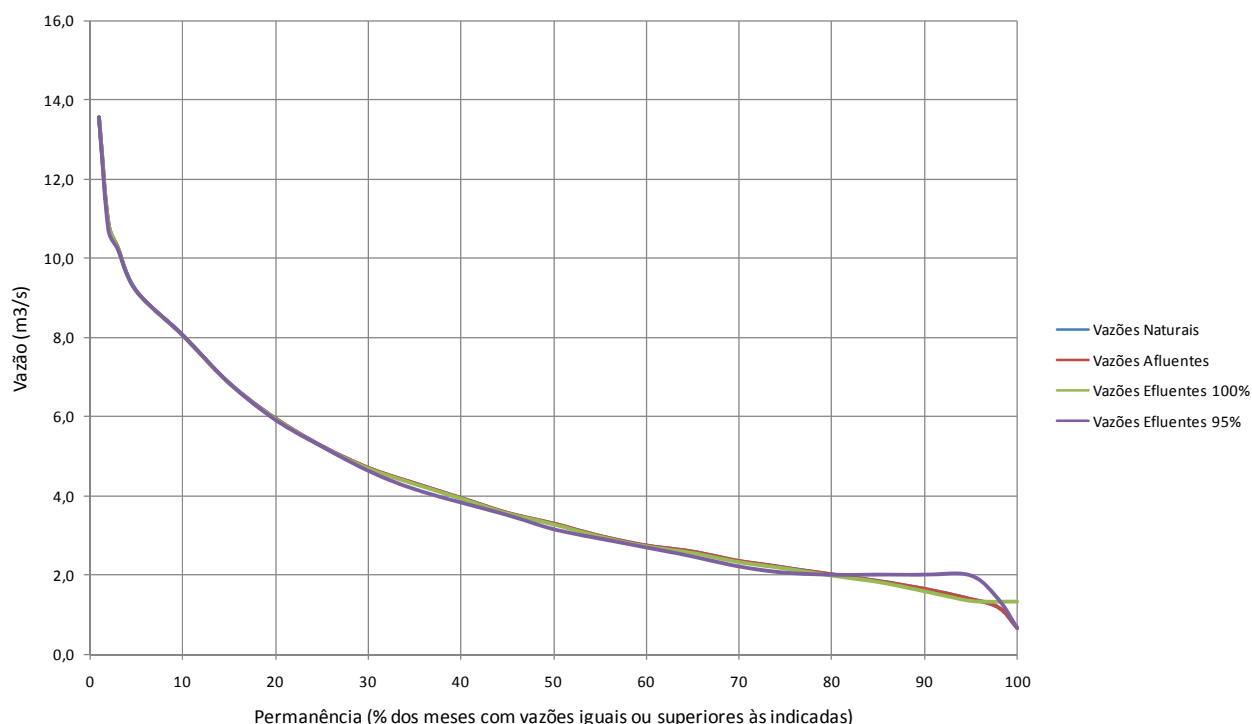


Figura 5.1 – Permanência das vazões médias mensais do rio Camanducaia em Rubinho

5.1.2 Barramento Duas Pontes

O barramento Duas Pontes está localizado já próximo à foz do rio Camanducaia. Com área da bacia contribuinte de 863 km², este barramento controla cerca de 83% da área da bacia do rio Camanducaia e 28% da bacia contribuinte na seção de captação da REPLAN no rio Jaguari.

Com um volume útil significativo, localmente as vazões efluentes com garantia de 95% quase que dobram as vazões naturais, conforme pode ser avaliado na Figura 5.2. Este incremento, aliado à relação de áreas de drenagem provoca um aumento significativo na região da captação da REPLAN (e a jusante da mesma), conforme pode ser observado no Quadro 5.1, onde o incremento da vazão com permanência de 95% é de 12,9 para 15,4 m³/s, ou seja, de 19%.

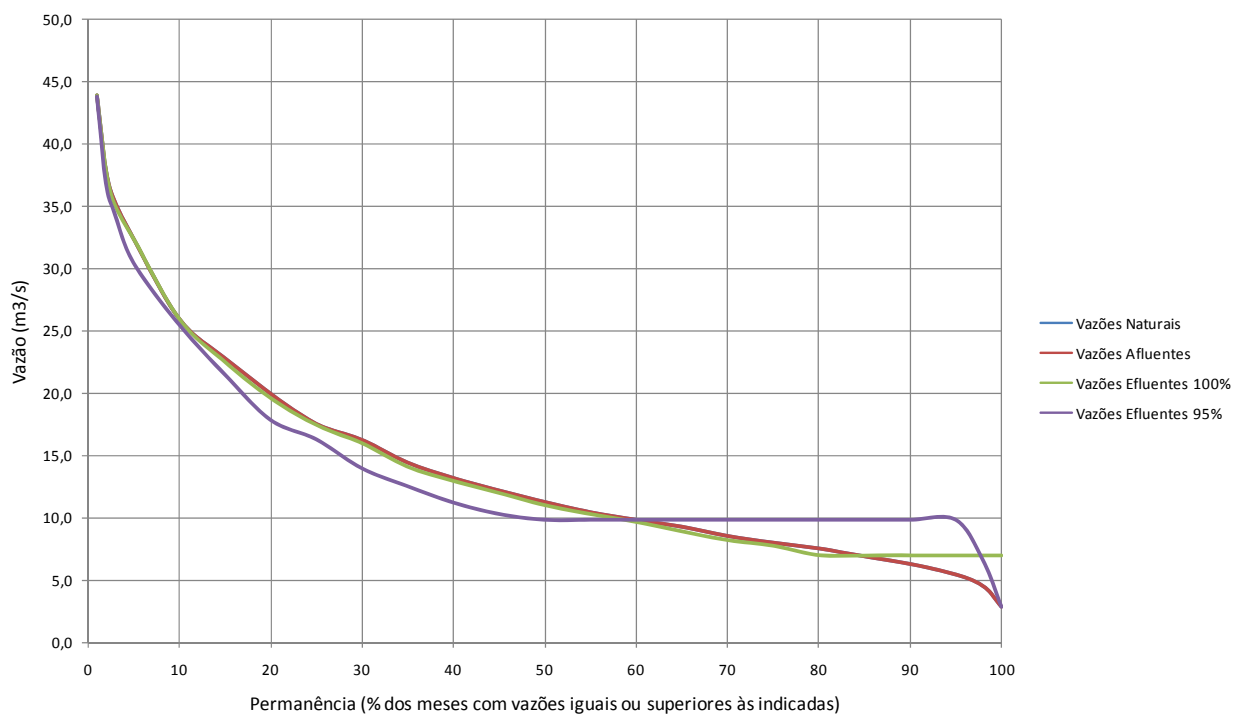


Figura 5.2 – Permanência das vazões médias mensais do rio Camanducaia em Duas Pontes

5.1.3 Barramento Camanducaia

Controlando uma área de drenagem de 896 km², ou seja, 86% da bacia do rio Camanducaia e 28% da área de drenagem do rio Jaguari na captação da REPLAN, o barramento Camanducaia tem seu volume de acumulação limitado para evitar a inundação da Rodovia Pref. Aziz Lian (SP-107). Como consequência tem um volume útil pequeno para regularização das afluições, razão pela qual apresenta um desempenho pouco significativo no aumento da disponibilidade hídrica local, conforme pode ser observado na Figura 5.3. Quando avaliado o incremento no rio Jaguari junto à captação da REPLAN (Quadro 5.1) o aumento das vazões com permanência de 95% resulta em valor da ordem de 2%.

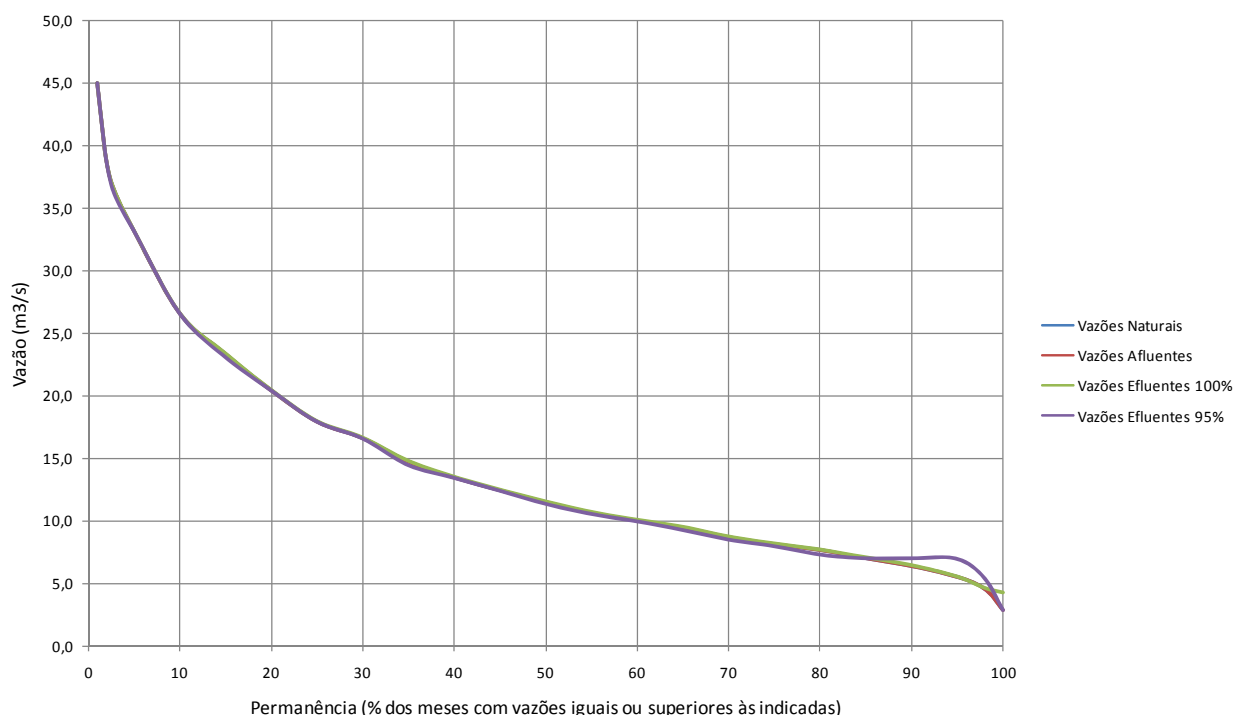


Figura 5.3 – Permanência das vazões médias mensais do rio Camanducaia em Camanducaia

5.1.4 Barramento Panorama

Sendo o eixo mais a montante estudado no rio Jaguari, o barramento de Panorama tem área de drenagem de 2.095 km², ou seja, 65% da área na seção de captação da REPLAN no rio Jaguari. Conforme pode ser visto na Figura 5.4, o ganho de disponibilidade hídrica local é significativo, com incremento de 37%, para as vazões com permanência de 95%. Na seção de captação da REPLAN (Quadro 5.1) a disponibilidade hídrica é aumentada, passando as vazões com permanência de 95% de 12,9 para 15,5 m³/s, ou seja, 20%.

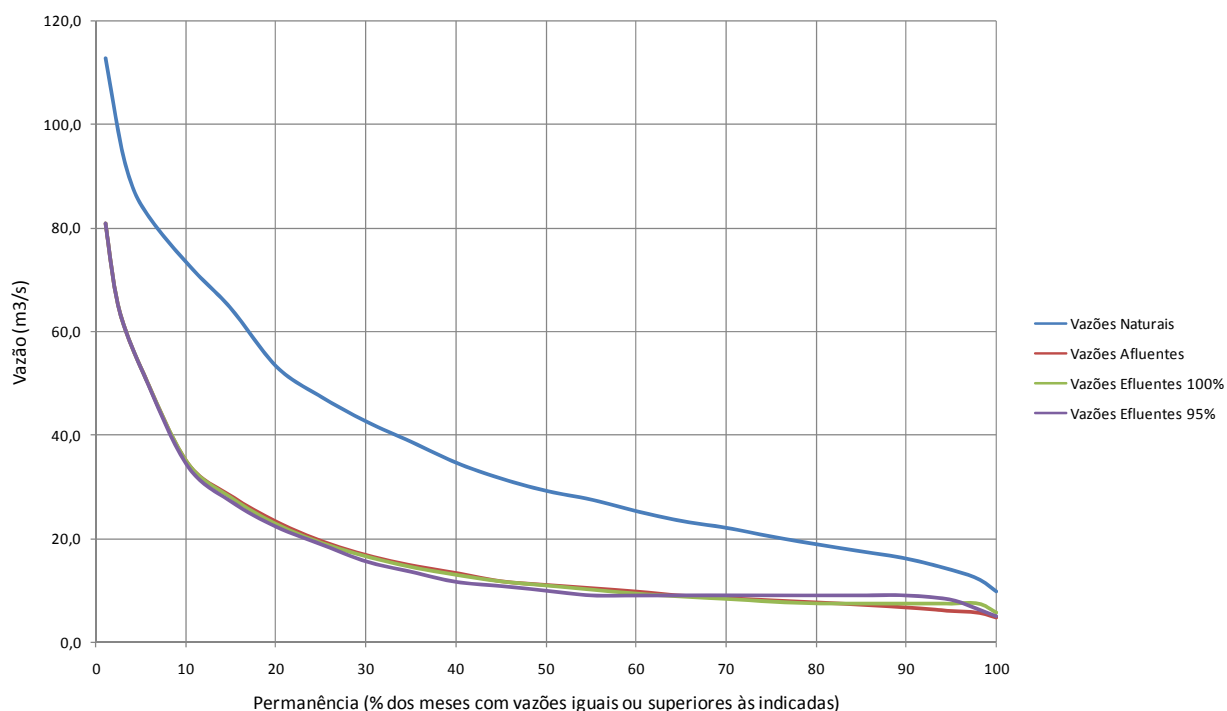


Figura 5.4 – Permanência das vazões médias mensais do rio Jaguari em Panorama

5.1.5 Barramento Pedreira

Localizado a jusante do eixo de barramento de Panorama, o eixo de barramento de Pedreira controla uma área de drenagem de 2.163 km², ou seja, 67% da área de drenagem na captação da REPLAN no rio Jaguari. Conforme pode ser observado na Figura 5.5, o aumento da disponibilidade local com a implantação deste barramento é significativo, resultando em incremento de 52% para as vazões com permanência de 95%. Quando analisada a seção de captação da REPLAN no rio Jaguari, a disponibilidade hídrica é aumentada, passando as vazões com 95% de permanência de 12,9 para 15,8 m³/s, ou seja, 22% de aumento.

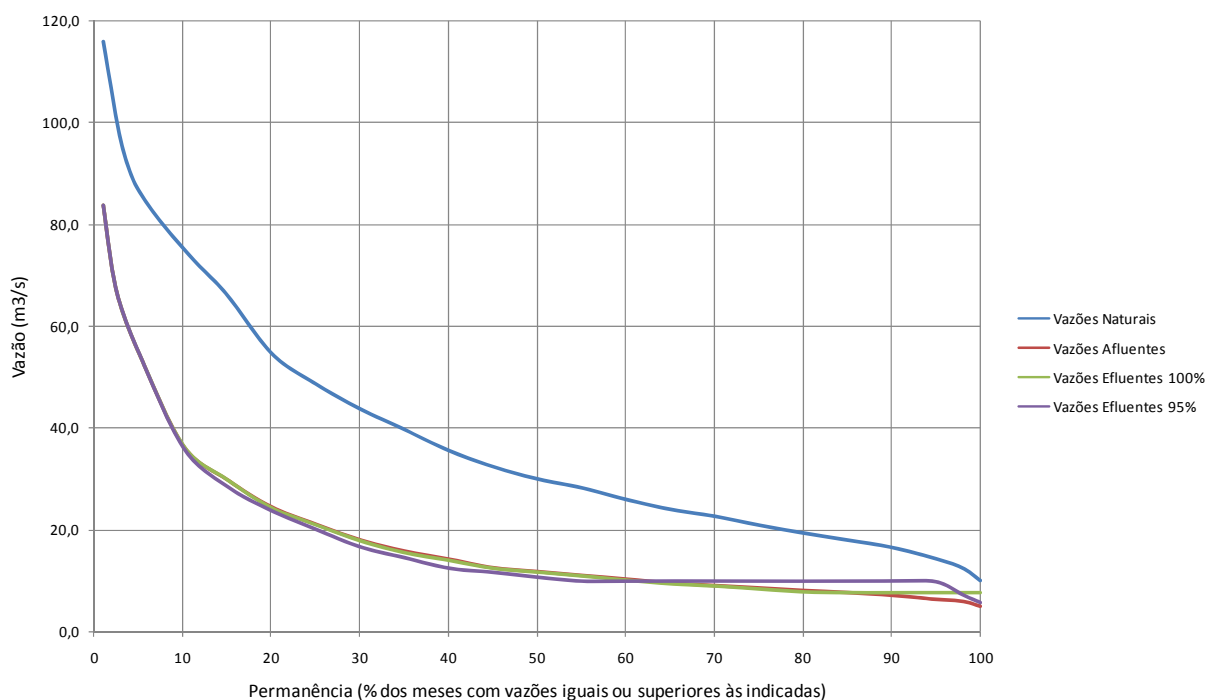


Figura 5.5 – Permanência das vazões médias mensais do rio Jaguari em Pedreira

5.1.6 Barramento Cosmópolis

Situado imediatamente a jusante da seção de captação da REPLAN no rio Jaguari, o barramento de Cosmópolis controla uma área de drenagem de 3.450 km², 7% superior à área da bacia na captação. Conforme pode ser observado na Figura 5.6, o incremento de disponibilidade hídrica local é significativo passando as vazões com permanência de 95% de 14,3 para 18,0 m³/s (26%).

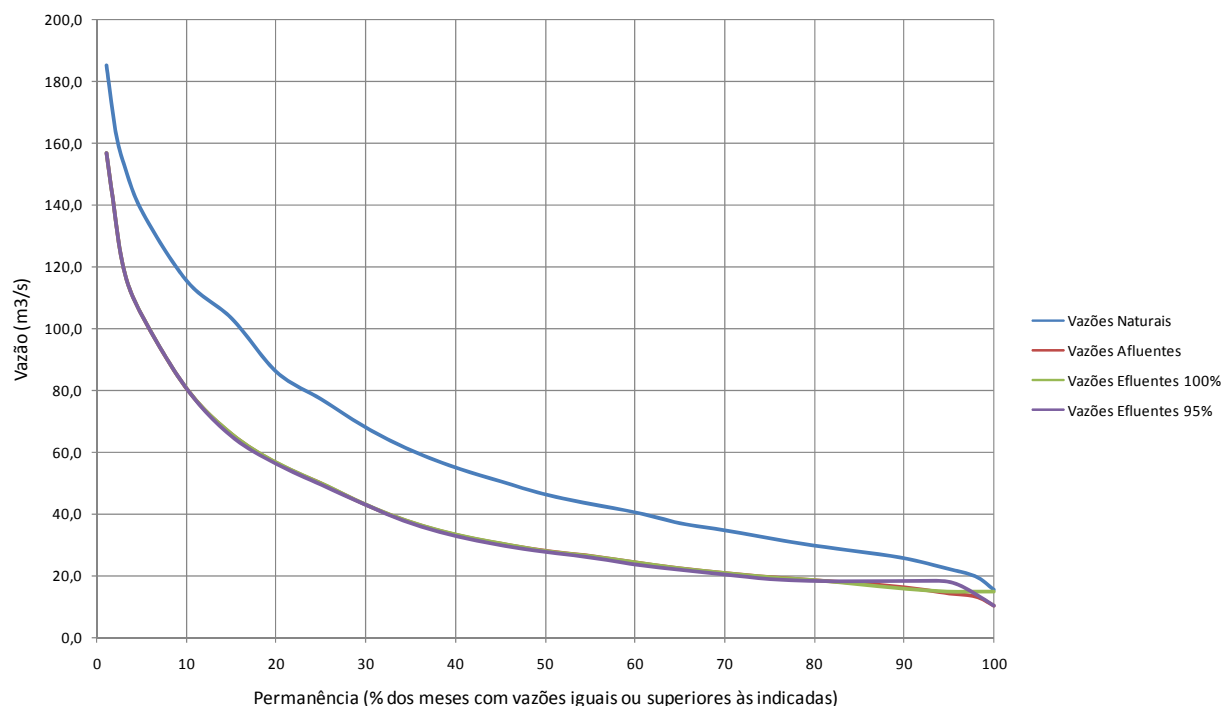


Figura 5.6 – Permanência das vazões médias mensais do rio Jaguari em Cosmópolis

5.1.7 Barramento Pirapitingui

O ribeirão Pirapitingui é um afluente do rio Jaguari pela margem direita, a jusante do barramento de Cosmópolis. No eixo de barramento a área de drenagem é de 438 km². Com a implantação do barramento, as vazões garantidas com permanência de 95% dobram, passando de 2,5 para 5,0 m³/s. A Figura 5.7 apresenta as curvas de permanência de vazões para este barramento.

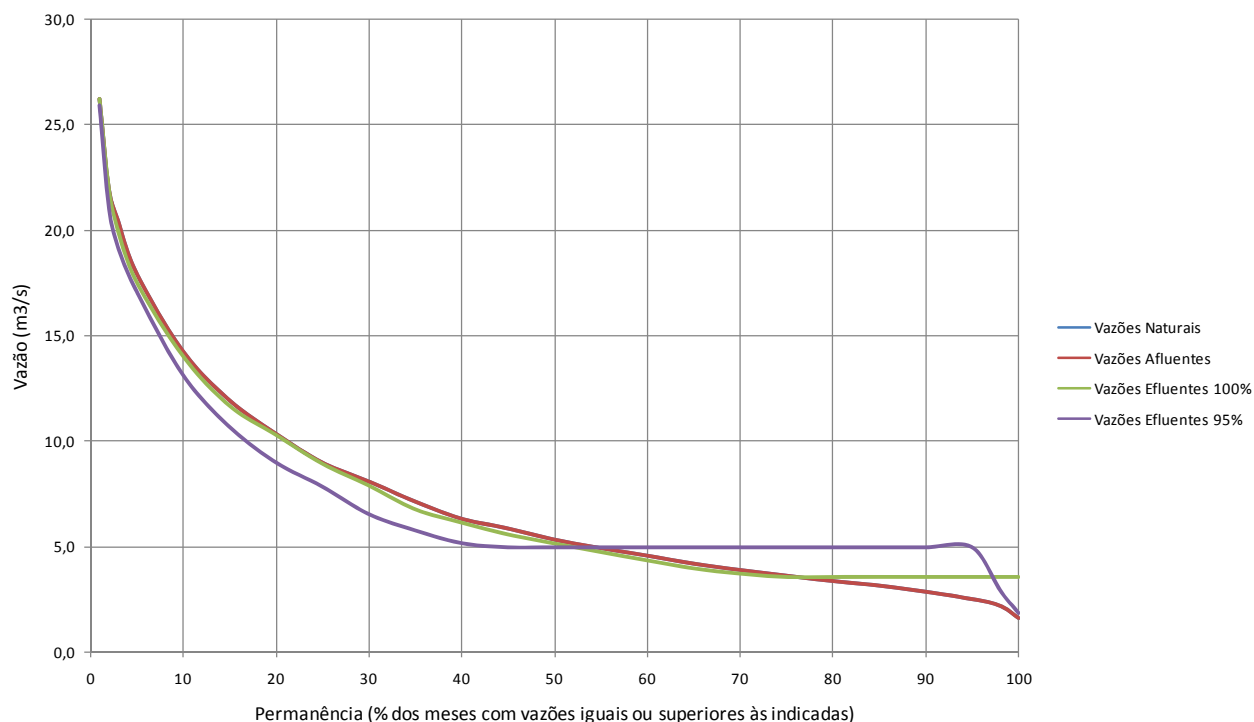


Figura 5.7 – Permanência das vazões médias mensais do ribeirão Pirapitingui em Pirapitingui

5.2 CUSTO DE CONSTRUÇÃO DOS BARRAMENTOS

Visando possibilitar comparação preliminar entre os custos de construção dos barramentos estudados, foi realizada estimativa desses custos considerando como parâmetro para avaliação a implantação de uma barragem de Concreto Compactado a Rolo em cada local.

Para esta estimativa foram obtidas as seções transversais dos eixos de barramento. Nestes locais foi calculado o volume de Concreto Compactado a Rolo, necessário para fechamento da seção, considerando as seguintes hipóteses:

- ✓ paramentos de montante vertical e de jusante com inclinação 0,75H:1,0V;
- ✓ base da estrutura coincidente com o perfil do terreno;
- ✓ cota da crista 5,0 m acima do NA máximo normal, considerando alturas de 3,0 m para funcionamento do vertedouro e 2,0 m de borda livre.

O Quadro 5.2 apresenta os volumes de CCR obtidos com esta metodologia. No mesmo quadro é apresentada a área inundada 5,0 m acima do NA máximo normal, ou seja, na cota prevista para a crista do barramento, considerada uma estimativa das áreas necessárias de desapropriação para cada um dos reservatórios.

QUADRO 5.2
CONSTRUÇÃO DOS BARRAMENTOS

<i>Barramento</i>	<i>Volume de CCR m³</i>	<i>Área Inundada ha</i>
Rubinho	94.664	43,2
Duas Pontes	211.185	680,9
Camanducaia	158.449	111,3
Panorama	128.132	533,0
Pedreira	231.266	297,2
Cosmópolis	20.711	650,8
Pirapitingui	35.868	1.537,4

Complementando as estimativas de custo de implantação dos barramentos foi utilizado o custo unitário de R\$ 115,40 para execução do CCR, o qual foi aplicado aos volumes de CCR, obtendo-se uma avaliação do custo de construção dos barramentos.

Para avaliar o custo de desapropriação da área do reservatório é necessário conhecer o valor das terras na região. Para referência desta estimativa foi consultado o banco de dados da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo obtendo-se os resultados da pesquisa realizada por aquele órgão para o valor de Imóveis Rurais com Benfeitorias para a região de Campinas. Os resultados obtidos estão apresentados no Quadro 5.3.

QUADRO 5.3
VALOR DE IMÓVEIS RURAIS COM BENFEITORIAS – REGIÃO DE CAMPINAS – (R\$/HA)

	<i>Ano</i>	<i>Mês</i>	<i>Menor</i>	<i>Maior</i>	<i>Médio</i>	<i>Moda</i>	<i>Mediana</i>	<i>Número de Informantes</i>	<i>Número de Municípios</i>
PROPRIEDADE ACIMA DE 242,00 HA	2008	6	6.198,35	33.057,85	18.595,04	20.661,16	16.528,93	6	17
PROPRIEDADE COM MENOS DE 7,26 HA	2008	6	16.528,93	49.586,78	33.832,64	28.925,62	28.925,62	8	17
PROPRIEDADE DE 24,20 A 72,60 HA	2008	6	12.396,69	41.322,31	24.839,30	20.661,16	20.661,16	9	17
PROPRIEDADE DE 7,26 A 24,20 HA	2008	6	14.462,81	43.388,43	25.723,14	24.793,39	24.380,17	8	17
PROPRIEDADE DE 72,60 A 242,00 HA	2008	6	7.438,02	37.190,08	21.384,30	37.190,08	18.595,04	8	17

Conforme pode ser verificado no Quadro 5.3 a faixa de variação de preços é muito ampla, com valores de R\$ 6.200,00 a R\$ 49.590,00, ou seja, relação de quase dez vezes. Se forem considerados os valores médios das diversas faixas de tamanho de propriedades a variação diminui para uma relação inferior a 2, resultando valores entre R\$18.600,00 e R\$ 33.800,00. Utilizando o valor médio dessas faixas, ou seja, R\$24.875,00 foi realizada a estimativa do custo das terras para formação do reservatório.

O Quadro 5.4 apresenta os resultados obtidos para o custo de implantação dos barramentos avaliados neste estudo.

QUADRO 5.4
CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DOS BARRAMENTOS

<i>Barragem</i>	<i>Custo</i>	<i>Reservatório</i>	<i>Total</i>
CAMANDUCAIA	R\$ 18.285.056	R\$ 1.074.595	R\$ 19.359.651
DUAS PONTES	R\$ 24.370.719	R\$ 16.937.306	R\$ 41.308.025
RUBINHO	R\$ 10.924.205	R\$ 2.768.574	R\$ 13.692.780
PANORAMA	R\$ 14.786.432	R\$ 13.258.311	R\$ 28.044.743
PEDREIRA	R\$ 26.688.126	R\$ 7.392.814	R\$ 34.080.940
COSMÓPOLIS	R\$ 2.390.017	R\$ 16.188.572	R\$ 18.578.589
PIRAPITINGUI	R\$ 4.139.158	R\$ 38.242.641	R\$ 42.381.798

É interessante observar que na maioria dos barramentos o custo de construção é predominante sobre o custo de desapropriação, entre 96% do custo total (Barragem Camanducaia) e 61% (Barragem de Panorama). Nas barragens de Cosmópolis e Piratingui esta relação é invertida, resultando porcentagens do custo total de 17% e 13% para o custo de construção.

5.3 ESTABELECIMENTO DOS MELHORES EIXOS

A indicação dos melhores eixos que atendam às necessidades do PCJ é uma tarefa que envolve diversas atividades não previstas no escopo do presente trabalho, incluindo:

- ✓ avaliação dos impactos ambientais resultantes da implantação dos barramentos. Neste estudo, conforme previsto no Plano de Trabalho da ENGEORPS, foi realizada uma inspeção *in loco* de cada eixo avaliado, identificando-se o estado de conservação da mata ciliar no local, a condição geral dos corredores genéticos diretamente afetados, e as interferências resultantes da implantação dos barramentos na infra-estrutura existente e em eventuais áreas urbanizadas. A decisão pela implantação das opções avaliadas demandará um maior detalhamento dos impactos ambientais resultantes, bem como a consideração do balanço entre impactos positivos – com foco no aumento da oferta de água – e negativos, nomeadamente a perda de áreas vegetadas e seus efeitos nos ecossistemas terrestres e aquáticos. Além disso, será necessária a elaboração de estudos ambientais obrigatórios para licenciamento dos empreendimentos, contemplando temas típicos de estudos com este objetivo, entre os quais, as etapas de diagnóstico e avaliação de impactos;
- ✓ orçamentação das obras e desapropriações, relocações, etc. com nível de precisão muito superior às estimativas de custo realizadas. De acordo com as diretrizes estabelecidas no escopo do trabalho, em termos de custo de implantação foi feita uma estimativa desses custos, utilizando valores paramétricos.

Assim, a avaliação dos melhores eixos pode ser realizada considerando aspectos isolados. Sob o aspecto de capacidade de regularização os resultados indicaram que os melhores eixos entre os avaliados foram os de Pedreira e Duas Pontes.

No entanto, deve ser registrado que o eixo Camanducaia, anteriormente indicado pelo Hidroplan teve seus resultados afetados diretamente pela restrição imposta de evitar a inundação da rodovia Pref. Aziz Lian. No caso de se considerar a inundação desta rodovia, incluindo os custos de relocação no orçamento das obras, seu reservatório será ampliado, resultando em maior capacidade de regularização, a qual será semelhante à do reservatório Duas Pontes se o alteamento for realizado em cotas que possibilitem volumes iguais de acumulação.

Outro aspecto que foi verificado no estudo foi o de que com a construção de dois barramentos a regularização resultante é da ordem de 85% da regularização obtida com a construção de todos os barramentos estudados a montante da REPLAN. Os dois barramentos para os quais foi avaliado este resultado foram os barramentos de Pedreira e Duas Pontes. Resultados semelhantes de regularização devem ser obtidos no caso de substituição de qualquer destas duas barragens pelas barragens de Camanducaia e/ou Panorama, desde que estes barramentos tenham seus níveis elevados de forma a que seus volumes sejam iguais aos de Pedreira e Duas Pontes.

No aspecto custo de construção as avaliações efetuadas resultaram em custos de construção e de desapropriação variando entre R\$ 18.400.000,00 (Rubinho) e R\$ 51.800.000,00 (Duas Pontes).

Para uma primeira avaliação da relação entre o custo dos barramentos e o incremento na disponibilidade hídrica foi elaborado o Quadro 5.5 estabelecendo classes de custo e de capacidade de regularização.

QUADRO 5.5
CLASSIFICAÇÃO DOS BARRAMENTOS ESTUDADOS

<i>Incremento na Disponibilidade Hídrica</i>	<i>Custo de Implantação Estimado em milhões de Reais</i>			
	<i>Até 15</i>	<i>De 15 a 25</i>	<i>De 25 a 35</i>	<i>Mais de 35</i>
ATÉ 1 m ³ /s	RUBINHO	CAMANDUCAIA		
DE 1 A 2 m ³ /s				
DE 2 A 3 m ³ /s			PANORAMA	PIRAPITINGUI
MAIS DE 3 m ³ /s		COSMÓPOLIS	PEDREIRA	DUAS PONTES

Da análise do Quadro 5.5 em conjunto com as informações anteriores pode-se afirmar:

- ✓ o barramento de Rubinho, situado nas cabeceiras do rio Camanducaia resultou no barramento mais barato e com menor significado para a regularização de vazões da bacia;

- ✓ os barramentos de Camanducaia, Panorama, Duas Pontes e Pedreira têm potencial para regularização de vazões, sendo que suas dimensões podem ser ajustadas, resultando em custos e regularização maiores ou menores;
- ✓ o barramento de Cosmópolis, situado imediatamente a jusante da REPLAN e nas proximidades da foz do rio Jaguari apresenta características de baixo custo aliadas a grande potencial de regularização. Este barramento tem a contra-indicação de estar situado a jusante dos principais usos da bacia do rio Jaguari;
- ✓ o barramento de Pirapitingui é caro mas tem um potencial de regularização significativo. No entanto, sua localização em afluente na porção jusante da bacia, resulta em baixo aproveitamento das vazões regularizadas.

5.4 OPÇÕES PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO

5.4.1 Utilização de Águas Subterrâneas como Mananciais Complementares nas Sub-Bacias dos rios Camanducaia e Jaguari

Na área das bacias dos rios Jaguari e Camanducaia, ocorrem aquíferos relacionados às formações geológicas do subsolo, respectivamente:

- ✓ aquífero cenozóico que corresponde ao lençol freático superficial;
- ✓ aquífero Serra Geral que corresponde às rochas efusivas básicas do período juro-cretáceo;
- ✓ aquífero Passa Dois, que corresponde aos sedimentos permianos da Bacia Sedimentar do Paraná;
- ✓ aquífero Tubarão, correspondente aos sedimentos permo-carboníferos da Bacia Sedimentar do Paraná; e
- ✓ aquífero contido nas rochas do embasamento cristalino de idade pre-cambriana.

A disponibilidade hídrica subterrânea é de 3,24 m³/s para a sub-bacia do Jaguari e de 1,05 m³/s para a sub-bacia do Camanducaia, segundo dados do Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2004/2006, assim distribuídos pelos diferentes aquíferos:

Para a sub-bacia do Jaguari:	Cenozoico.....	0,13 m ³ /s
	Diabasio.....	0,15 m ³ /s
	Passa Dois.....	0,01 m ³ /s
	Tubarão	1,00 m ³ /s
	Cristalino.....	1,95 m ³ /s

Para a sub-bacia do Camanducaia: Cenozoico.....	0,03 m ³ /s
Diabásio.....	0,01 m ³ /s
Passa Dois	(sem informação)
Tubarão.....	0,05 m ³ /s
Cristalino.....	0,98 m ³ /s

A utilização de águas subterrâneas nas sub-bacias do Jaguari e Camanducaia é de, respectivamente, 0,20 e 0,10 m³/s, dos quais mais de 50% são para uso urbano e subsidiariamente para uso industrial e rural. A exploração se dá essencialmente nos aquíferos Cristalino e Tubarão, segundo dados do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos e do Cadastro de Usuários das Bacias PCJ.

O cadastro de poços tubulares abertos no aquífero cristalino apresenta 13 poços em Minas Gerais e 193 poços em São Paulo, com profundidades de até 300 m e vazões relativamente baixas, na grande maioria, abaixo de 10 m³/h e com um máximo de 70 m³/h.

O aquífero Tubarão é explorado apenas em São Paulo, através de 148 poços tubulares, com vazões igualmente baixas, inferiores a um máximo de 30 m³/h.

A Figura 5.8 exhibe as áreas de ocorrência dos aquíferos Tubarão e Cristalino, respectivamente onde afloram os sedimentos permo-carboníferos do Grupo Tubarão e as rochas do embasamento cristalino dentro das bacias hidrográficas dos rios Jaguari e Camanducaia.

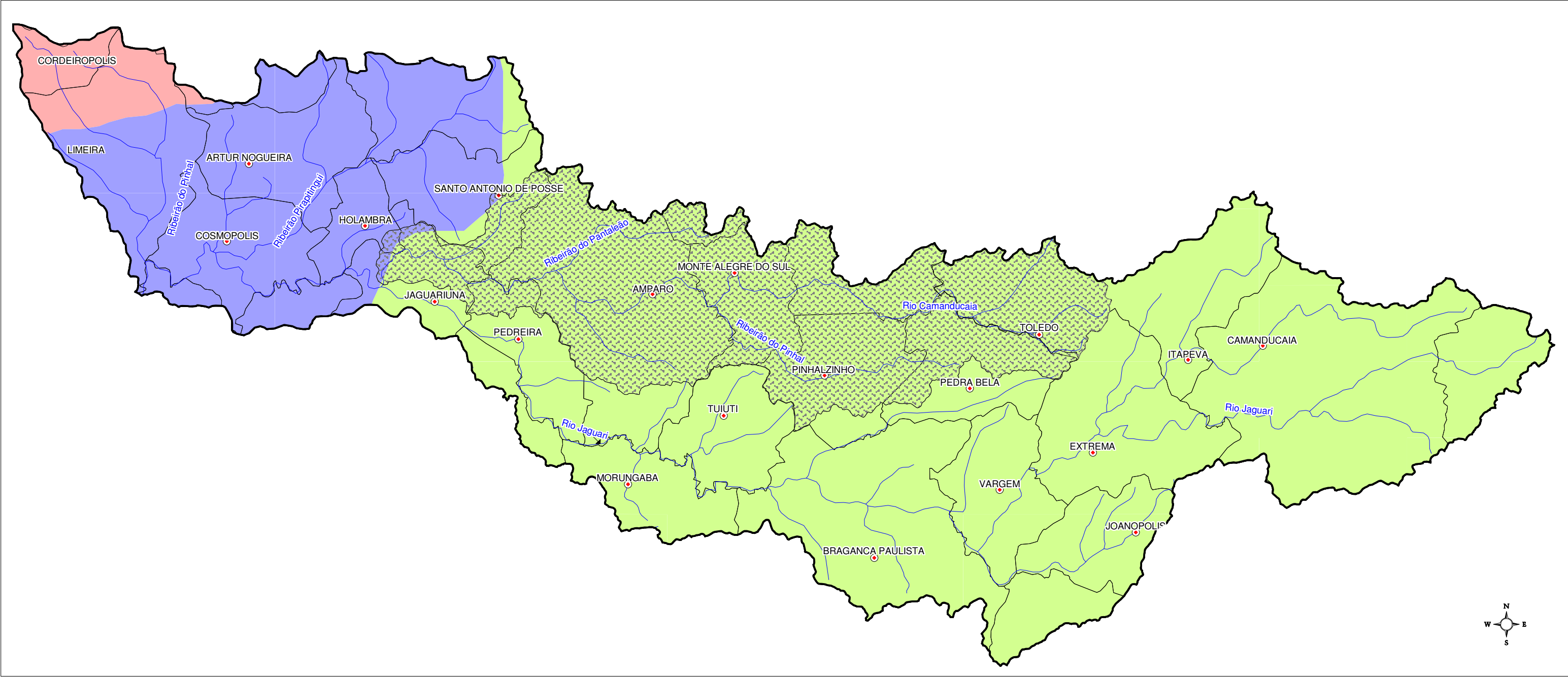
No canto noroeste da bacia ocorre a Formação Passa Dois de idade permeana, a qual, pela sua constituição litológica onde predominam sedimentos de constituição silto-argilosa, pode ser considerada um aquíclode, ou seja, não produtor de água subterrânea.

O aquífero cristalino é do tipo aquífero fissural, no qual a água se acumula nas fissuras, diaclases, falhas e trincas abertas do maciço rochoso e tendem a um fechamento progressivo em profundidade. Por esta razão os poços tubulares tendem a ter profundidade limitada a cerca de 100 m de profundidade.

O aquífero Tubarão é um aquífero do tipo poroso, no qual a água se acumula nos poros e interstícios dos grãos que constituem as rochas. A água se concentra onde a porcentagem de vazios for mais elevada. Assim, os arenitos que são muito freqüentes nessa Formação, têm mais condições, juntamente com os calcários, de armazenar água. Nestas condições os poços podem atingir maiores profundidades, ainda considerando que esta formação se encontra sobreposta ao embasamento cristalino. Poços tubulares profundos poderiam, em alguns casos, alcançar os dois aquíferos.

Pelos dados acima, verifica-se que a exploração de águas subterrâneas como mananciais complementares aos superficiais nas sub-bacias dos rios Jaguari e Camanducaia pode ser considerada como uma alternativa a ser cogitada.

Figura 5.8 - Bacias dos Rios Camanducaia e Jaguari - Hidrogeologia



Sub-bacias

-  Bacia Camanducaia
-  Bacia Jaguari

Hidrogeologia

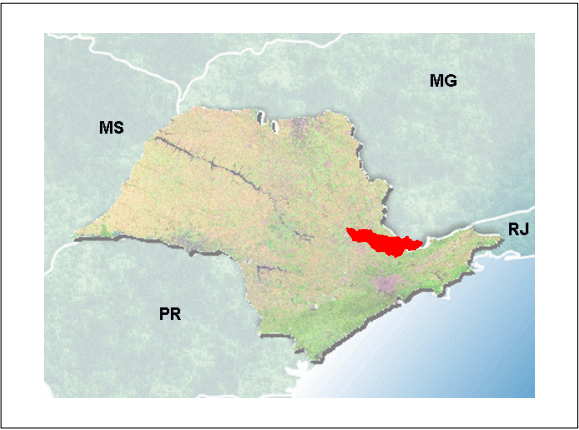
-  Aqüífero Cristalino
-  Aqüífero Tubarão
-  Formação Passa Dois

-  Limite municipal
-  Sede municipal
-  Hidrografia

Escala Numérica: 1:400.500



Escala Gráfica



Localização bacia do Camanducaia

Contudo, os poços apresentam pequena produção – em geral, abaixo de 10 m³/h (2,8 l/s) – e deverão possuir profundidades, via de regra, superiores a 100 metros.

5.4.2 Pequenos Barramentos

Durante a realização dos estudos para identificação de barramentos passíveis de serem implantados na bacia dos rios Jaguari e Camanducaia, destinados à regularização de vazões e aumento da disponibilidade hídrica desses rios, foram identificados alguns barramentos de pequeno porte. Estes barramentos, quando analisados na ótica dos rios principais não trazem aporte significativo no aumento da disponibilidade hídrica. No entanto, possibilitam aumentar a garantir o atendimento de pequenas vazões que podem ser utilizadas localmente.

O Quadro 5.6 apresenta um resumo das características dos pequenos barramentos avaliados.

QUADRO 5.6
PEQUENOS BARRAMENTOS

BARRAGEM	Localização	Área de Drenagem km²	Coordenadas		Nível Normal			Volume Acumulado				Estimativa por regionalização DAEE				Potencial de Regularização m³/s	Obs.
			Norte m	Leste m	NA max m	NA min	NA jus	NA max hm³	NA min hm³	Volume Útil		Vol Necessário para Regularização dias	Vazão Média longo termo m³/s	Vazão Firme m³/s	Q 7,10 m³/s		
										hm³	dias						
P1 – Ribeirão do Tatu	Afluentes do rio Piracicaba - Próximo a Limeira	90,46	7.505.400	252.000	582,0	572,0		3,70	572,00	3,30	52	21	0,738	0,369	0,165	0,204	
Córrego Fazenda Velha	Afluentes do Rio Atibaia - Local da Construção da Barragem Fazenda Velha do Hidroplan	35,79	7.459.950	325.230	793,5	0,0		177,17	0,00	138,48	3530	10	0,454	0,227	0,131	0,096	
J1 – Bar Córrego Curitibanos	Afluentes do rio Jaguari - próximo ao Reserv. Jaguari- Jacareí	44,65	7.466.650	341.900	805,0	795,0		11,74	795,00	10,50	181	17	0,672	0,336	0,163	0,173	
Bar. Cór. da Moenda	Itatiba - Bacia do rio Jaguari	14,43	7.457.979	320.482	755,0	740,0		3,75	740,00	3,60	240	10	0,174	0,087	0,050	0,037	
Bar. Cór Pinhalzinho	Itatiba - Bacia do rio Jaguari	25,24	7.448.702	311.698	758,0	755,0		0,89	755,00	0,75	34	10	0,254	0,127	0,073	0,054	
Bar. Cór dos Pereiras ou Vivenda Engenho d'Água	Itatiba - Bacia do rio Jaguari	13,96	7.458.409	315.027	750,0	735,0		4,27	735,00	4,19	315	10	0,154	0,077	0,044	0,033	

Para estes barramentos foram estimados os volumes acumulados, com base nos dados cartográficos disponíveis, e calculados os parâmetros de regularização de vazão em cada local com base nos dados de Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo. Os resultados obtidos foram agregados ao Quadro 5.6.

Conforme pode ser observado no Quadro 5.6 todos estes barramentos resultaram em volumes físicos superiores aos indicados nos estudos de regionalização para regularização do DAEE. Portanto, é viável (em termos de volume) a construção de pequenos barramentos nesses locais, os quais podem regularizar vazões variáveis entre 0,08 e 0,37 m³/s, o que representa um incremento em relação à Q_{7,10} entre 0,03 e 0,20 m³/s (Potencial de Regularização).

Pode-se concluir, portanto, que quando for necessário o atendimento de pequenas vazões as prefeituras municipais e mesmo particulares poderão obter essas vazões em pequenas bacias em que haja disponibilidade de terras para pequenos barramentos e água nos córregos em condições adequadas de qualidade.

5.4.3 Identificação dos Municípios nas sub-bacias dos rios Camanducaia e Jaguari

O Quadro 5.7 apresenta a relação das sedes municipais localizadas nas sub-bacias dos rios Camanducaia e Jaguari, as quais seriam diretamente beneficiadas pelo aumento da disponibilidade hídrica nesses rios. No mesmo quadro estão indicadas as vazões previstas de abastecimento de água para o período de 2005 a 2020, quando consideradas metas de redução e uso racional da água.

QUADRO 5.7
VAZÕES DE ABASTECIMENTO (M³/S)

UF	Município	2005	2007	2012	2014	2025
SUB BACIA DO RIO CAMANDUCAIA						
SP	AMPARO	0,230	0,236	0,233	0,238	0,238
SP	MONTE ALEGRE DO SUL	0,031	0,032	0,032	0,032	0,028
SP	PINHALZINHO	0,017	0,019	0,022	0,023	0,030
MG	TOLEDO	0,009	0,009	0,010	0,010	0,013
SP	SERRA NEGRA	0,107	0,111	0,111	0,114	0,122
SUB BACIA DO RIO JAGUARI						
SP	ARTUR NOGUEIRA	0,104	0,107	0,116	0,122	0,140
SP	BRAGANÇA PAULISTA	0,478	0,483	0,501	0,520	0,566
SP	COSMÓPOLIS	0,175	0,184	0,205	0,212	0,237
SP	HOLAMBRA	0,018	0,019	0,019	0,019	0,020
SP	JAGUARIÚNA	0,191	0,194	0,200	0,207	0,190
SP	MORUNGABA	0,031	0,030	0,031	0,032	0,036
SP	PEDRA BELA	0,019	0,007	0,008	0,008	0,007
SP	PEDREIRA	0,153	0,156	0,158	0,162	0,170
SP	TUIUTI	0,016	0,016	0,016	0,016	0,015
SP	SANTO ANTÔNIO DE POSSE	0,089	0,095	0,101	0,105	0,118

Fonte: Plano de Bacias Hidrográficas 2004-2007 dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá - Relatório Final - Comitê das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá / Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - Dezembro 2006

Na sub-bacia do rio Camanducaia foi incluído o município de Serra Negra que não integra a referida sub-bacia, mas possui uma captação de água no córrego Pantaleão, a partir de onde é feita reversão de bacia para atendimento daquele município. Na sub-bacia do rio Jaguari não estão indicados os municípios localizados a montante das barragens Jaguari-Jacareí do Sistema Cantareira (SABESP).

5.4.4 Avaliação das Possibilidades de Abastecimento dos Municípios da Sub Bacia do rio Camanducaia

A seguir é apresentada uma avaliação das possibilidades de abastecimento de cada um dos municípios identificados na sub-bacia do rio Camanducaia. A análise aqui apresentada considera unicamente os aspectos quantitativos de atendimento das demandas.

Toledo

Com uma população urbana estimada em 5.738 habitantes (2.007) a cidade de Toledo (N 7.484.482 e E 359.123) é a área urbana mais a montante da bacia do rio Camanducaia, ainda em território mineiro. As previsões de demandas de água variam entre 9 e 13 l/s entre 2.005 e 2.025, considerando um cenário de atendimento a metas de redução e uso racional da água.

A cidade de Toledo está localizada próximo ao rio Camanducaia, na região das cabeceiras. Nas proximidades de Toledo a bacia do rio Camanducaia é de 16 km². Utilizando estes dados de área e as coordenadas de Pinhalzinho, próxima a este local e no estado de São Paulo, foram obtidos os seguintes dados a partir da Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo:

- ✓ Vazão média de longo termo 250 l/s
- ✓ Vazão $Q_{7,10}$ 61 l/s
- ✓ Vazão Regularizada Q_f 125 l/s
- ✓ Volume necessário para regularizar Q_f (Tr= 10 anos) 0,378 hm³

Com base nesses dados é possível atender as necessidades de abastecimento da cidade de Toledo apenas utilizando a vazão $Q_{7,10}$, e ainda mantendo 70% deste valor no rio Camanducaia.

No que diz respeito à águas subterrâneas Toledo encontra-se sobre o aquífero cristalino, com produção esperada de poços perfurados nesse aquífero da ordem de 3 l/s, resultando que para o atendimento da cidade seriam utilizados cerca de 3 poços profundos. Assim o atendimento das demandas de abastecimento por poços profundos é viável.

Pinhalzinho

Com uma população urbana estimada em 13.016 habitantes (2.007) a cidade de Pinhalzinho (N 7.480.229 e E 336.714) está localizada na porção montante da bacia do rio Camanducaia, sendo o primeiro município paulista atravessado por este rio. As previsões de demandas de água variam entre 17 e 30 l/s entre 2.005 e 2.025, considerando um cenário de atendimento a metas de redução e uso racional da água.

A cidade de Pinhalzinho está localizada próximo ao rio Camanducaia, na região das cabeceiras. Situada a jusante de Toledo, neste local a bacia do rio Camanducaia é significativamente maior, possibilitando atender as necessidades de Pinhalzinho e manter 70% da $Q_{7,10}$ no rio a jusante. O Rio do Pinhal, a montante da cidade de Pinhalzinho tem área de drenagem de cerca de 22 km². Para esta área de drenagem nas coordenadas de Pinhalzinho foram obtidos os seguintes resultados a partir da Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo:

- ✓ Vazão média de longo termo 344 l/s
- ✓ Vazão $Q_{7,10}$ 84 l/s
- ✓ Vazão Regularizada Q_f 172 l/s
- ✓ Volume necessário para regularizar Q_f (Tr= 10 anos) 0,520 hm³

A vazão $Q_{7,10}$ do rio Pinhal neste local pode atender, na situação atual, as necessidades de Pinhalzinho mantendo 70% da $Q_{7,10}$ a jusante. Para o ano de 2025 deveria ser complementada, podendo ser considerada a construção de um pequeno barramento neste local, o qual disponibilizaria cerca de 100 l/s para abastecimento.

No que diz respeito às águas subterrâneas Pinhalzinho encontra-se sobre o aquífero cristalino, com produção esperada de poços perfurados nesse aquífero da ordem de 3 l/s, resultando que para o atendimento da cidade seriam utilizados cerca de 10 poços profundos. Assim o atendimento das demandas de abastecimento da sede municipal por poços é de difícil implantação.

Monte Alegre do Sul

Com uma população urbana estimada em 6.886 habitantes (2.007) a cidade de Monte Alegre do Sul (N 7.490.921 e E 327.322) está localizada na porção intermediária da bacia do rio Camanducaia. A previsão de demanda de água de 31 l/s em 2.005 passa por um pico de 32 l/s e sofre uma redução para 28 l/s em 2.025, considerando um cenário de atendimento a metas de redução e uso racional da água. A captação direta no rio Camanducaia é viável para atender o abastecimento da cidade. A construção do barramento Rubinho, avaliado no presente estudo, pode aumentar a oferta hídrica do rio Camanducaia em Monte Alegre do Sul e nas cidades a jusante.

O córrego Monte Alegre tem área de drenagem de cerca de 11 km² a montante da cidade Monte Alegre do Sul. Para esta área de drenagem, nas coordenadas de Monte Alegre do Sul foram obtidos os seguintes resultados a partir da Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo:

- ✓ Vazão média de longo termo 176 l/s
- ✓ Vazão $Q_{7,10}$ 43 l/s
- ✓ Vazão Regularizada Q_f 88 l/s
- ✓ Volume necessário para regularizar Q_f (Tr= 10 anos) 0,266 hm³

Resulta que com a construção de um pequeno barramento no córrego Pinhalzinho pode ser disponibilizada vazão da ordem de 44 l/s, suficiente para o atendimento das necessidades de abastecimento de Monte Alegre do Sul.

No que diz respeito à águas subterrâneas Monte Alegre do Sul encontra-se sobre o aquífero cristalino, com produção esperada de poços perfurados nesse aquífero da ordem de 3 l/s, resultando que para o atendimento da cidade seriam utilizados cerca de 10 poços profundos. Assim o atendimento das demandas de abastecimento da sede municipal por poços é inviável.

Amparo

Com uma população urbana estimada em 67.310 habitantes (2.007) a cidade de Amparo (N 7.488.700 e E 318.756) está localizada na porção intermediária da bacia do rio Camanducaia. As previsões de demandas de água variam entre 230 e 238 l/s entre 2.005 e 2.025, considerando um cenário de atendimento a metas de redução e uso racional da água.

A captação de água no rio Camanducaia é viável para garantir o atendimento das necessidades de abastecimento de Amparo.

O córrego Santa Maria, afluente do rio Camanducaia pela margem direita a jusante da cidade, tem área de drenagem da ordem de 28 km². Para esta área de drenagem, nas coordenadas de Amparo foram obtidos os seguintes resultados a partir da Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo:

- ✓ Vazão média de longo termo 427 l/s
- ✓ Vazão $Q_{7,10}$ 104 l/s
- ✓ Vazão Regularizada Q_f 213 l/s
- ✓ Volume necessário para regularizar Q_f (Tr= 10 anos) 0,645 hm³

Resulta que com a construção de um pequeno barramento no córrego Santa Maria pode ser disponibilizada vazão da ordem de 110 l/s para o atendimento parcial das necessidades de abastecimento de Amparo.

No que diz respeito à águas subterrâneas Amparo encontra-se sobre o aquífero cristalino, com produção esperada de poços perfurados nesse aquífero da ordem de 3 l/s, resultando que para o atendimento da cidade seriam utilizados cerca de 80 poços profundos. Assim o atendimento das demandas de abastecimento da sede municipal por poços é inviável.

Serra Negra

Com uma população urbana estimada em 21.416 habitantes (2.000) a cidade de Serra Negra (N 7.498.618 e E 325.207) está localizada fora da bacia do rio Camanducaia. No entanto possui uma captação de água para abastecimento no córrego do Pantaleão, a partir de onde é feita uma reversão para atendimento da sede municipal. As coordenadas do bairro Pantaleão são N 7.495.694 e E 7.495.694 e E 314.749). As previsões de demanda de água variam entre 107 e 122 l/s entre 2.005 e 2.025, considerando um cenário de atendimento a metas de redução e uso racional da água.

O córrego do Pantaleão, na região do bairro Pantaleão tem área de drenagem da ordem de 35 km². Para esta área de drenagem, nas coordenadas do bairro Pantaleão foram obtidos os seguintes resultados a partir da Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo:

- ✓ Vazão média de longo termo 582 l/s
- ✓ Vazão $Q_{7,10}$ 142 l/s
- ✓ Vazão Regularizada Q_f 291 l/s
- ✓ Volume necessário para regularizar Q_f (Tr= 10 anos) 0,879 hm³

Resulta que com a construção de um pequeno barramento no córrego Pantaleão pode ser disponibilizada vazão da ordem de 150 l/s suficiente para o atendimento das necessidades de abastecimento de Serra Negra.

A captação no córrego Pantaleão está situada a grande distância do rio Camanducaia, inviabilizando implantar uma captação nesse rio.

5.4.5 Avaliação das Possibilidades de Abastecimento dos Municípios da Sub bacia do rio Jaguari

A seguir é apresentada uma avaliação das possibilidades de abastecimento de cada um dos municípios identificados na sub bacia do rio Jaguari.

Pedra Bela

Com uma população urbana estimada em 6.054 habitantes (2.007) a cidade de Pedra Bela (N 7.478.877 e E 351.874) está localizada em território paulista, junto à divisa com Minas Gerais. Estando localizada em afluentes pela margem direita do rio Jaguari a demanda de água estimada em 19 l/s no ano de 2.005 é reduzida para 7 l/s em 2.025 quando considerado um cenário de atendimento a metas de redução e uso racional da água.

Pedra Bela está localizada em bacia de um afluente do rio Camanducaia, devendo ter seu abastecimento realizado com captação neste afluente ou em córregos de menor porte. A sudeste da cidade de Pedra Bela foi identificado ribeirão com cerca de 25 km² de área de drenagem. Para esta área de drenagem, nas coordenadas de Pedra Bela foram obtidos os seguintes resultados a partir da Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo:

- ✓ Vazão média de longo termo 420 l/s
- ✓ Vazão $Q_{7,10}$ 102 l/s
- ✓ Vazão Regularizada Q_f 210 l/s
- ✓ Volume necessário para regularizar Q_f (Tr= 10 anos) 0,635 hm³

Resulta que a vazão mínima do ribeirão ($Q_{7,10}$ = 102 l/s) permite atender as necessidades da cidade, mesmo sem a construção de barramento.

No que diz respeito à águas subterrâneas Pedra Bela encontra-se sobre o aquífero cristalino, com produção esperada de poços perfurados nesse aquífero da ordem de 3 l/s, resultando que para o atendimento da cidade seriam utilizados cerca de 2 poços profundos. Assim o atendimento das demandas de abastecimento da sede municipal por poços é viável.

A distância da sede municipal até o rio Jaguari inviabiliza a captação nesse rio para atender o abastecimento do município.

Bragança Paulista

Com uma população urbana estimada em 145.210 habitantes (2.007) a cidade de Bragança Paulista (N 7.461.182 e E 341.905) está localizada em afluente do rio Jaguari pela margem esquerda, imediatamente a jusante das barragens Jaguari/Jacareí. As previsões de demandas de água variam entre 478 e 566 l/s entre 2.005 e 2.025, considerando um cenário de atendimento a metas de redução e uso racional da água.

O Ribeirão do Campo Novo, localizado a oeste de Bragança Paulista tem área de drenagem de cerca de 30 km² na foz no rio Jaguari. Para esta área de drenagem, nas coordenadas de Bragança Paulista foram obtidos os seguintes resultados a partir da Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo:

- ✓ Vazão média de longo termo 428 l/s
- ✓ Vazão $Q_{7,10}$ 104 l/s
- ✓ Vazão Regularizada Q_f 214 l/s
- ✓ Volume necessário para regularizar Q_f (Tr= 10 anos) 0,647 hm³

Resulta que com a construção de um pequeno barramento no ribeirão Campo Novo pode ser disponibilizada vazão da ordem de 110 l/s para o atendimento parcial das necessidades de abastecimento de Bragança Paulista.

No que diz respeito à águas subterrâneas Bragança Paulista encontra-se sobre o aquífero cristalino, com produção esperada de poços perfurados nesse aquífero da ordem de 3 l/s, resultando que para o atendimento da cidade seriam utilizados cerca de 200 poços profundos, tornando inviável a utilização desta solução para atendimento das demandas de abastecimento da sede municipal.

Em conseqüência o abastecimento de Bragança Paulista deve ser preferencialmente realizado com captação no rio Jaguari, contando com as vazões liberadas nas barragens da SABESP do Sistema Cantareira, podendo ser complementado com barramentos em córregos da região.

Tuiuti

Com uma população urbana estimada em 5.614 habitantes (2.007) a cidade de Tuiuti (N 7.476.020 e E 326.179) está localizada em afluentes pela margem direita do rio Jaguari, a uma distância da ordem de 5 km da foz no rio Jaguari. As previsões de demanda de água são praticamente constantes no período 2.005 a 2.025, variando entre 16 e 15 l/s.

O córrego Lima Rico que passa próximo à cidade de Tuiuti, tem nessa região cerca de 36 km² de área de drenagem. Para esta área de drenagem, nas coordenadas Tuiuti foram obtidos os seguintes resultados a partir da Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo:

- ✓ Vazão média de longo termo 529 l/s
- ✓ Vazão $Q_{7,10}$ 129 l/s
- ✓ Vazão Regularizada Q_f 265 l/s
- ✓ Volume necessário para regularizar Q_f (Tr= 10 anos) 0,799 hm³

Assim, uma captação no córrego Lima Rico possibilita atender a cidade de Tuiuti mantendo 70% da $Q_{7,10}$ para jusante.

No que diz respeito à águas subterrâneas Bragança Paulista encontra-se sobre o aquífero cristalino, com produção esperada de poços perfurados nesse aquífero da ordem de 3 l/s, resultando que para o atendimento da cidade seriam utilizados cerca de 5 poços profundos, indicando a utilização desta solução para atendimento parcial das demandas de abastecimento da sede municipal.

A distância de Tuiuti ao rio Jaguari e a pequena vazão necessária para abastecimento da cidade contra-indicam a utilização desta solução.

Morungaba

Com uma população urbana estimada em 11.173 habitantes (2.007) a cidade de Morungaba (N 7.468.858 e E 316.199) está localizada nas proximidades do curso do rio Jaguari. As previsões de demandas de água variam entre 31 e 36 l/s entre 2.005 e 2.025, considerando um cenário de atendimento a metas de redução e uso racional da água.

O ribeirão da Barra Mansa que atravessa a cidade tem área de drenagem de cerca de 28 km² junto à foz. Para esta área de drenagem, nas coordenadas de Morungaba foram obtidos os seguintes resultados a partir da Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo:

- ✓ Vazão média de longo termo 363 l/s
- ✓ Vazão $Q_{7,10}$ 105 l/s
- ✓ Vazão Regularizada Q_f 182 l/s
- ✓ Volume necessário para regularizar Q_f (Tr= 10 anos) 0,313 hm³

Resulta que a vazão mínima do ribeirão Barra Mansa está em valor limite para viabilizar o atendimento de Morungaba e manter 70% da $Q_{7,10}$ para jusante. Com a construção de um pequeno barramento no ribeirão Barra Mansa pode ser disponibilizada vazão da ordem de 80 l/s para o atendimento das necessidades de abastecimento de Morungaba.

No que diz respeito à águas subterrâneas Morungaba encontra-se sobre o aquífero cristalino, com produção esperada de poços perfurados nesse aquífero da ordem de 3 l/s, resultando que para o atendimento da cidade seriam utilizados cerca de 10 poços profundos, contraindicando a utilização desta solução para atendimento das demandas de abastecimento da sede municipal.

Pedreira

Com uma população urbana estimada em 40.662 habitantes (2.007) a cidade de Pedreira (N 7.484.004 e E 304.744) está localizada na porção intermediária da bacia do rio Jaguari. As previsões de demandas de água variam entre 153 e 170 l/s entre 2.005 e 2.025, considerando um cenário de atendimento a metas de redução e uso racional da água.

O córrego Entre Montes é afluente do rio Jaguari a montante de Pedreira. Junto a foz tem área de drenagem da ordem de 22 km². Para esta área de drenagem, nas coordenadas de Pedreira foram obtidos os seguintes resultados a partir da Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo:

- ✓ Vazão média de longo termo 281 l/s
- ✓ Vazão $Q_{7,10}$ 68 l/s
- ✓ Vazão Regularizada Q_f 140 l/s

✓ Volume necessário para regularizar Q_f ($T_r = 10$ anos) 0,424 hm³

Resulta que com a construção de um pequeno barramento no córrego Entre Montes pode ser disponibilizada vazão da ordem de 70 l/s para o atendimento parcial das necessidades de abastecimento de Pedreira.

No que diz respeito à águas subterrâneas Pedreira encontra-se sobre o aquífero cristalino, com produção esperada de poços perfurados nesse aquífero da ordem de 3 l/s, resultando que para o atendimento da cidade seriam utilizados cerca de 50 poços profundos, contra-indicando a utilização desta solução para atendimento das demandas de abastecimento da sede municipal.

Jaguariúna

Com uma população urbana estimada em 34.187 habitantes (2.007) a cidade de Jaguariúna (N 7.487.920 e E 296.015) está localizada na bacia do rio Jaguari, a montante da foz do rio Camanducaia. As previsões de demandas de água variam entre 191 e 207 l/s entre 2.005 e 2.020, reduzindo para 190 l/s em 2.025 quando considerado um cenário de atendimento a metas de redução e uso racional da água.

A cidade de Jaguariúna está na margem direita do Jaguari. Em suas imediações foi localizado, na margem esquerda, ribeirão com 7 km², área insuficiente para atendimento das demandas de Jaguariúna.

No que diz respeito à águas subterrâneas Jaguariúna encontra-se sobre o aquífero cristalino, com produção esperada de poços perfurados nesse aquífero da ordem de 3 l/s, resultando que para o atendimento da cidade seriam utilizados cerca de 60 poços profundos, contra-indicando a utilização desta solução para atendimento das demandas de abastecimento da sede municipal.

Santo Antônio de Posse

Com uma população urbana estimada em 21.488 habitantes (2.007) a cidade de Santo Antônio de Posse (N 7.499.021 e E 302.695) está localizada em afluentes do rio Jaguari pela margem direita. As previsões de demandas de água variam entre 89 e 118 l/s entre 2.005 e 2.025, considerando um cenário de atendimento a metas de redução e uso racional da água.

A distância entre a sede municipal e o rio Jaguari é da ordem de 12 km. Nas imediações da cidade de Santo Antônio de Posse foi localizado ribeirão com área de drenagem da ordem de 23 km². Para esta área de drenagem, nas coordenadas de Santo Antônio de Posse foram obtidos os seguintes resultados a partir da Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo:

✓ Vazão média de longo termo 283 l/s

✓ Vazão $Q_{7,10}$ 69 l/s

✓ Vazão Regularizada Q_f 142 l/s

✓ Volume necessário para regularizar Q_f ($Tr = 10$ anos) 0,428 hm³

Resulta que com a construção de um pequeno barramento no ribeirão próximo à sede municipal pode ser disponibilizada vazão da ordem de 70 l/s para o atendimento parcial das necessidades de abastecimento de Monte Alegre do Sul.

No que diz respeito à águas subterrâneas Santo Antônio de Posse encontra-se sobre o aquífero cristalino, com produção esperada de poços perfurados nesse aquífero da ordem de 3 l/s, resultando que para o atendimento da cidade seriam utilizados cerca de 30 poços profundos, contra-indicando a utilização desta solução para atendimento das demandas de abastecimento da sede municipal.

A distância entre a sede municipal e o rio Jaguari indica que a utilização de captação nesse rio para atendimento do abastecimento urbano pode resultar em solução cara. O abastecimento da cidade deveria privilegiar a utilização de pequenos barramentos, a serem pesquisados na região mais próxima da sede municipal, por exemplo a jusante do ponto avaliado e/ou aumentando a capacidade de regularização.

Holambra

Com uma população urbana estimada em 8.513 habitantes (2.007) a cidade de Holambra (N 7.495.851 e E 288.740) está localizada em afluentes pela margem direita do rio Jaguari. As previsões de demandas de água variam entre 18 e 20 l/s entre 2.005 e 2.025, considerando um cenário de atendimento a metas de redução e uso racional da água.

O ribeirão da Cachoeira passa junto cidade de Holambra. Junto à foz do ribeirão sua área de drenagem é de cerca de 34 km². Para esta área de drenagem, nas coordenadas do bairro Pantaleão foram obtidos os seguintes resultados a partir da Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo:

✓ Vazão média de longo termo 360 l/s

✓ Vazão $Q_{7,10}$ 88 l/s

✓ Vazão Regularizada Q_f 180 l/s

✓ Volume necessário para regularizar Q_f ($Tr = 10$ anos) 0,544 hm³

Resulta que com a construção de um pequeno barramento no ribeirão da Cachoeira pode ser disponibilizada vazão da ordem de 90 l/s para o atendimento das necessidades de abastecimento de Holambra.

No que diz respeito à águas subterrâneas Holambra encontra-se sobre o aquífero cristalino, com produção esperada de poços perfurados nesse aquífero da ordem de 3 l/s, resultando que para o atendimento da cidade seriam utilizados cerca de 6 poços profundos, contra-indicando a utilização desta solução para atendimento das demandas de abastecimento da sede municipal.

A distância da sede municipal ao rio Jaguari e as pequenas vazões necessárias para o abastecimento contra-indicam a captação de água nesse rio.

Cosmópolis

Com uma população urbana estimada em 52.609 habitantes (2.007) a cidade de Cosmópolis (N 7.494.229 e E 274.311) está localizada às margens do rio Jaguari, já próximo a sua foz. As previsões de demandas de água variam entre 175 e 237 l/s entre 2.005 e 2.025, considerando um cenário de atendimento a metas de redução e uso racional da água.

A montante da cidade de Cosmópolis foi localizado o córrego Três Barras com área de drenagem da ordem de 78 km². Para esta área de drenagem, nas coordenadas de Cosmópolis foram obtidos os seguintes resultados a partir da Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo:

- ✓ Vazão média de longo termo 645 l/s
- ✓ Vazão $Q_{7,10}$ 157 l/s
- ✓ Vazão Regularizada Q_f 323 l/s
- ✓ Volume necessário para regularizar Q_f (Tr= 10 anos) 0,975 hm³

Resulta que com a construção de um pequeno barramento no córrego Três Barras pode ser disponibilizada vazão da ordem de 165 l/s para o atendimento parcial das necessidades de abastecimento de Cosmópolis.

No que diz respeito à águas subterrâneas Cosmópolis encontra-se sobre o aquífero cristalino, com produção esperada de poços perfurados nesse aquífero da ordem de 3 l/s, resultando que para o atendimento da cidade seriam utilizados cerca de 70 poços profundos, inviabilizando a utilização desta solução para atendimento das demandas de abastecimento da sede municipal.

A sede municipal encontra-se à margem rio Jaguari, junto ao reservatório do reservatório de Cosmópolis avaliado neste estudo.

Artur Nogueira

Com uma população urbana estimada em 41.889 habitantes (2.007) a cidade de Artur Nogueira (N 7.502.325 e E 276.621) está localizada em afluenta pela margem direita do Ribeirão Pirapitingui. As previsões de demandas de água variam entre 104 e 140 l/s entre 2.005 e 2.025, considerando um cenário de atendimento a metas de redução e uso racional da água.

Próximo à cidade de Artur Nogueira foi identificado o Córrego dos Pires ou do Sítio Novo, afluenta do córrego Três Barras, com área de drenagem da ordem de 23 km². Para esta área de drenagem, nas coordenadas de Cosmópolis foram obtidos os seguintes resultados a partir da Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo:

- ✓ Vazão média de longo termo 204 l/s
- ✓ Vazão $Q_{7,10}$ 50 l/s
- ✓ Vazão Regularizada Q_f 102 l/s
- ✓ Volume necessário para regularizar Q_f (Tr= 10 anos) 0,308 hm³

Resulta que com a construção de um pequeno barramento no córrego dos Pires pode ser disponibilizada vazão da ordem de 100 l/s para o atendimento parcial das necessidades de abastecimento de Artur Nogueira.

No que diz respeito à águas subterrâneas Artur Nogueira encontra-se sobre o aquífero cristalino, com produção esperada de poços perfurados nesse aquífero da ordem de 3 l/s, resultando que para o atendimento da cidade seriam utilizados cerca de 50 poços profundos, inviabilizando a utilização desta solução para atendimento das demandas de abastecimento da sede municipal.

A distância entre Artur Nogueira e o rio Jaguari contra-indica a utilização de captação nesse rio para atender o abastecimento da sede municipal. Seria recomendável procurar local de barramento mais a jusante do avaliado, outros córregos próximos à sede municipal e/ou ampliar a capacidade de armazenamento dos barramentos.

5.4.6 Resumo Geral das Possibilidades de Abastecimento

O Quadro 5.8 apresenta um resumo das avaliações realizadas sobre as possibilidades de abastecimento dos municípios avaliados nas bacias dos rios Camanducaia e Jaguari, considerando as duas soluções analisadas: implantação de pequenos barramentos e águas subterrâneas. É também indicada a viabilidade de captação no rio principal, ou seja, nos rios Camanducaia e Jaguari, indicando também o primeiro barramento a montante do município que pode aumentar a regularização nas proximidades da sede municipal. Na tabela resumo foi utilizada a seguinte representação:

- ✓ Viável – a solução permite realizar o atendimento integral do abastecimento do município;
- ✓ Parcial – a solução permite atender parcialmente as necessidades de abastecimento do município;
- ✓ Inviável – a solução é de difícil viabilização para atender as necessidades de abastecimento do município. Quando se avaliou a possibilidade de captação no rio principal, optou-se por utilizar o termo “longe” indicando a dificuldade de custo da obra, porém tecnicamente exeqüível.

QUADRO 5.8
VIABILIDADE PARA ABASTECIMENTO DOS MUNICÍPIOS

<i>Município</i>	<i>Pequenos Barramentos</i>	<i>Águas Subterrâneas</i>	<i>Captação no rio Principal</i>	<i>Observações</i>
Rio Camanducaia				
Toledo	Viável	Viável	Viável	Localizada nas cabeceiras do rio Camanducaia.
Pinhalzinho	Viável	Inviável	Viável	
Monte Alegre do Sul	Viável	Inviável	Viável	A jusante de Rubinho
Amparo	Parcial	Inviável	Viável	
Serra Negra	Viável	-	Longe	Sede municipal fora da bacia.
Rio Jaguari				
Pedra Bela	Viável	Viável	Longe	Sede em afluente do rio Jaguari
Bragança Paulista	Parcial	Inviável	Viável	A jusante de Cachoeira/Atibainha
Tuiuti	Viável	Parcial	Longe	
Morungaba	Viável	Inviável	Viável	
Pedreira	Parcial	Inviável	Viável	A jusante de Pedreira
Jaguariúna	Inviável	Inviável	Viável	
Santo Antônio de Posse	Parcial	Inviável	Longe	A jusante da foz do rio Camanducaia
Holambra	Viável	Inviável	Longe	
Cosmópolis	Parcial	Inviável	Viável	Junto a Cosmópolis
Artur Nogueira	Parcial	Inviável	Longe	

5.5 CONSERVAÇÃO DAS NASCENTES

Neste item, abordam-se os estudos efetuados para subsidiar propostas para conservação das nascentes da bacia do rio Camanducaia, apresentando-se os objetivos visados, a metodologia adotada e o produto final obtido.

5.5.1 Objetivos

Os estudos realizados para orientar ações a serem implementadas visando à conservação das nascentes da bacia do rio Camanducaia tiveram como objetivo principal mapear as áreas mais suscetíveis à erosão a partir de uma metodologia consagrada e, principalmente, com base em dados atualizados sobre o uso e ocupação do solo dessa bacia.

A grande contribuição do estudo desenvolvido é, assim, atualizar as informações preexistentes e detalhar o mapa de vulnerabilidade à erosão, considerando que as áreas diagnosticadas

como de alta suscetibilidade deverão ser o foco das ações prioritárias para reflorestamento previstas no conjunto de atividades que compõem o Programa de Ações definido pela Deliberação Conjunta PCJ 058/06.

O mapa elaborado segundo a metodologia que será exposta em continuação permite direcionar as propostas para contenção dos processos erosivos na bacia do rio Camanducaia, contemplando tanto a sua porção mineira (as cabeceiras) quanto a porção localizada no Estado de São Paulo.

Esse mapa de vulnerabilidade à erosão é um instrumento que tem por finalidade básica identificar e analisar os ambientes em função de seus diferentes níveis de susceptibilidade, permitindo identificar áreas com maior ou menor vulnerabilidade, distinguindo também aquelas em que os riscos de erosão são mais baixos e favorecendo, então, determinados tipos de usos antrópicos; já as áreas mais frágeis, ou seja, mais suscetíveis aos processos erosivos, exigirão ações tecnicamente mais adequadas a essas condições, com destaque à recuperação da cobertura vegetal original ou próxima a essa condição natural.

5.5.2 Metodologia Adotada

Para a elaboração do mapa-síntese de vulnerabilidade à erosão foi realizado, em ambiente de Sistema de Informações Geográficas, o cruzamento sucessivo dos seguintes temas: uso e ocupação do solo/cobertura vegetal, geomorfologia, geologia, solos e intensidade pluviométrica. Estas variáveis apresentam uma relação extremamente dinâmica e complexa e uma alta interdependência (SPÖRL, 2007)¹; daí a necessidade de que sejam analisadas em conjunto, quando se deseja mapear a vulnerabilidade à erosão de uma dada área.

A seguir estão descritos os procedimentos operacionais utilizados para a confecção dos mapas intermediários, ou seja, do mapa geológico, geomorfológico, pedológico, de uso e ocupação do solo/cobertura vegetal e de precipitações médias anuais.

5.5.2.1 Descrição dos Produtos Cartográficos Intermediários Gerados

✓ Mapa Geológico

A geologia contribui para a análise e definição da categoria morfodinâmica da paisagem, compreendendo as informações relativas ao grau de coesão dos minerais que compõem as rochas e as informações relativas à evolução do seu ambiente geológico.

Devido à carência de mapas detalhados de geologia para a bacia do rio Camanducaia foram consideradas para a caracterização desse item informações provenientes do Mapa Geológico do Estado de São Paulo, na escala 1:500.000, produzido pelo IPT (1981) e do Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais, na escala 1:1.000.000 produzido pela COMIG (1994), procedendo-se à devida compatibilização de critérios e legendas adotadas.

¹ SPÖRL, Christiane. (2007) "Metodologia para Elaboração de Modelos de Fragilidade Ambiental Utilizando Redes Neurais". Tese de Doutorado, FFLCH, USP, São Paulo.

Essas informações serviram de base para a confecção do mapa geológico apresentando os principais tipos de rocha existentes na bacia do rio Camanducaia (Figura 5.9).

✓ **Mapa Geomorfológico**

O mapa geomorfológico constitui um dos produtos intermediários para a construção da carta de vulnerabilidade à erosão. Este mapa é resultante da análise das cartas clinográfica, dos elementos do relevo, de drenagem, das informações geológica e topográfica, e ainda, dos resultados da interpretação das imagens de satélite. Tem como objetivo mapear os compartimentos morfoestruturais e morfoesculturais, e suas respectivas formas de relevo.

Devido à carência de mapas detalhados de geomorfologia para a bacia do rio Camanducaia foram consideradas para a caracterização desse item informações provenientes do Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, na escala 1:1.000.000, produzido pelo IPT (1981) e do Mapa Geomorfológico de Minas Gerais, também na escala 1:1.000.000, produzido pela Secretaria de Ciência e Tecnologia – Comissão de Política Ambiental – COPAM – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC (1982), procedendo-se à devida compatibilização de critérios e legendas adotadas.

Estas informações geraram subsídios para a confecção do mapa geomorfológico apresentando as principais formas de relevo existentes na bacia do rio Camanducaia (Figura 5.10).

✓ **Mapa Pedológico**

A resistência dos solos aos processos erosivos é consequência do tipo de solo, e também, das suas características físicas, tais como, textura, estrutura, porosidade, permeabilidade, profundidade e pedregosidade. As características do solo é que definem sua maior ou menor susceptibilidade aos processos erosivos, daí a importância desta variável para estabelecer a fragilidade do ambiente.

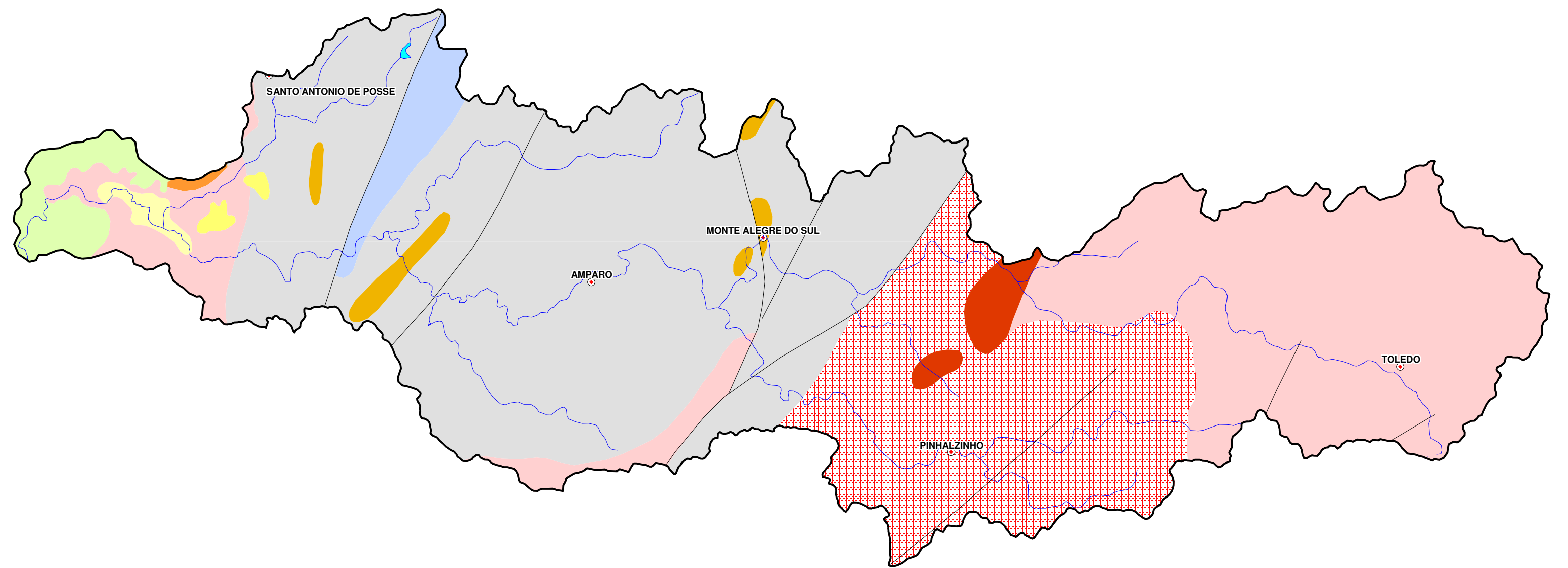
Para a caracterização dos solos da área de estudo foram utilizados e adaptados dados provenientes do Mapa Pedológico disponível no Relatório de Situação dos Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí – 2002/2003, na escala 1:250.000, conforme resultados apresentados na Figura 5.11.

✓ **Mapa de Uso e Ocupação do Solo e Cobertura Vegetal**

Informações atualizadas sobre o uso do solo e sua distribuição são essenciais para o manejo eficiente dos recursos agrícolas, florestais e hídricos. A caracterização do uso do solo contribui para o entendimento da distribuição das principais atividades econômico-produtivas da região e das inter-relações entre as formas de ocupação e a intensidade dos processos responsáveis pela degradação do meio físico.

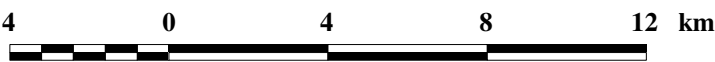
O levantamento do uso do solo torna-se, então, um aspecto de interesse fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço.

FIGURA 5.9 - MAPA GEOLÓGICO DA BACIA DO RIO CAMANDUCAIA



DESCRIÇÃO DAS UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

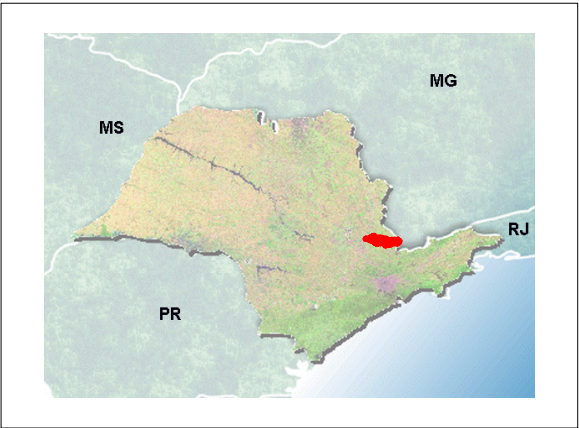
CENOZÓICO	PRÉ-CAMBRIANO
Sedimentos Aluvionares - Aluviões em geral, incluindo areias inconsolidadas de granulação variável, argilas e cascalheiras fluviais subordinadamente, em depósitos de calha e/ou terraços	SUÍTES GRANÍTICAS INDIFERENCIADAS
Sedimentos Continentais Indiferenciados - Depósitos continentais incluindo sedimentos elúvio-coluvionares de natureza areno-argilosa e depósitos de caráter variado associados a encostas	Complexo Amparo
Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas Correlatas à Formação Rio Claro - Arenitos finos a médios, argilosos com níveis subordinados de argilitos e arenitos conglomeráticos	Granitos e granitóides polidiapíricos com predominância de termos porfiríticos com granulações variadas
Formação Itararé - Depósitos glaciais continentais, glácio-marinhos, fluviais, deltaicos, lacustres e marinhos, compreendendo principalmente arenitos de granulação variada, imaturos, passando a arcósios; conglomerados, diamictitos, tilitos, silitos, folhelhos, ritmitos; raras camadas de carvão	Biotita gnaisses, biotita-hornblenda gnaisses, granada-biotita gnaisses, gnaisses migmatizados, migmatitos de estruturas diversas, subordinadamente biotita xistos, quartzitos, anfibolitos, gonditos e metaultrabasitas
	Chamoquitos e enderbitos em corpos individualizados
	Migmatitos bandados com paleossoma granulítico e anfibolítico, granulitos diversos migmatizados, migmatitos homogêneos, anatexitos e subordinadamente biotita gnaisses e quartzitos
	Quartzitos feldspáticos, micáceos e granatíferos com intercalações de biotita xistos e subordinadamente filitos e gonditos
	Rochas calcossilicatadas, incluindo hornblenda-diopsídio escarnitos, granada-diopsídio-hornblenda escarnitos com intercalações de mármore dolomíticos e calcíticos
	Falhas



Escala Gráfica



Escala Numérica: 1:900.000



Localização bacia do Camanducaia

FIGURA 5.10 - MAPA GEOMORFOLÓGICO DA BACIA DO RIO CAMANDUCAIA

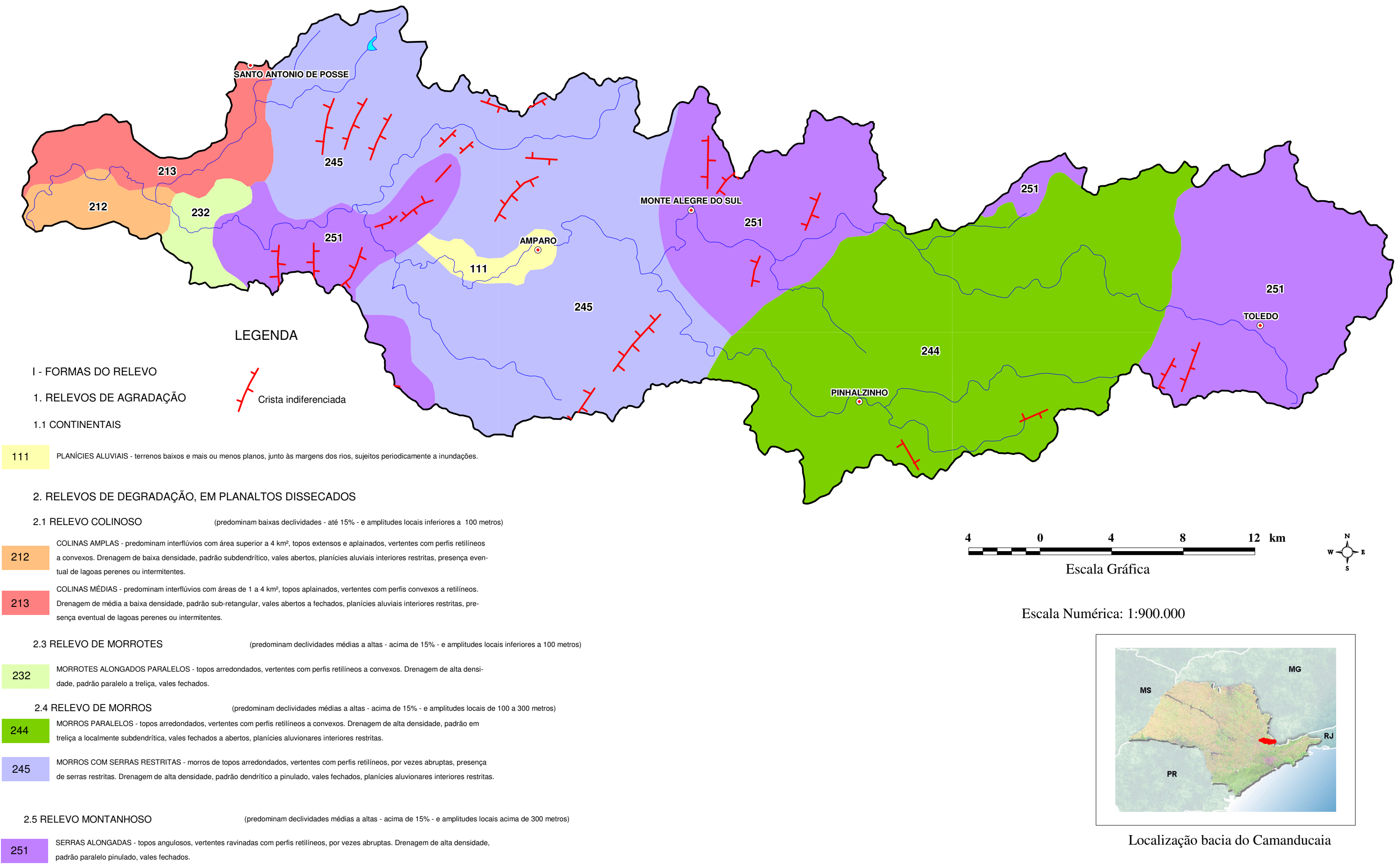
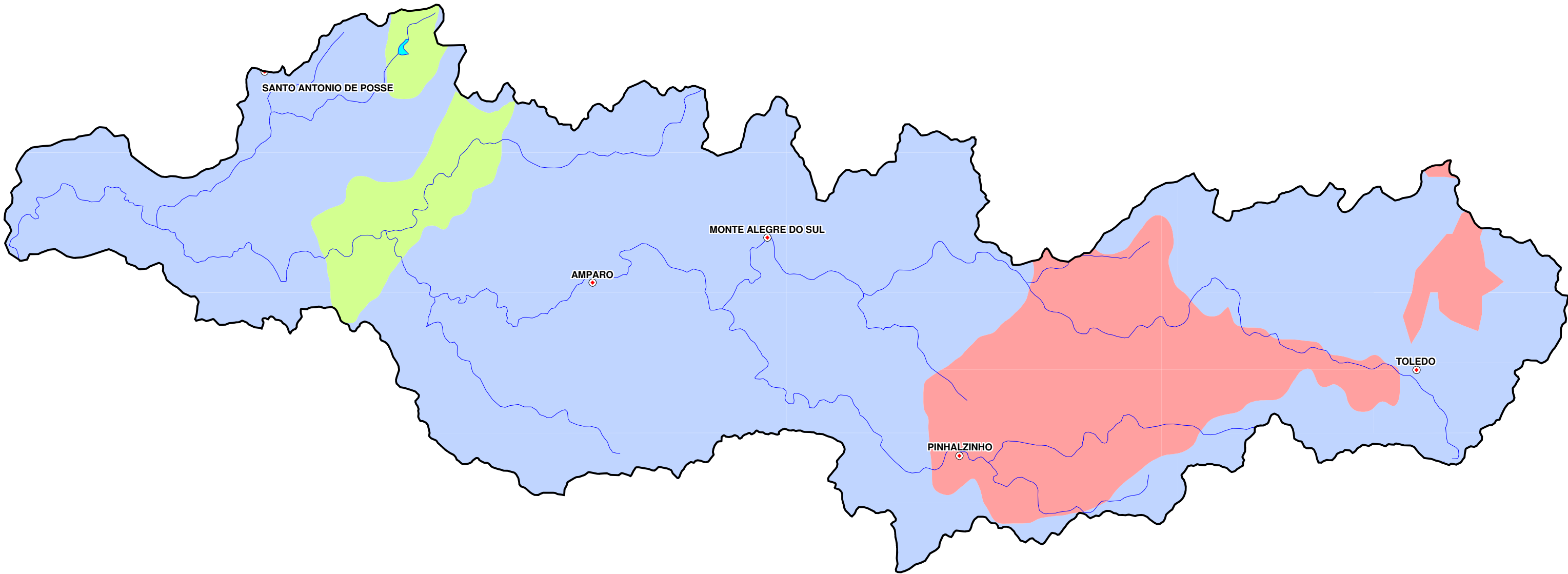


FIGURA 5.11 - MAPA PEDOLÓGICO DA BACIA DO RIO CAMANDUCAIA



Tipos de Solos

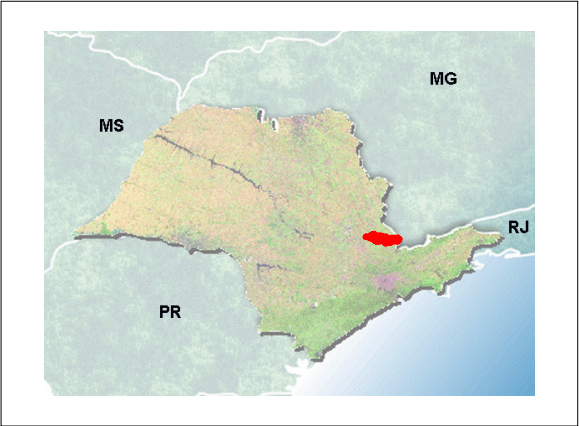
- Argissolo Vermelho
- Argissolo Vermelho Amarelo
- Latossolo Vermelho

- Limite da bacia
- Sede municipal
- Hidrografia principal



Escala Gráfica

Escala Numérica: 1:900.000



Localização bacia do Camanducaia

Tendo como objetivo produzir um mapa temático de uso e ocupação do solo o mais atualizado possível, foi utilizada a imagem Landsat 5-TM de 2007: órbita 219/ponto 76. Esta imagem orbital TM foi tratada digitalmente, melhorando-se a qualidade visual para a extração de informações. Dessa forma, a imagem foi preparada para análise e classificação visual.

Esta imagem foi georreferenciada utilizando como base as folhas topográficas do IBGE na escala 1:50.000. Os dados foram processados no software IDRISI 32.

O processo de interpretação digital da imagem Landsat TM-5 foi iniciado com a análise das melhores combinações de bandas para o estudo do uso da terra. Destas composições foi selecionada a composição colorida em RGB com as bandas 3, 4 e 5 do TM, respectivamente (banda 3 no canal vermelho-R, banda 4, no verde-G e banda 5 no azul-B). Esta composição apresenta um colorido equivalente às cores percebidas pelo olho humano servindo como ponto de partida para uma primeira análise visual das diversas formas de ocupação do solo.

Depois do tratamento digital da imagem iniciou-se o processo de classificação multiespectral para obtenção do mapa de uso e ocupação do solo. Nesta etapa de classificação temática foi aplicada a interpretação visual.

Os padrões mapeados foram os mais representativos dentro das possibilidades da escala de interpretação adotada, levando-se em consideração as diferentes capacidades de proteção fornecidas ao solo pelos diferentes tipos de uso: agricultura, área industrializada, área urbana consolidada, área urbana em implantação, campo antrópico, corpos d'água, mata, reflorestamento e solo exposto.

O resultado da classificação foi o mapa de uso e ocupação do solo, apresentado na Figura 5.12.

A seguir, estão descritas as principais características dessas categorias de uso do solo encontradas na bacia do rio Camanducaia.

Agricultura

Esta categoria é representada na bacia do rio Camanducaia principalmente pelo cultivo da cana-de-açúcar, que ocupa extensas áreas.

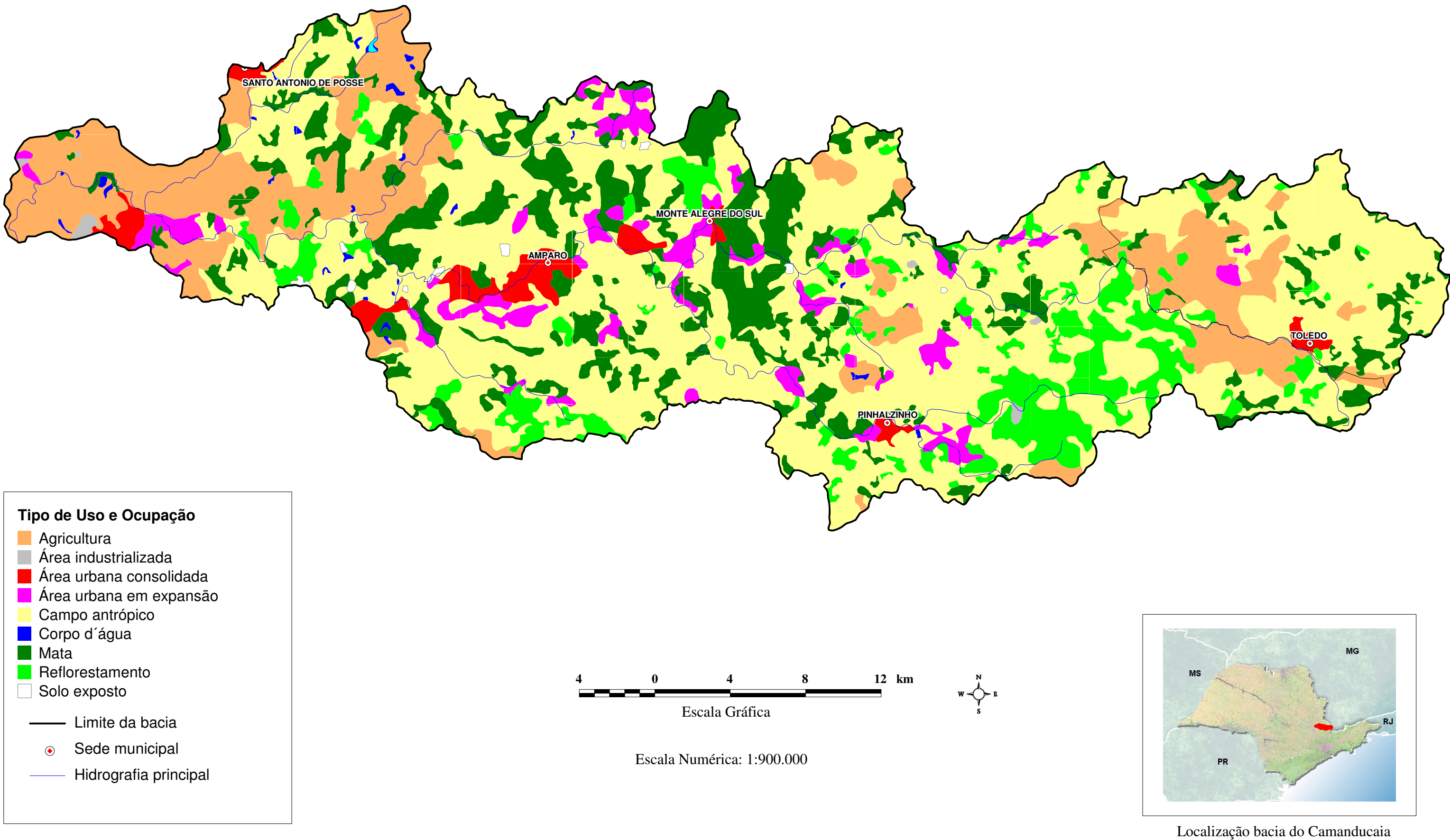
Área Industrializada

São áreas utilizadas pelas indústrias, geralmente identificadas por grandes galpões.

Área Urbana Consolidada

Compreende toda área edificada dos municípios de Amparo, Jaguariúna, Monte Alegre do Sul, Pinhalzinho, Santo Antônio de Posse e Toledo.

FIGURA 5.12 - MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA DO RIO CAMANDUCAIA



Área Urbana em Implantação

Corresponde à área urbana em expansão, o que inclui novos loteamentos, e as áreas menos povoadas, assim como chácaras e núcleos residenciais existentes nas proximidades das áreas urbanizadas.

Campo Antrópico

Abrange as pastagens artificiais ou plantios de forrageiras para pastoreio, em diversos níveis de tecnificação e manejo, além de pastagens naturais de vegetação espontânea que sobrevivem aos desmatamentos. Incluem-se as coberturas residuais baixas, até rasteiras, representadas por glebas aparentemente desprovidas de cuidados e com cobertura do solo variável. São áreas de pastagens abandonadas ou já cultivadas, onde ocorrem predominantemente espécies de porte baixo e rasteiro, formando os “pastos sujos”.

Corpos d'Água

São áreas representadas por represas construídas artificialmente para armazenamento de água e cursos d'água.

Mata

Compreende as terras ocupadas com diversos tipos de vegetação natural, incluindo mata natural, capoeira, cerrado e cerradão.

Reflorestamento

Corresponde às terras dedicadas ao plantio de essências florestais exóticas ou nativas. São formações florestais artificiais e homogêneas, dispostas em talhões isolados em propriedades agrícolas, podendo formar pequenos bosques junto a estruturas rurais ou ocupando grandes áreas.

Solo Exposto

Corresponde às áreas sem nenhuma cobertura, com exposição direta do solo às intempéries, tais como áreas de empréstimo, cascalheiras e solo em pousio (preparado para o plantio).

✓ ***Mapa de Precipitações Médias Anuais***

Os dados climatológicos, principalmente as chuvas, são de fundamental importância para a análise da fragilidade decorrente da sua ação direta na dinâmica do sistema ambiental. A ação das chuvas, principalmente quando concentradas em pequenos períodos, é um importante elemento modificador, por regular e ativar todos os processos morfodinâmicos contribuindo diretamente para acelerar os processos erosivos.

Dada a importância dessa variável, as chuvas foram representadas em um mapa de isoietas mostrando a distribuição das precipitações médias anuais na bacia do rio Camanducaia.

Este foi adaptado do mapa de isoietas disponível no Relatório de Situação dos Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá – 2002/2003, na escala 1:250.000, conforme apresentado na Figura 5.13.

5.5.2.2 *Elaboração do Mapa- Síntese de Vulnerabilidade à Erosão*

Para elaboração do mapa-síntese de vulnerabilidade à erosão foi realizada uma análise integrada das variáveis relevo, uso do solo/cobertura vegetal, solos, rochas e clima. Em seguida, cada uma destas variáveis foi hierarquizada em cinco classes de acordo com sua vulnerabilidade. Assim, as variáveis mais estáveis apresentaram valores mais próximos de 1, as intermediárias ao redor de 3 e as mais vulneráveis próximas de 5, conforme descrito a seguir:

✓ **Solos**

Para os critérios de hierarquização da variável solo foram considerados os tipos de solos encontrados na bacia do rio Camanducaia, levando-se em consideração as características de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade/espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais. Assim, esses tipos de solos foram classificados conforme sua fragilidade, em cinco categorias hierárquicas. Estas categorias vão desde a classe de fragilidade muito baixa até a muito forte, sendo que os tipos de solos da bacia do Camanducaia se enquadram em apenas duas categorias, conforme apresentado no Quadro 5.9.

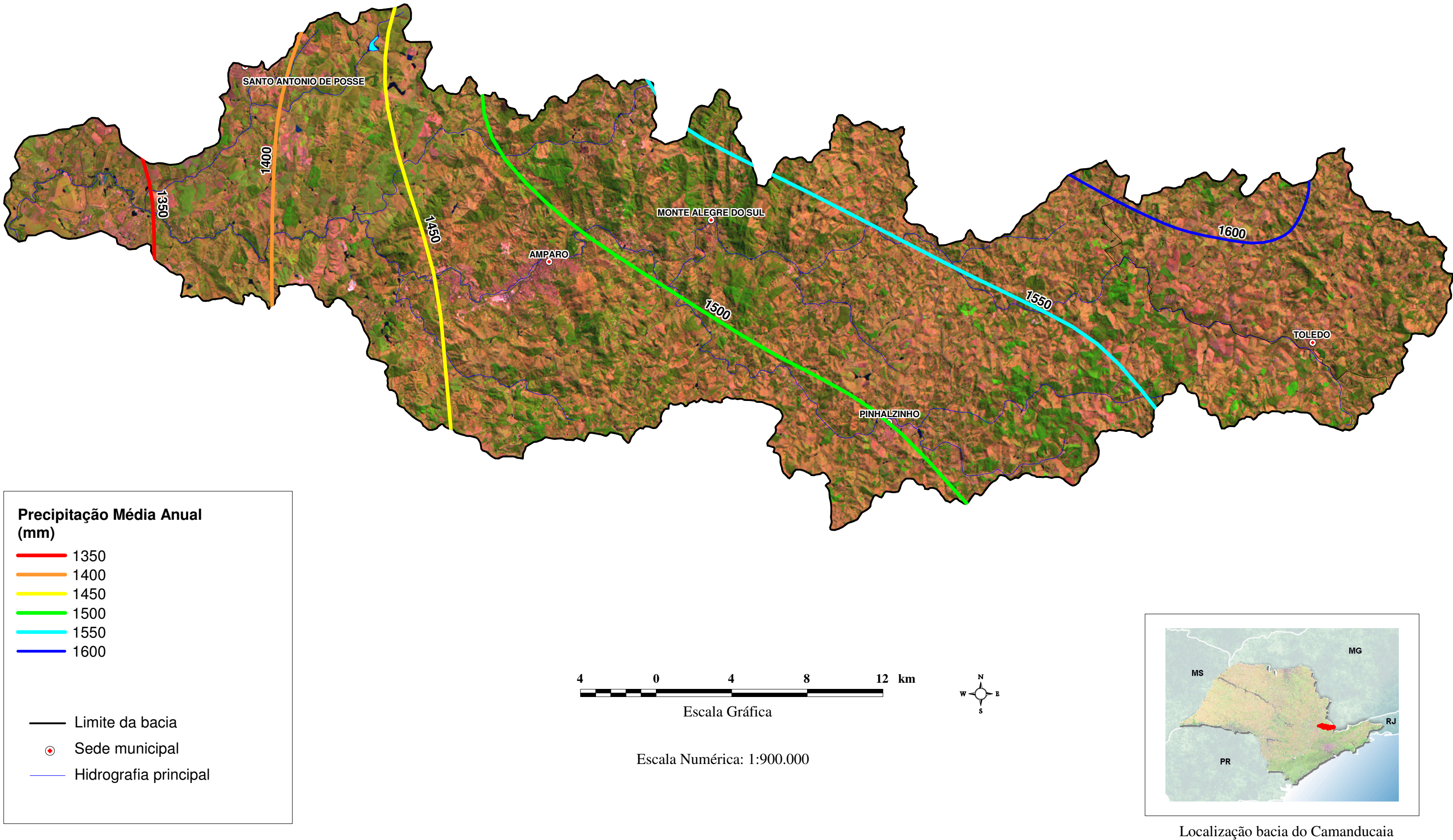
QUADRO 5.9
CLASSES DE FRAGILIDADE DOS SOLOS

<i>Classes de Fragilidade</i>	<i>Tipos de Solos</i>
1- MUITO BAIXA	LATOSSOLO VERMELHO
3- MÉDIA	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, ARGISSOLO VERMELHO

✓ **Geomorfologia**

Para estabelecer os valores de estabilidade da bacia do Camanducaia com relação a geomorfologia foram consideradas as formas de relevo, e foram analisados os índices morfométricos referentes à dissecação do relevo pela drenagem, amplitude altimétrica e declividade.

FIGURA 5.13 - ISOIETAS NA BACIA DO RIO CAMANDUCAIA



Desta maneira, com base nesses parâmetros, os relevos planos a suavemente ondulados como as superfícies pediplanadas, os interflúvios tabulares e as colinas de topos aplainados, receberam valores de estabilidade que variam entre 1 e 2. Para os relevos ondulados, dissecados em colinas, os valores de estabilidade variaram entre 3 e 4. Já os relevos fortemente ondulados a escarpados, dissecados em cristas e pontões, receberam valor 5. O Quadro 5.10 sintetiza os valores adotados para o relevo da bacia do Rio Camanducaia.

QUADRO 5.10
CLASSES DE DISSECAÇÃO DO RELEVO

CLASSES	ÍNDICE DE DISSECAÇÃO
1 - MUITO FRACA	111
2 – FRACA	212 E 213
3 – MÉDIA	232
4 – FORTE	244 E 245
5 - MUITO FORTE	251

✓ *Uso e Ocupação do Solo/Cobertura Vegetal*

Para a análise da proteção dos solos pela cobertura vegetal, a carta de Uso e Ocupação do Solo foi imprescindível. Através de "manchas" identificadas pelos diferentes tipos de uso, assim como agricultura, área urbana em implantação, área industrial, campo antrópico, mata, reflorestamento e solo exposto foram estabelecidos graus de proteção aos solos baseando-se em critérios propostos por Ross (1994)².

Ou seja, a densidade de cobertura vegetal determina a capacidade de proteção da área, determina se o valor se aproxima da estabilidade (1), se apresenta valores intermediários (ao redor de 3), ou se apresenta baixa densidade de cobertura vegetal, sendo então, vulneráveis e apresentando valores próximos a 5, conforme apresentado no Quadro 5.11.

QUADRO 5.11
GRAUS DE PROTEÇÃO DO SOLO SEGUNDO A COBERTURA VEGETAL

Graus de Proteção	Tipos de cobertura vegetal
1 - Muito Alto	Mata
2 - Alto	Reflorestamento
3 - Médio	Campo antrópico
4 – Baixo	Agricultura, área urbana em implantação e área industrial
5 - Muito Baixo	Solo exposto

² ROSS, J. L. S. (1994) "Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados". In: Revista do Departamento de Geografia n°8, FFLCH-USP, São Paulo

✓ **Geologia**

A resistência à erosão das rochas é consequência do grau de coesão das mesmas. Sendo assim, foram atribuídos valores próximos à estabilidade (1) para as rochas que apresentam maior grau de coesão, valores intermediários (ao redor de 3) para as rochas que apresentam valores intermediários no seu grau de coesão, e valores próximos à vulnerabilidade (5) para as rochas que apresentam os menores valores no seu grau de coesão.

Deste modo, com o objetivo de se atribuir uma posição dentro de uma escala de vulnerabilidade à denudação (intemperismo + erosão), absolutamente relativa e empírica, as litologias presentes na bacia do rio Camanducaia foram hierarquizadas em cinco classes segundo o grau de coesão das rochas, conforme proposto por Crepani et al. (2001)³, como apresentado no Quadro 5.12.

QUADRO 5.12
ESCALA DE VULNERABILIDADE DAS ROCHAS

Grau de Vulnerabilidade	Litologias
1 - Muito Fraco	Granitos e granitóides
2 – Fraco	Biotita-gnaiss, Charnóquitos, migmatitos, quartzitos feldespáticos
3 – Médio	-
4 – Forte	Siltitos, folhelhos e tilitos
5 - Muito Forte	Cobertura cenozóicas indiferenciados, e sedimentos aluvionares e rochas calcossilicatada

✓ **Precipitação Pluviométrica**

O clima controla o intemperismo diretamente através da precipitação pluviométrica e da temperatura. A principal causa da denudação é a ação da chuva agindo sobre o solo. Sendo que o produto final desta interação chuva/solo é uma resultante do poder da chuva em causar erosão e da capacidade do solo em resistir à erosão.

As principais características físicas das chuvas envolvidas nos processos erosivos são: a quantidade ou pluviosidade total, a intensidade ou intensidade pluviométrica e a distribuição sazonal. Dentre as três características a mais importante é a intensidade pluviométrica, pois representa uma relação entre as outras duas (quanto chove/quando chove).

³ CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T.; BARBOSA, C. (2001) "Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial". INPE, São José dos Campos, São Paulo.

A maior importância da intensidade pluviométrica é facilmente verificada quando se observa que uma elevada pluviosidade anual, mas com distribuição ao longo de todo período, tem um poder erosivo muito menor do que uma precipitação anual mais reduzida que se despeja torrencialmente num determinado período do ano.

A distribuição sazonal das chuvas é de grande importância na determinação das perdas de solo em áreas ocupadas pela agricultura, as quais podem permanecer sem cobertura vegetal durante um período do ano dependendo do tipo de manejo a que estejam submetidas.

Através destas informações referentes à pluviosidade anual e à duração do período chuvoso, pode-se fazer uma quantificação empírica do grau de risco a que está submetida uma unidade de paisagem. O valor da intensidade pluviométrica para uma determinada área pode ser obtido dividindo-se o valor da pluviosidade média anual (em mm) pela duração do período chuvoso (em meses). Logo, é possível dizer que quanto maiores os valores da intensidade pluviométrica, maior é a erosividade da chuva. Desta forma, é possível criar uma escala de erosividade da chuva representativa da influência do clima nos processos morfodinâmicos.

O Quadro 5.13 apresenta esta escala de erosividade, a qual foi construída a partir da distribuição linear dos diferentes valores de precipitação média anual distribuídos pela bacia do rio Camanducaia, dividido pelo número de meses chuvosos dessa região (correspondente a 8 meses).

QUADRO 5.13
ESCALA DE EROSIVIDADE DA CHUVA

<i>Precipitação Média Anual (mm)</i>	<i>Intensidade Pluviométrica (mm/mês)</i>	<i>Vulnerabilidade</i>
< 1350	165,6	1
1350 – 1400	171,9	2
1400 – 1450	178,1	2
1450 – 1500	184,4	3
1500 – 1550	190,6	4
1550 – 1600	196,8	4
> 1600	203,1	5

Assim, as unidades de paisagem localizadas em regiões que apresentam menores índices pluviométricos anuais e maior duração para o período chuvoso, receberão valores próximos à estabilidade (1), para os valores intermediários associam-se os valores de vulnerabilidade/estabilidade ao redor de (3), e para as unidades localizadas em regiões de maiores índices de pluviosidade anual e menor duração do período chuvoso, são atribuídos valores próximos da vulnerabilidade (5).

Como resultado final, esta metodologia apresenta a vulnerabilidade de cada unidade ambiental em função das informações provenientes de cada tema avaliado: geologia, geomorfologia,

vegetação, solos e clima. Classifica as unidades de paisagem em cinco classes de fragilidade, conforme as características “genéticas” de cada uma das variáveis. Ou seja, cada unidade de paisagem recebe um valor final resultante da somatória dos valores individuais segundo uma equação empírica que busca representar a posição desta unidade dentro da escala de vulnerabilidade natural à perda de solo.

Deve-se ressaltar que cada variável desempenha um papel, uma vez que cada uma delas apresenta um certo grau de influência no ambiente, interferindo com maior ou menor intensidade na determinação do grau de vulnerabilidade à erosão.

Desta forma, pode-se inferir que cada variável tem um grau de importância diferenciado na composição do nível de vulnerabilidade do sistema. Ou seja, as variáveis apresentam diferentes “pesos” (níveis de intensidade) os quais devem indicar sua contribuição relativa na definição do grau de fragilidade.

A equação apresentada a seguir deixa claro os “pesos” relativos atribuídos para cada uma das variáveis envolvidas para a determinação do grau de vulnerabilidade à erosão.

$$VULNERABILIDADE = (G \times 0,1) + (R \times 1,0) + (S \times 0,5) + (V \times 0,8) + (C \times 0,3)$$

Onde:

- G = vulnerabilidade para o tema Geologia
- R = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia
- S = vulnerabilidade para o tema Solos
- V = vulnerabilidade para o tema Vegetação
- C = vulnerabilidade para o tema Clima (Precipitação Pluviométrica)

A aplicação desta equação para a bacia do rio Camanducaia gerou resultados entre 3,9 e 11,9, que foram divididos em cinco intervalos iguais, classificados de 1 a 5. Dentro desta escala de vulnerabilidade as unidades que apresentam maior estabilidade são representadas por valores mais próximos de 1, as unidades de estabilidade intermediária são representadas por valores ao redor de 3, enquanto que as unidades mais vulneráveis apresentam valores mais próximos de 5, conforme apresentado no Quadro 5.14.

QUADRO 5.14
GRAUS DE VULNERABILIDADE/ESTABILIDADE

Fragilidade	Classe	Cor da Classe
Muita Baixa	1	Verde
Baixa	2	Amarelo
Média	3	Laranja
Atla	4	Vermelho
Muito Alta	5	Marrom

O mapa síntese de fragilidade à erosão da bacia do rio Camanducaia está apresentado na Figura 5.14.

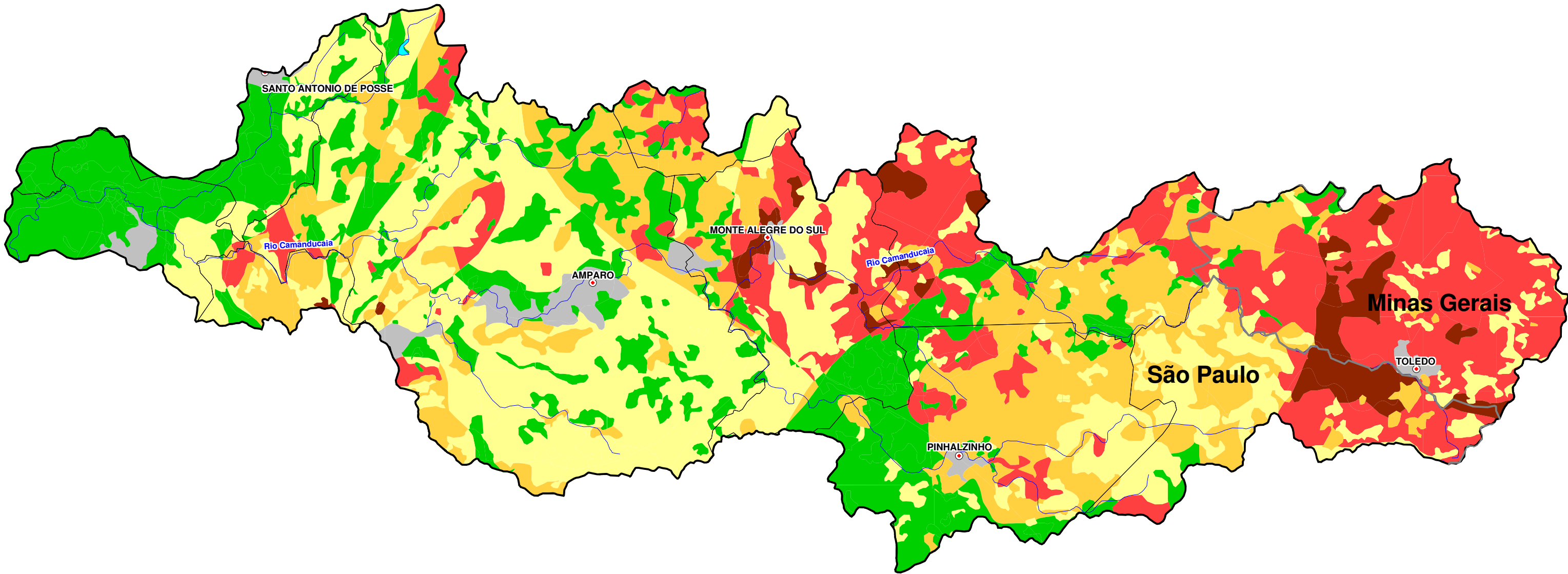
Cabe destacar que a escala adotada para definição de diferentes graus de vulnerabilidade à erosão representa a prioridade a ser dada às ações de reflorestamento na bacia, ou seja, quanto maior a vulnerabilidade, mais urgentes devem ser as atividades de recomposição da cobertura vegetal previstas.

Verifica-se que quase toda a área da bacia situada no Estado de Minas Gerais, bem como suas cabeceiras, com destaque às áreas situadas no município de Monte Alegre do Sul foram mapeadas em graus de muito alta ou alta vulnerabilidade à erosão.

Esse resultado é semelhante ao encontrado por estudo realizado pelo Consórcio PCJ⁴ (ver Figura 5.15), para estabelecimento de áreas prioritárias para reflorestamento na bacia do rio Camanducaia, apresentando, contudo, um maior nível de detalhamento, o que facilita a delimitação das áreas a serem objeto de ações emergenciais e permite melhor programar os investimentos, em face dos recursos disponíveis. Além disso, o mapa-síntese da Figura 5.6 foi elaborado a partir de um minucioso estudo para interpretação de imagens de satélite atualizadas para o ano de 2007, com destaque ao mapeamento do uso e ocupação do solo e cobertura vegetal.

⁴ Consórcio PCJ, 2007. Subsídios – Bacia do Rio Camanducaia. Base de Dados: Plano Diretor de Reflorestamento das bacias PCJ. Americana, 2007

FIGURA 5.14 - VULNERABILIDADE À EROSÃO NA BACIA DO RIO CAMANDUCAIA



Fragilidade à erosão

- Muito Baixa
- Baixa
- Média
- Alta
- Muito Alta

— Limite da Bacia do Camanducaia

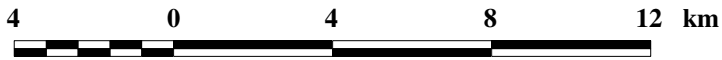
— Limite Estadual

— Limite Municipal

● Sede municipal

— Hidrografia principal

■ Área Urbana



Escala Gráfica

Escala Numérica: 1:900.000



Localização bacia do Camanducaia

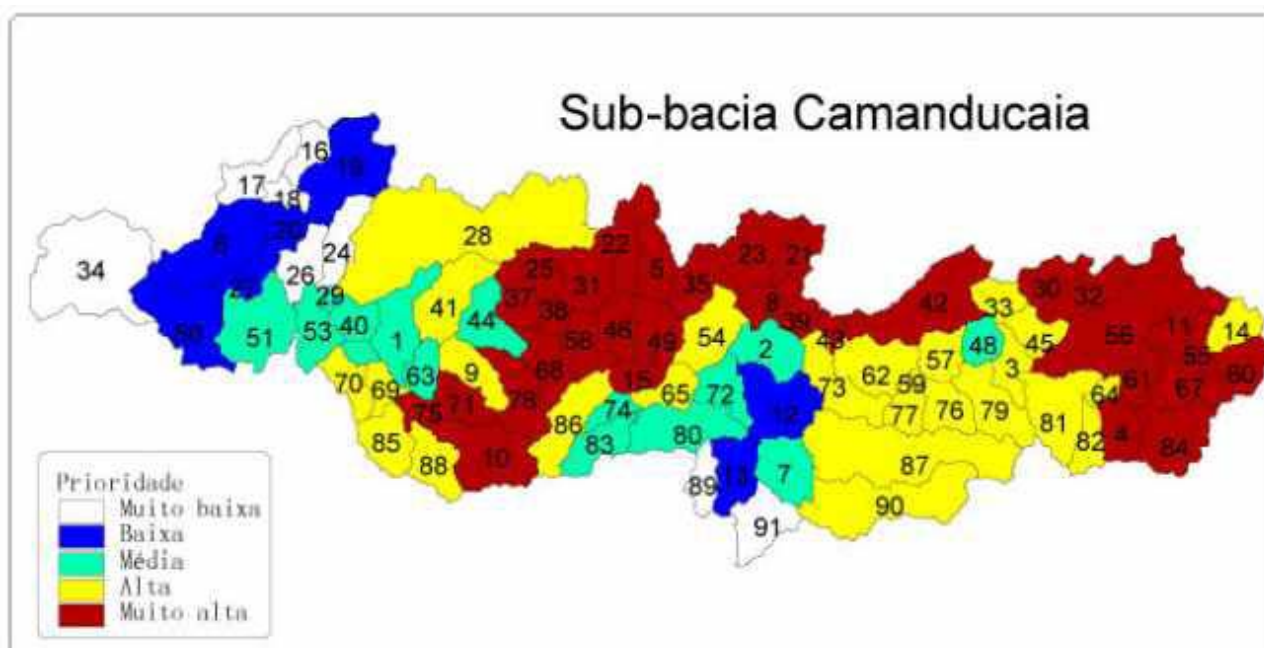


Figura 5.15 – Microbacias definidas para reflorestamento pelo Consórcio PCJ (Fonte Consórcio PCJ, 2007, op. cit.)

6. COMPARAÇÃO COM OS ESTUDOS DA SABESP

Conforme solicitado no Parecer Técnico GT-Empreendimentos n. 3/2006 – com alterações, aprovado pela CT-PL em sua 20ª. Reunião Ordinária em 07/11/2006 do Comitê de Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí e especificado no escopo dos serviços solicitados pela Petrobrás no presente contrato, os trabalhos devem contemplar estudo comparativo entre a implementação da barragem do Camanducaia e das alternativas de abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP - a serem desenvolvidos pela SABESP em atendimento à Portaria DAEE 1213, de 06 de agosto de 2004, visando aos novos mananciais e conseqüente desoneração do Sistema Cantareira; com a implementação de novas regras de operação do mesmo.

No entanto a realização dos referidos estudos comparativos ficou prejudicada pois, até o presente momento, a SABESP não realizou os estudos solicitados.

Em 2008 o DAEE apresentou a Concorrência Pública n. 007/DAEE/2008/DLC com entrega em meados de agosto e atualmente em análise, para a elaboração do Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista. No escopo dos trabalhos é estabelecido que:

“O Plano deverá se constituir basicamente da avaliação da situação atual e futura das disponibilidades e demandas dos múltiplos usos dos recursos hídricos e dos conseqüentes conflitos, existentes e

potenciais, e da proposição de alternativas para resolução desses conflitos, sob o enfoque de aproveitamentos integrados das bacias envolvidas”

Desta forma o plano de recursos hídricos resultante deste estudo, o qual deverá ter duração aproximada de 1 ano, deveria ser o objeto dos estudos comparativos.

7. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS NA QUANTIDADE E QUALIDADE A JUSANTE DA REPLAN

Este capítulo apresenta uma síntese da disponibilidade hídrica quanti-qualitativa da bacia do rio Piracicaba a jusante da REPLAN, considerando os impactos decorrentes da ampliação da outorga da Refinaria para captação no rio Jaguari e lançamento de efluentes no rio Atibaia.

7.1 AVALIAÇÃO TRECHO A TRECHO

A disponibilidade hídrica a jusante da REPLAN pode ser subdividida em três grandes segmentos: rio Atibaia, rio Jaguari e rio Piracicaba. A seguir é apresentada caracterização da disponibilidade hídrica nesses segmentos, tanto em quantidade quanto em qualidade.

7.1.1 Rio Atibaia

A análise da Figura 3.4 mostra que no rio Atibaia a seção crítica em termos de disponibilidade hídrica está localizada em Sousas, junto à captação da SANASA para Campinas. Nesta seção, considerando as demandas futuras e a operação do Sistema Cantareira, as vazões no rio Atibaia resultam superiores em cerca de 3 m³/s em relação à demanda acumulada na seção. Se forem consideradas as vazões mínimas operadas para a mesma situação, estas praticamente igualam a demanda acumulada.

Com o retorno das vazões de Campinas, na seção da foz do ribeirão Anhumas, a disponibilidade hídrica do rio Atibaia passa a ser superior em pelo menos 6 m³/s quando consideradas as vazões com 95% de permanência e em pelo menos 3 m³/s quando consideradas as vazões mínimas operadas. Esta situação se verifica, em especial, no local do lançamento da REPLAN no rio Atibaia e na captação para o abastecimento de Sumaré.

As alterações provocadas no comportamento da DBO no rio Atibaia devido à ampliação da outorga da REPLAN, a jusante da Refinaria, seja no cenário atual, seja no cenário de 2025, são insignificantes em termos do parâmetro analisado. Essa constatação é válida para o lançamento de cargas médias e cargas máximas da REPLAN.

As concentrações elevadas de DBO no rio Atibaia, a jusante da REPLAN, decorrem do lançamento de cargas orgânicas de outras fontes, tais como as sedes urbanas.

Para o rio Atibaia, a possibilidade de que sejam implantados os barramentos estudados não causará alterações na situação simulada, visto que os aproveitamentos previstos não resultam em aumento das vazões desse rio.

7.1.2 Rio Jaguari

No rio Jaguari a seção crítica é a foz do rio Camanducaia, local onde se somam as demandas das cidades de Pedreira e Jaguariúna, abastecidas por este rio, e as demandas do rio Camanducaia, onde se destaca a cidade de Amparo (Figura 3.5). Nesta seção, ao se analisar a disponibilidade hídrica constata-se que as vazões operadas com 95% de permanência superam as demandas em mais de 5 m³/s. Mesmo quando são consideradas as vazões mínimas operadas, estas são superiores em cerca de 3 m³/s em relação às demandas previstas para o ano de 2.025. Esta situação é praticamente constante desde a foz do rio Camanducaia até aproximadamente a seção de captação da REPLAN, a partir de onde a disponibilidade hídrica aumenta como resultado do incremento significativo de área da bacia de drenagem.

No caso de ser definida a implantação de barramentos em qualquer dos dois rios (Jaguari ou Camanducaia) a disponibilidade hídrica aumentará resultando em diferenças maiores entre as vazões operadas e as demandas acumuladas neste trecho.

Considerando as vazões captadas atualmente pela REPLAN e a ampliação prevista, em termos de qualidade da água, a captação não causa impactos nas concentrações de DBO no rio Jaguari a jusante, nem na situação atual (2007) nem no cenário de 2025, dada a pequena diferença de vazões, de apenas 0,114 m³/s.

Caso sejam implantados os barramentos estudados nos rios Camanducaia e/ou Jaguari, a diluição das cargas de DBO no rio Jaguari será favorecida, tanto a montante quanto a jusante da captação da REPLAN.

7.1.3 Rio Piracicaba

A Figura 3.6 apresenta as demandas acumuladas e vazões operadas para o rio Piracicaba. Conforme pode ser constado nessa figura, as vazões operadas tanto com permanência de 95% como as mínimas são sempre significativamente superiores às demandas acumuladas. Com a implantação de qualquer barramento para melhoria das condições a montante, esta diferença aumentará.

Quanto à concentração de DBO no rio Piracicaba para o cenário atual e após a ampliação da outorga da REPLAN, considerando tanto o lançamento de cargas médias como de cargas máximas de DBO no rio Atibaia, os estudos realizados mostraram que o impacto provocado é insignificante, em termos do parâmetro analisado, situação válida para o cenário atual e para o cenário de cargas de 2025.

A implantação de barramentos nos rios Camanducaia ou Jaguari deverá contribuir para reduzir ainda mais o impacto do lançamento da REPLAN no rio Piracicaba, dada a maior diluição de cargas orgânicas prevista.

8. ANÁLISE DA TRANSFERÊNCIA DA CAPTAÇÃO DA CIDADE DE SUMARÉ DO RIO ATIBAIA PARA O RIO JAGUARI

Neste capítulo, apresentam-se os estudos realizados para verificar a conveniência de que a captação para abastecimento da cidade de Sumaré, hoje realizada no rio Atibaia, seja relocada para o rio Jaguari, considerando uma avaliação da disponibilidade hídrica quanti-qualitativa desses dois cursos d'água. As Fotos 8.1 e 8.2 apresentam aspectos da captação atual no rio Atibaia.

8.1 AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA QUANTITATIVA

Conforme mostrado no item anterior, tanto no local atual (rio Atibaia) como no local em avaliação para mudança da captação (rio Jaguari), sendo ambas as seções a jusante da REPLAN, as vazões mínimas operadas superam as demandas acumuladas em pelo menos 3 m³/s. As vazões operadas com permanência de 95% superam as demandas em 5 ou 6 m³/s, possibilitando que a captação seja localizada em qualquer dos rios com a mesma garantia de atendimento.

8.2 AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA QUALITATIVA

Conforme exposto em detalhes no Volume IV deste relatório, em termos de qualidade das águas, a modelagem realizada avaliou os resultados das simulações em trecho do rio Jaguari indicado para uma possível localização da nova captação de água para abastecimento da cidade de Sumaré, localizado no município de Cosmópolis, entre as coordenadas 7488222,91N 278298,97L e 7492008,78N 265814,32L. Esse segmento do rio Jaguari corresponde a três trechos adotados para a modelagem matemática, denominados, respectivamente, "LJagua 25", "LJagua 26" e "LJagua 27".

O Quadro 8.1 apresenta uma síntese dos resultados obtidos nas simulações para o cenário de cargas máximas, nos três trechos considerados. Verifica-se que o valor de DBO mais elevado é encontrado no LJagua 25, mesmo assim, compatível com o uso das águas para abastecimento público, segundo critérios da Resolução CONAMA n° 357/2005, para águas de classe 2 (DBO ≤ 5 mg/L).

Quando analisada a influência dos novos barramentos pesquisados, a qualidade da água do trecho considerado mostra-se ainda melhor.



Foto 8.1 – Rio Atibaia defronte à captação de Sumaré.



Foto 8.2 – Captação de Água para Sumaré no rio Atibaia.

QUADRO 8.1
RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES PARA O PARÂMETRO DBO (MG/L) PARA O TRECHO
SELECIONADO NO RIO JAGUARI PARA IMPLANTAÇÃO DE FUTURA CAPTAÇÃO PARA
ABASTECIMENTO DE SUMARÉ

CENÁRIO	DENOMINAÇÃO DO TRECHO ADOTADO PARA A MODELAGEM MATEMÁTICA	6 RESERVATÓRIOS	5 RESERVATÓRIOS	2 RESERVATÓRIOS	SEM NOVOS RESERVATÓRIOS
2007	LJAGUA 25	3,0	3,0	3,2	3,7
	LJAGUA 26	2,9	2,9	3,1	3,6
	LJAGUA 27	2,7	2,7	2,9	3,3
2025	LJAGUA 25	3,4	3,4	3,7	4,3
	LJAGUA 26	3,3	3,3	3,6	4,2
	LJAGUA 27	3,0	3,1	3,3	3,9

Portanto, sob o ponto de vista da qualidade das águas, o rio Jaguari apresenta condições satisfatórias para servir como manancial de abastecimento público da cidade de Sumaré, quer na situação atual, quer na situação futura, simulada para um cenário de cargas de DBO nesse rio para o ano de 2025.

No rio Atibaia, a atual captação para Sumaré encontra-se no trecho denominado LAT32 para efeitos da aplicação da modelagem matemática. Os resultados da simulação da qualidade da água para o cenário de lançamento de cargas máximas da REPLAN, nos anos de 2007 e de 2025, estão mostrados no Quadro 8.2, com a ressalva de que o rio Atibaia não é afetado pela implantação dos novos barramentos estudados.

QUADRO 8.2
RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES PARA O PARÂMETRO DBO (MG/L) PARA O TRECHO DO RIO
ATIBAIA EM QUE SE LOCALIZA A ATUAL CAPTAÇÃO PARA ABASTECIMENTO DE SUMARÉ

Cenário	Denominação do Trecho Adotado para Modelagem Matemática	DBO (mg/L)
Cenário 2007	LAT32	10,4
Cenário 2025		18,6

Comparando os valores das últimas colunas dois quadros anteriores, observa-se que o rio Jaguari apresenta melhor qualidade da água do que o rio Atibaia, em termos do parâmetro DBO, tanto em 2007 quanto em 2005.

8.3 RECOMENDAÇÕES

Os estudos realizados pela ENGEORPS concluíram que o rio Jaguari apresenta condições para implantação de uma captação para abastecimento da cidade de Sumaré, tanto sob o ponto de vista da quantidade quanto da qualidade da água.

Os estudos realizados mostram que para o ano de 2025 as vazões operadas mínimas suplantam as demandas acumuladas do rio Jaguari a jusante da captação da REPLAN, onde está prevista a implantação da captação para Sumaré em pelo menos 3 m³/s. Quando se consideram as vazões com permanência de 95% a diferença aumenta para valores da ordem de 5 m³/s.

Quanto à qualidade das águas, no cenário de cargas máximas, o maior valor da DBO em 2007 no rio Jaguari, no segmento selecionado para receber a futura captação para Sumaré, mesmo sem a implantação de nenhum dos barramentos estudados é de 3,7 mg/L, enquanto no rio Atibaia, para o mesmo ano, esse parâmetro alcança o valor de 10,4 mg/L. Em 2025, esses valores são, respectivamente, de 4,3 mg/L no rio Jaguari, e de 18,6 mg/L no rio Atibaia.

Portanto, sob o ponto de vista da qualidade das águas, a opção de transferência da captação para Sumaré do rio Atibaia para o rio Jaguari mostra-se atraente, sem serem observados empecilhos no aspecto quantidade, pois em ambos os rios a disponibilidade hídrica é superior às demandas acumuladas.

Certamente no aspecto implantação das obras haverá um custo adicional, referente à construção de uma nova captação no rio Jaguari e a adução no trecho entre o rio Jaguari e o rio Atibaia, quando se considera o aproveitamento das instalações existentes. Em termos operacionais haverá um aumento de custo referente à energia do bombeamento adicional, enquanto que os gastos com tratamento da água possam vir a ser menores.

9. PRODUÇÃO ENERGÉTICA

A modelagem matemática e computacional da operação dos reservatórios foi desenvolvida utilizando a equação da continuidade e teve como função objetivo o atendimento da vazão objetivo pré-fixada. Foi também analisada a produção de energia em cada barramento, sendo que a energia gerada foi tratada como um benefício marginal resultante das vazões defluentes que poderiam ser aduzidas pela casa de força no limite do engolimento das máquinas.

As simulações foram desenvolvidas com passo mensal no período de janeiro de 1930 a dezembro de 2003. No início da simulação o NA do reservatório correspondeu ao NA máximo normal.

Para cada aproveitamento foram feitas as simulações para diversas vazões objetivo. Estas simulações permitiram determinar as vazões associadas às garantias de 80 a 100%, entendidas como a percentagem dos meses em que a vazão objetivo é igualada ou superada, como no caso dos vertimentos.

Para cada aproveitamento foi avaliado o potencial energético através da simulação da produção hidrelétrica, considerando as seguintes hipóteses:

- ✓ operação com objetivo de suprir a vazão objetivo correspondendo a garantia de 100%;
- ✓ perda de carga no circuito de adução de 3%;
- ✓ rendimento do conjunto turbina-gerador de 87,3%;
- ✓ fator de indisponibilidade de 5%.

A potência instalada foi estimada considerando um fator de capacidade de 60%, calculado iterativamente com base na energia assegurada. Esta escolha resulta da experiência de análises econômicas de pequenas centrais hidrelétricas que, usualmente, indicam fatores de capacidade entre 60 e 70%.

O Quadro 9.1 apresenta um resumo dos dados operacionais dos aproveitamentos selecionados, incluindo a localização, os NA operacionais, os volumes totais e úteis dos reservatórios, as quedas brutas e o tipo de turbina que seria implantado para geração hidrelétrica.

QUADRO 9.1
DADOS OPERACIONAIS DOS APROVEITAMENTOS SELECIONADOS

Aproveitamentos	Localização	Coordenadas		Nível Normal (m)			Volume Acumulado (hm ³)			Quedas Brutas (m)		Tipo de Turbina
		Norte (m)	Leste (m)	NA máximo	NA mínimo	NA de jusante	NA máximo	NA mínimo	Volume Útil	Máxima	Mínima	
Panorama	Rio Jaguari, a montante da UHE Jaguari.	7.473.240	309.960	742	725	712,5	38,9	5,9	32,99	29,50	12,50	Kaplan
J3 – Pedreira	Rio Jaguari a jusante da UHE Jaguari	7.481.150	304.350	638	613	587,5	52,0	10,2	41,76	50,50	25,50	Francis
J6 – Cosmópolis	Rio Jaguari nas proximidades de Cosmópolis	7.491.019	273.168	540	530	522,5	26,3	2,0	24,29	17,50	7,50	Kaplan
Rubinho	Rio Camanducaia a montante da Rod. Socorro Bragança Paulista	7.487.166	340.909	890	875	852,5	5,7	1,8	3,98	37,50	22,50	Francis
Duas Pontes	Rio Camanducaia próximo ao bairro de Duas Pontes	7.490.687	307.236	645	625	612,5	61,8	5,3	56,44	32,50	12,50	Kaplan
Camanducaia	Rio Camanducaia próximo à foz no rio Jaguari	7.489.800	303.040	605	583	572,5	9,2	0,6	8,60	32,50	10,50	Kaplan
Pirapitingui	Rib Pirapitingui, afluente do Jaguari em Cosmópolis	7.495.700	282.950	563	558	542,5	77,4	37,2	40,15	20,50	15,50	Kaplan

O Quadro 9.2 apresenta um resumo dos resultados obtidos para a geração de energia nos aproveitamentos selecionados. As séries de energia gerada em cada aproveitamento estão apresentadas o Anexo VII do Volume III – Estudos Hidrológicos e Operacionais. A Figura 9.1 apresenta as curvas de permanência de energia gerada nos vários aproveitamentos.

QUADRO 9.2
GERAÇÃO DE ENERGIA NOS APROVEITAMENTOS

Parâmetros	Aproveitamentos Selecionados						
	Panorama	Pedreira	Cosmópolis	Rubinho	Duas Pontes	Camanducaia	Pirapitingui
Rio	Rio Jaguari	Rio Jaguari	Rio Jaguari	Rio Camanducaia	Rio Camanducaia	Rio Camanducaia	Rib. Pirapitingui
Vazão Média (m³/s)	17,2	18,2	39,8	4,1	14,1	14,5	7,2
Volume Útil (hm³)	33,0	41,8	24,3	4,0	56,4	8,6	40,1
Potência Instalada (kW)	4.767	8.835	7.244	1.732	5.222	5.391	1.588
Energia Assegurada (kWmed)	2.863	5.303	4.343	1.039	3.134	3.235	953

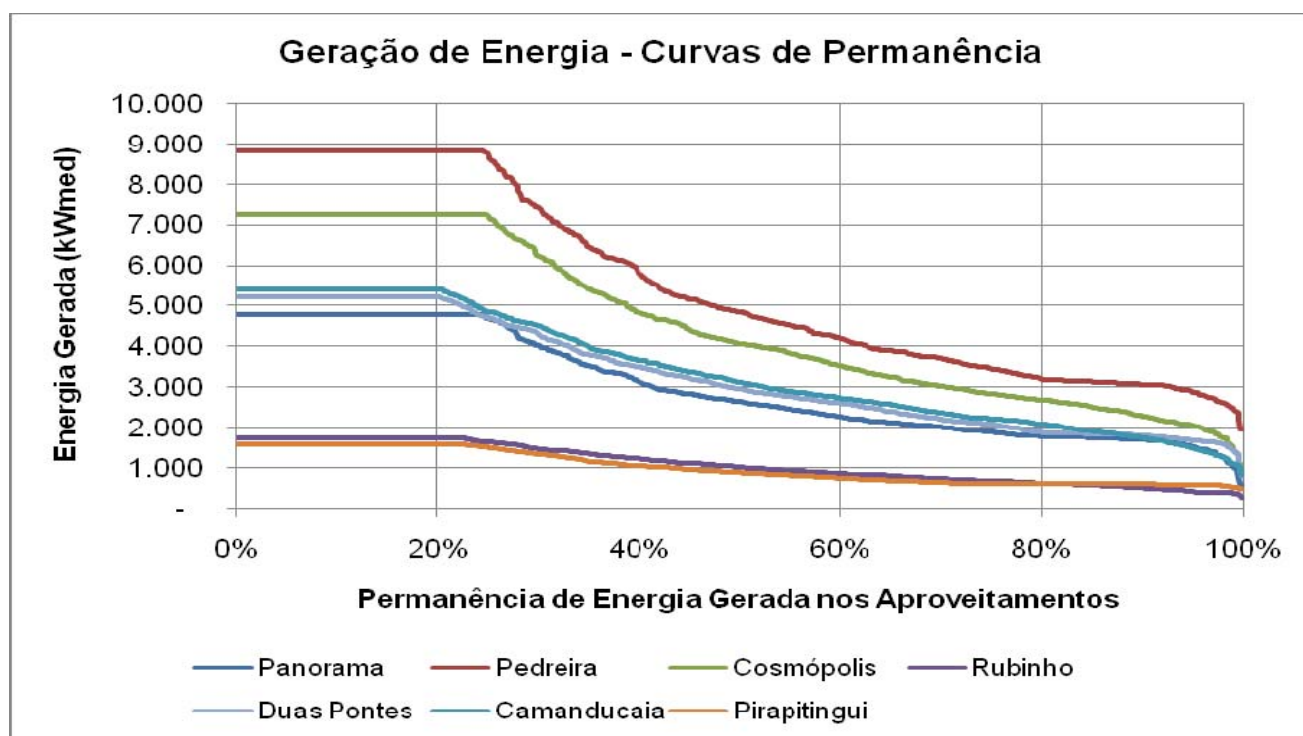


Figura 9.1 – Curvas de Permanência de Energia Gerada nos Aproveitamentos