

RESOLUÇÃO CONJUNTA ANA/DAEE Nº 428, DE 04 DE AGOSTO DE 2004

Dispõe sobre as condições de operação dos reservatórios Jaguari-Jacareí, Cachoeira e Atibainha, localizados na Bacia do Rio Piracicaba, pertencentes ao Sistema Cantareira.

O DIRETOR-PRESIDENTE DA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA, no uso da atribuição que lhe confere o art. 16, inciso III, do Regimento Interno aprovado pela Resolução nº 9, de 17 de abril de 2001, torna público que a **DIRETORIA COLEGIADA**, em sua 134ª Reunião Ordinária, realizada em 04 de agosto de 2004, e o **SUPERINTENDENTE DO DEPARTAMENTO DE ÁGUAS ENERGIA ELÉTRICA - DAEE**, do Estado de São Paulo, no uso de suas atribuições, definidas nos artigos 9º e 10º da Lei do Estado de São Paulo nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, tendo em vista os elementos constantes do Processo nº 02501.000673/2004-86, protocolado na ANA e dos Autos DAEE nº 9805040.

considerando o disposto no art. 4º, inciso XII, da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, que estabelece caber à ANA definir e fiscalizar as condições de operação de reservatórios por agentes públicos e privados, visando a garantir o uso múltiplo dos recursos hídricos, conforme estabelecido nos planos de recursos hídricos das respectivas bacias hidrográficas;

considerando o disposto no art. 4º da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que estabelece que a União articular-se-á com os Estados tendo em vista o gerenciamento dos recursos hídricos de interesse comum;

considerando o art. 8º da Lei do Estado de São Paulo de nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, que estabelece que o Estado, observados os dispositivos constitucionais relativos à matéria, articular-se-á com a União, outros Estados vizinhos e municípios, para o aproveitamento e controle dos recursos hídricos em seu território;

considerando a importância do Sistema Cantareira para o atendimento das demandas de água da Região Metropolitana de São Paulo e das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí;

considerando a necessidade de serem fixadas as condições de operação para os reservatórios Jaguari-Jacareí, Cachoeira e Atibainha, localizados na Bacia do Rio

Piracicaba, doravante denominados Sistema Equivalente, pertencente ao Sistema Cantareira, para subsidiar a renovação de sua outorga de direito de uso dos recursos hídricos;

considerando os resultados dos estudos realizados pela ANA e pelo DAEE;

considerando as recomendações para o estabelecimento das condições para renovação da concessão da outorga para o Sistema Cantareira procedentes do Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, instituído pelo Decreto do presidente da República de 20 de maio de 2002, nos termos da Lei nº 9.433, de 1997, do Comitê da Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí e do Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, instituídos nos termos da Lei do Estado de São Paulo nº 7.663, de 1991,

Resolvem:

Art. 1º A operação do Sistema Cantareira observará o limite de vazão de retirada, denominado X, obtido em função do estado do Sistema Equivalente, segundo a tabela e correspondentes curvas mensais do Anexo I a esta Resolução.

§1º A capacidade do Sistema Equivalente representa a soma dos volumes úteis operacionais existentes nos reservatórios de Jaguari-Jacareí, Cachoeira e Atibainha, totalizando 978, 57 hm³.

§2º A vazão de retirada do Sistema Equivalente, denominada Q, é a soma da vazão de transferência para a bacia do Alto Tietê, através do Túnel 5, denominada Q₁, e da soma das vazões defluentes dos reservatórios de Jaguari-Jacareí, Cachoeira e Atibainha para a Bacia do Rio Piracicaba, excluindo-se os vertimentos, denominada Q₂.

§3º A tabela e as correspondentes curvas mensais de que trata o caput foram calculadas com o emprego de “Curvas de Aversão a Risco”, conforme Nota Técnica Conjunta ANA-DAEE.

Art. 2º O limite de vazão de retirada de que trata o art. 1º será fracionado em duas parcelas, denominadas X₁ e X₂, correspondentes respectivamente à região metropolitana de São Paulo e à Bacia do Rio Piracicaba, de tal forma que $X = X_1 + X_2$ e obedecerá a seguinte ordem de prioridade:

Usuário	Limite de vazão de retirada (m ³ /s)	Prioridade
Região Metropolitana primária	24,8	1
Bacia do Piracicaba primária	3,0	1
Região Metropolitana secundária	6,2	2
Bacia do Piracicaba secundária	2,0	2

Parágrafo único. No caso de não ser possível atender a soma dos valores com a mesma prioridade, o rateio será proporcional à participação de cada um no total referente à mesma prioridade.

Art. 3º Na última semana de cada mês, a ANA e o DAEE emitirão comunicado conjunto informando à SABESP e ao Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí os limites superiores para Q_1 e Q_2 para o mês subsequente, de acordo com as condicionantes que permitem a distribuição mensal das demandas a partir da contabilização dos volumes não utilizados que cada usuário tem direito, para posterior compensação, estabelecidas no Anexo II.

Parágrafo Único. Para os efeitos desta Resolução, o Comitê referido no caput é o instituído pelo Decreto do Presidente da República, de 20 de maio de 2002, nos termos da Lei nº 9.433, de 1997.

Art. 4º Respeitadas as condicionantes descritas no art. 3º, os valores de Q_1 e Q_2 para o mês subsequente serão definidos respectivamente pela SABESP e pelo Comitê.

§ 1º Se a SABESP não informar tempestivamente o valor de Q_1 , será adotado o valor X_1 .

§ 2º Se o Comitê não informar tempestivamente o valor de Q_2 , será adotado o valor X_2 .

§ 3º A SABESP acionará as estruturas hidráulicas do Sistema Equivalente em absoluta consonância com o estabelecido no caput.

Art. 5º A SABESP fica obrigada a implantar, manter e operar as estações de monitoramento contínuo dos níveis de água das estações fluviométricas e limnimétricas nos pontos de controle do Sistema Cantareira e disponibilizar as informações em tempo real.

§ 1º Cada estação fluviométrica deverá ser apoiada por medições regulares de vazão, que permitam a manutenção atualizada de curva de descarga para o local.

§ 2º A SABESP terá o prazo de seis meses, contado da publicação desta Resolução, para ajustar com a ANA e o DAEE o programa de implantação das estações nos pontos de controle e a definição de seus respectivos procedimentos operacionais.

§ 3º As estações referidas no § 2º deverão estar implantadas no prazo de até doze meses da aprovação do programa.

Art. 6º A SABESP deverá, em até doze meses, a partir da publicação desta Resolução, providenciar a atualização das curvas cota *versus* área superficial e cota *versus* volume para os reservatórios do Sistema Cantareira.

Parágrafo único. As “Curvas de Aversão a Risco” deverão ser refeitas com os dados resultantes da atualização das curvas cota *versus* volume.

Art 7º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

JERSON KELMAN

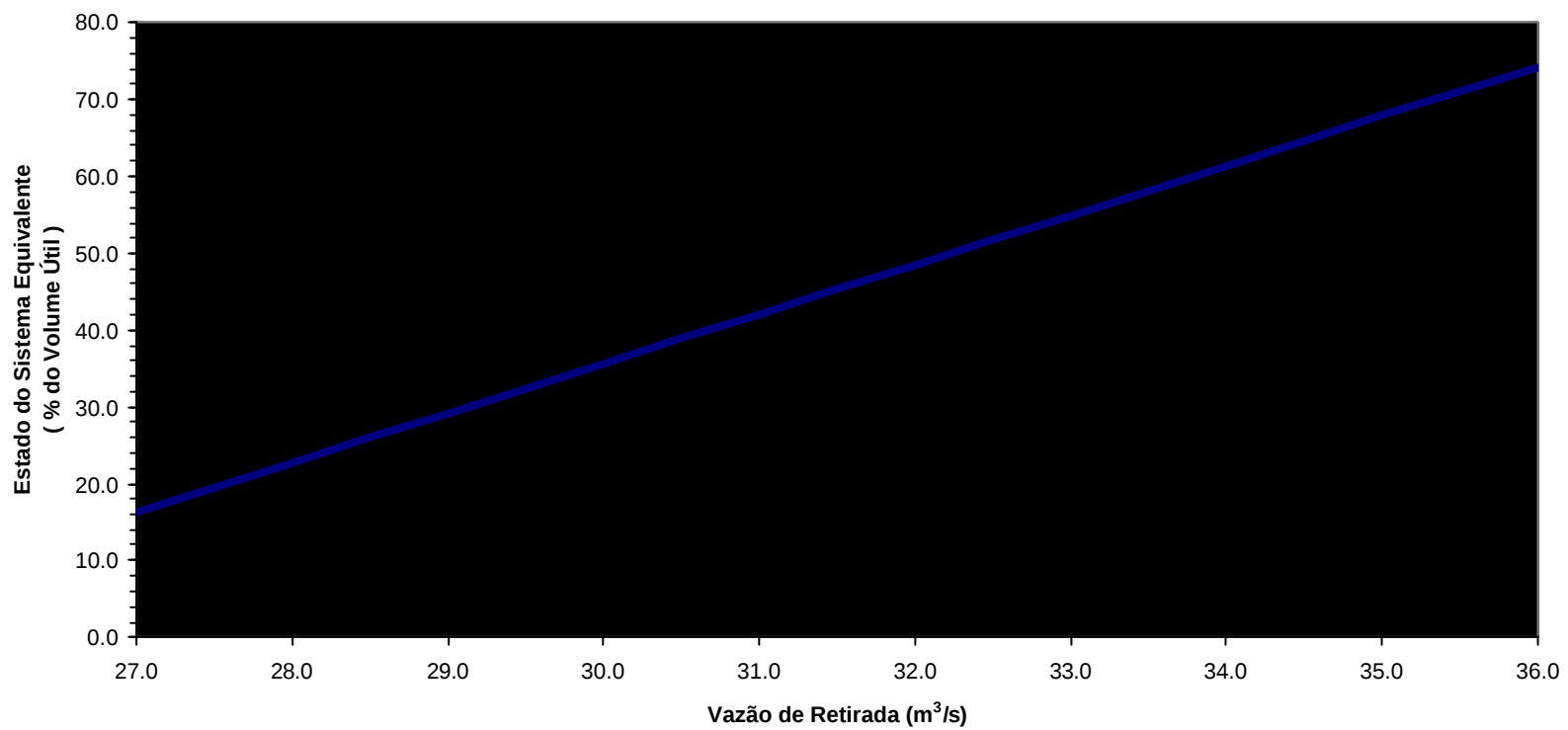
RICARDO BORSARI

ANEXO I

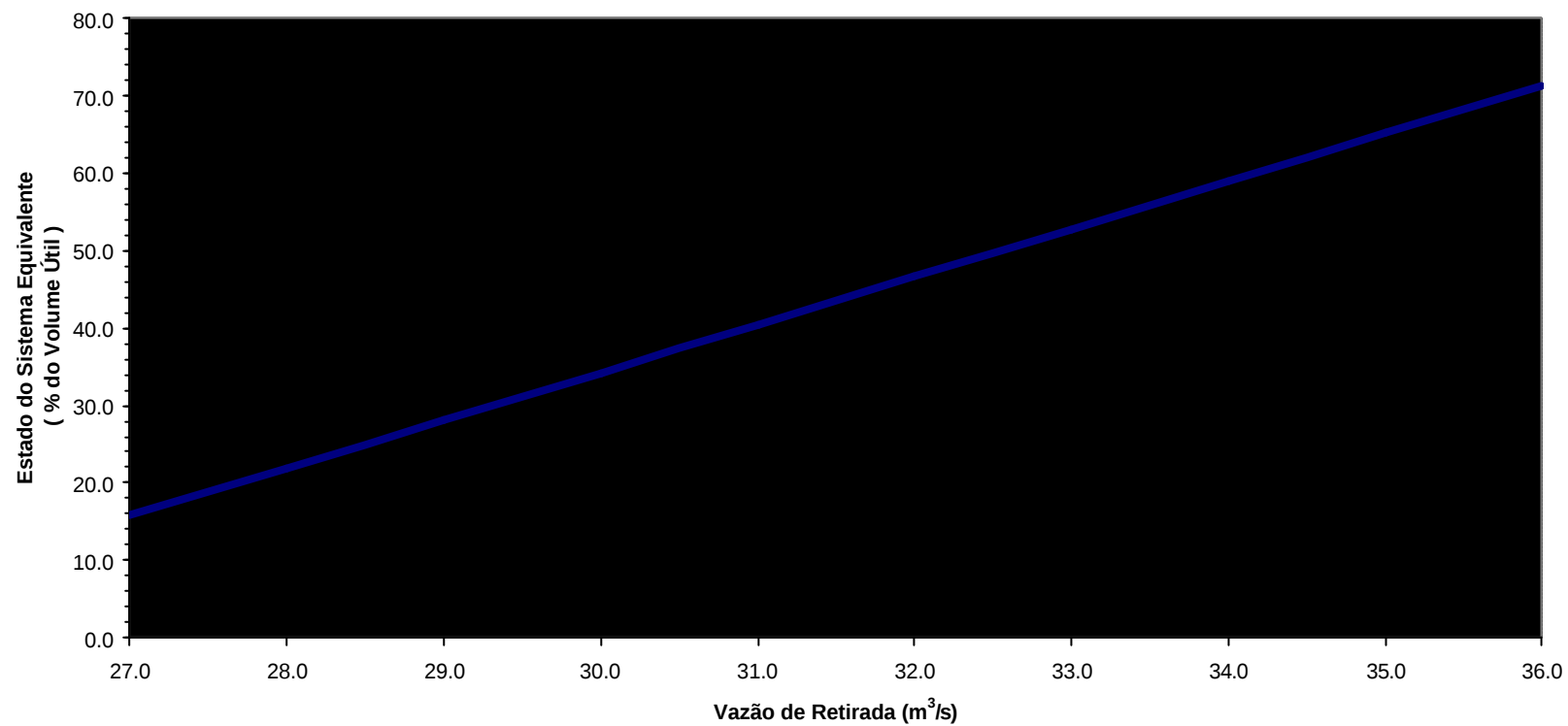
LIMITES DE VAZÃO DE RETIRADA EM FUNÇÃO DO ESTADO DO SISTEMA EQUIVALENTE

Limite da Vazão de Retirada (m ³ /s)	Estado do Sistema Equivalente (% do Volume Útil)											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
27,0	16,3	15,7	15,8	15,8	16,6	15,3	12,9	9,9	6,6	3,0	0,0	0,0
28,0	22,7	21,9	21,7	21,5	22,0	20,4	17,7	14,5	10,9	7,1	3,8	2,5
29,0	29,2	28,1	27,6	27,1	27,4	25,5	22,6	19,1	15,2	11,1	7,5	6,0
30,0	35,6	34,3	33,5	32,7	32,8	30,6	27,4	23,6	19,4	15,1	11,3	9,5
31,0	42,1	40,4	39,4	38,4	38,1	35,7	32,2	28,2	23,7	19,1	15,0	13,0
32,0	48,5	46,6	45,3	44,0	43,5	40,8	37,1	32,8	28,0	23,2	18,8	16,5
33,0	55,0	52,8	51,2	49,7	48,9	45,9	41,9	37,3	32,3	27,2	22,6	20,0
34,0	61,4	59,0	57,1	55,3	54,2	51,0	46,7	41,9	36,6	31,2	26,3	23,5
35,0	67,8	65,2	63,0	60,9	59,6	56,1	51,6	46,4	40,9	35,3	30,1	27,0
36,0	74,3	71,3	68,9	66,6	65,0	61,2	56,4	51,0	45,2	39,3	33,8	30,5

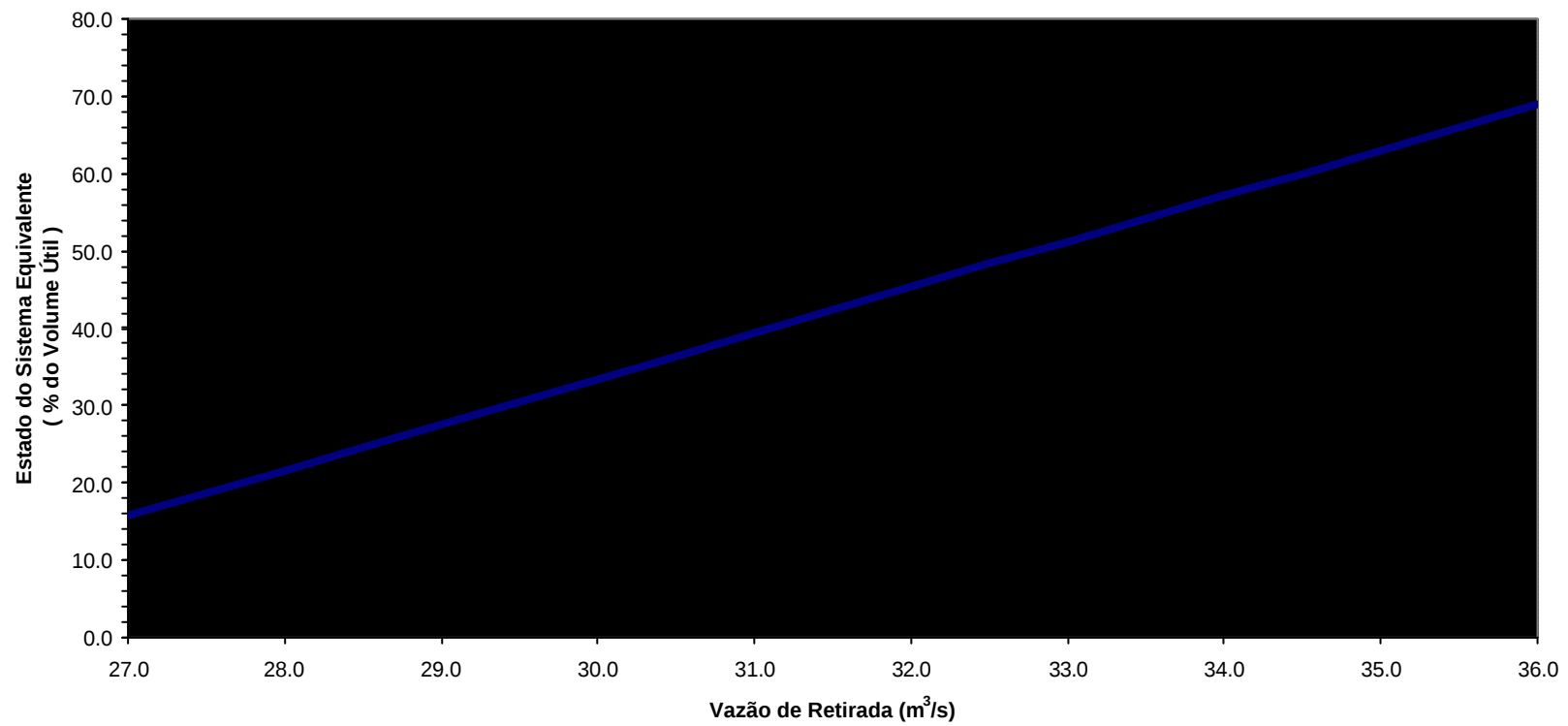
Limite de Vazões de Retirada em função do Estado do Sistema Equivalente
Mês de Janeiro



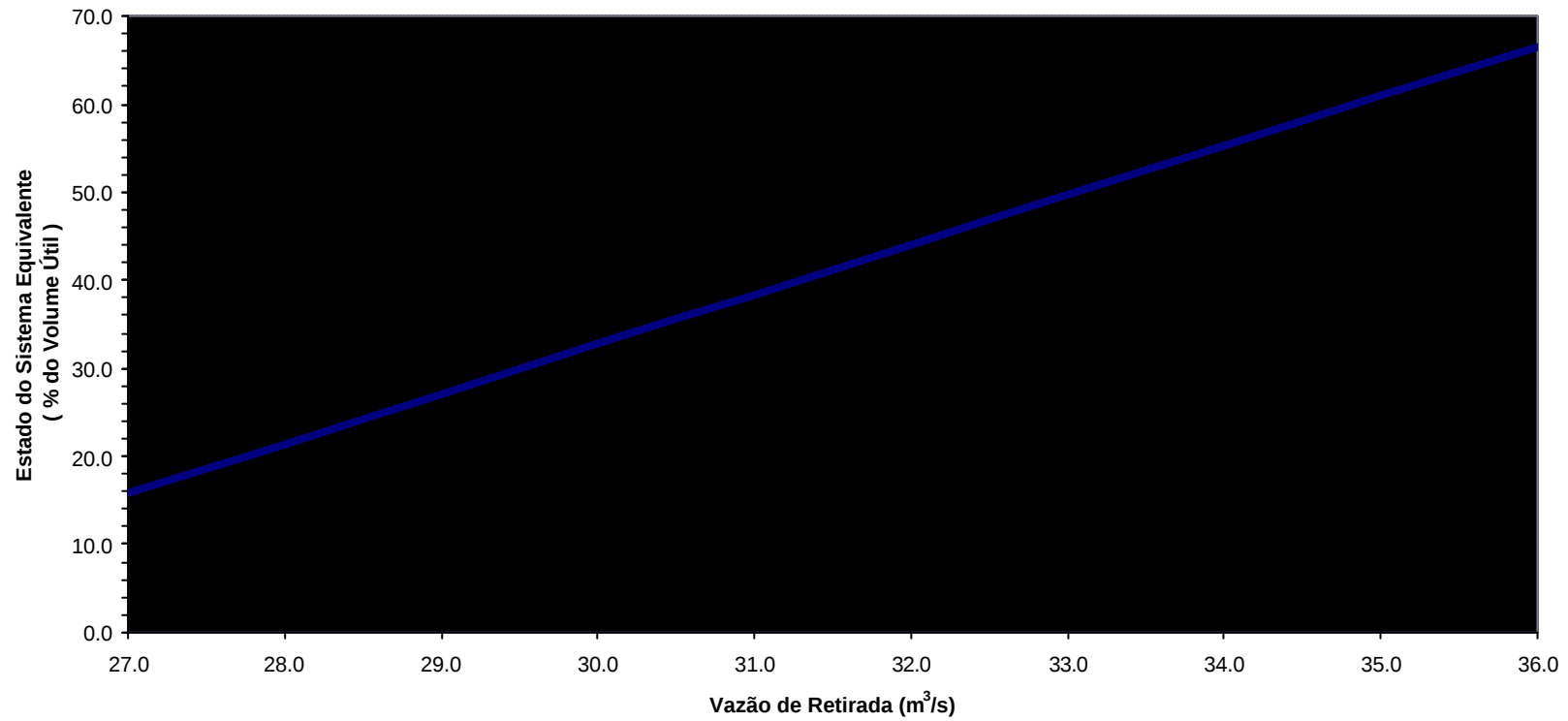
Limite de Vazões de Retirada em função do Estado do Sistema Equivalente
Mês de Fevereiro



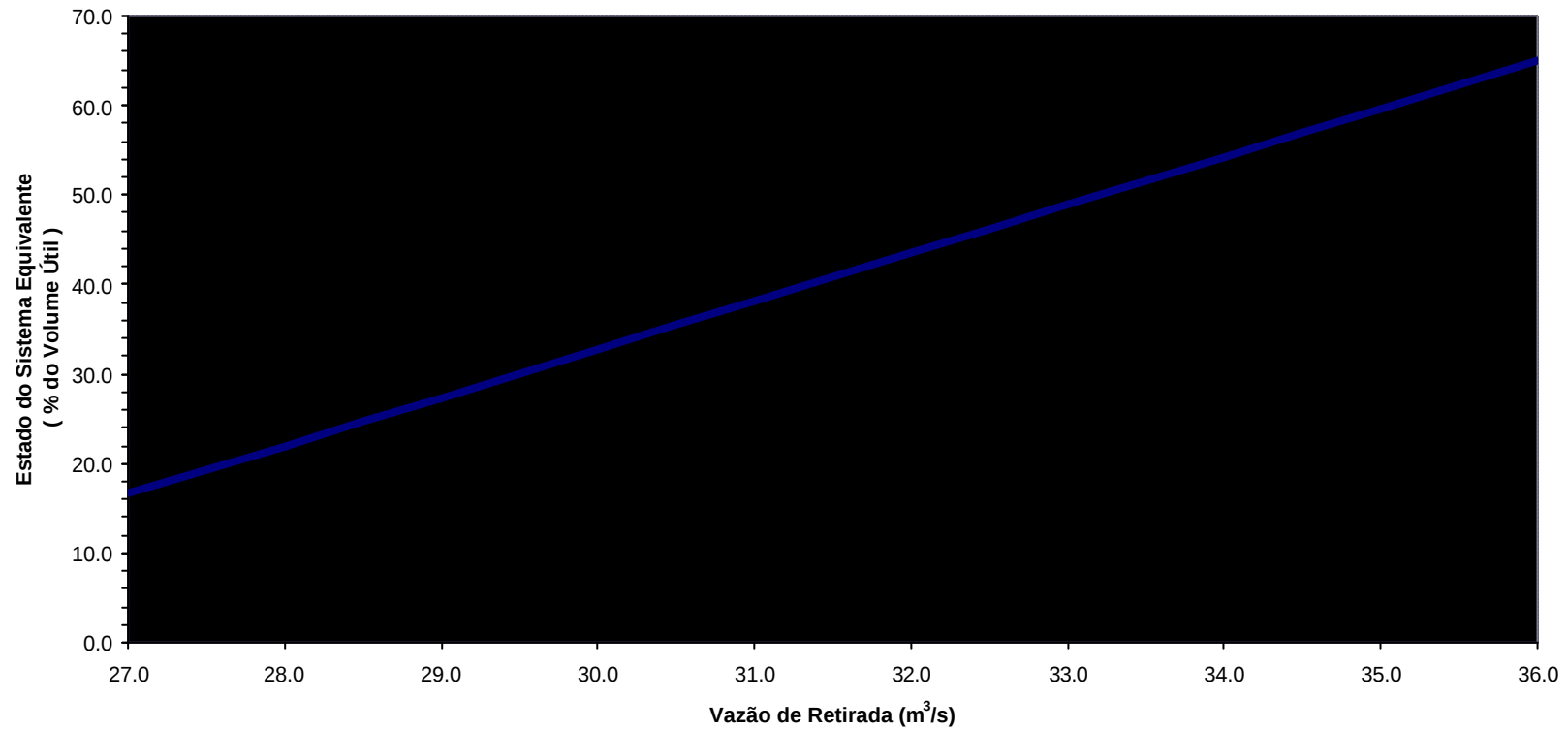
Limite de Vazões de Retirada em função do Estado do Sistema Equivalente
Mês de Março



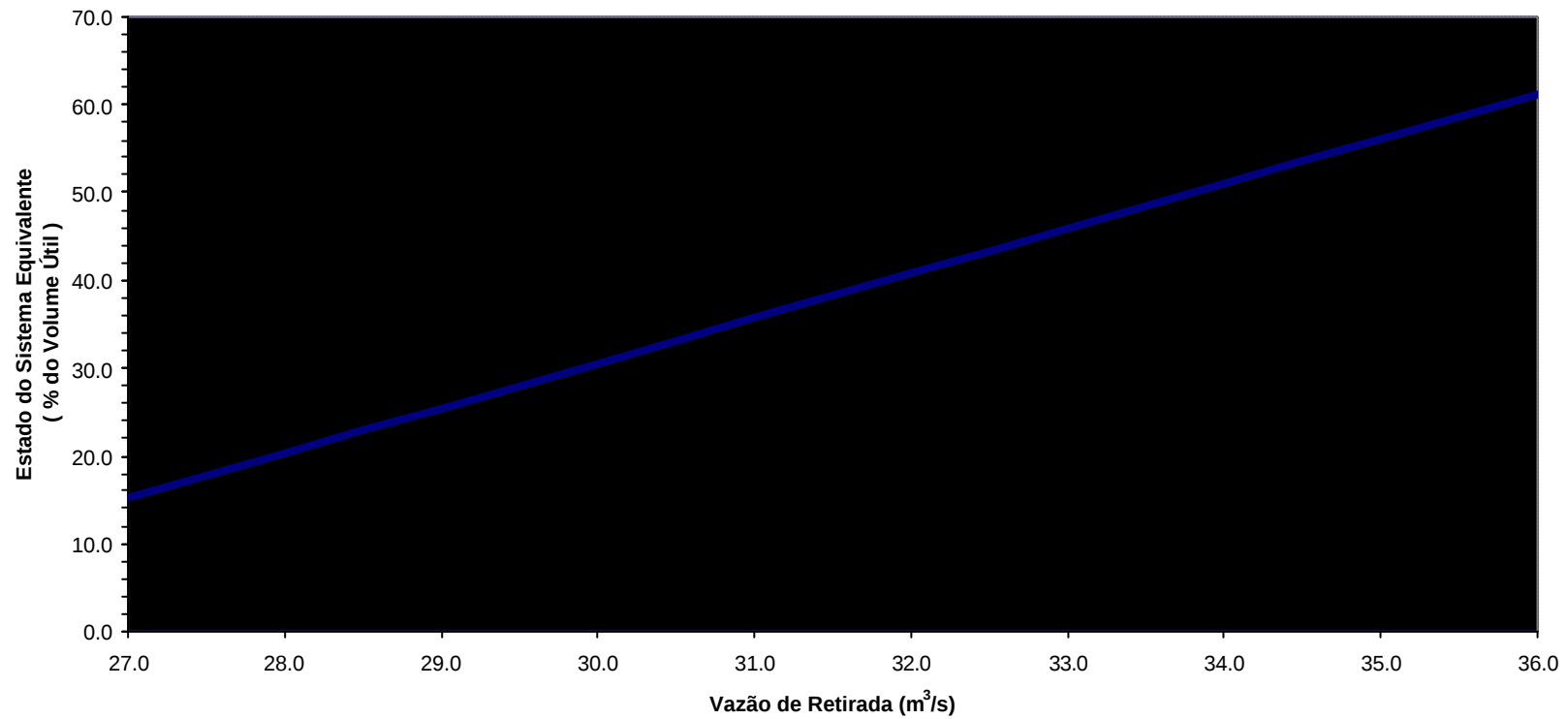
Limite de Vazões de Retirada em função do Estado do Sistema Equivalente
Mês de Abril



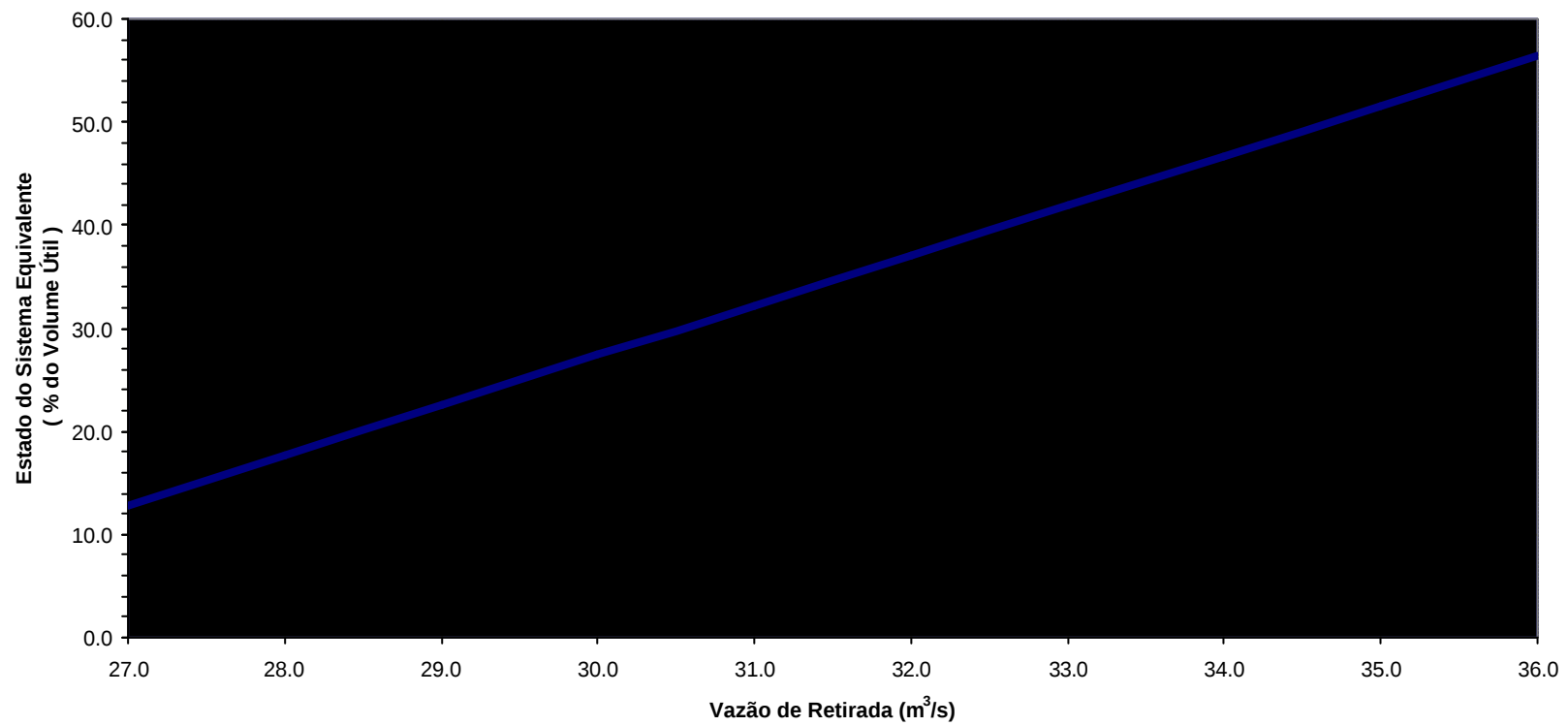
Limite de Vazões de Retirada em função do Estado do Sistema Equivalente
Mês de Maio



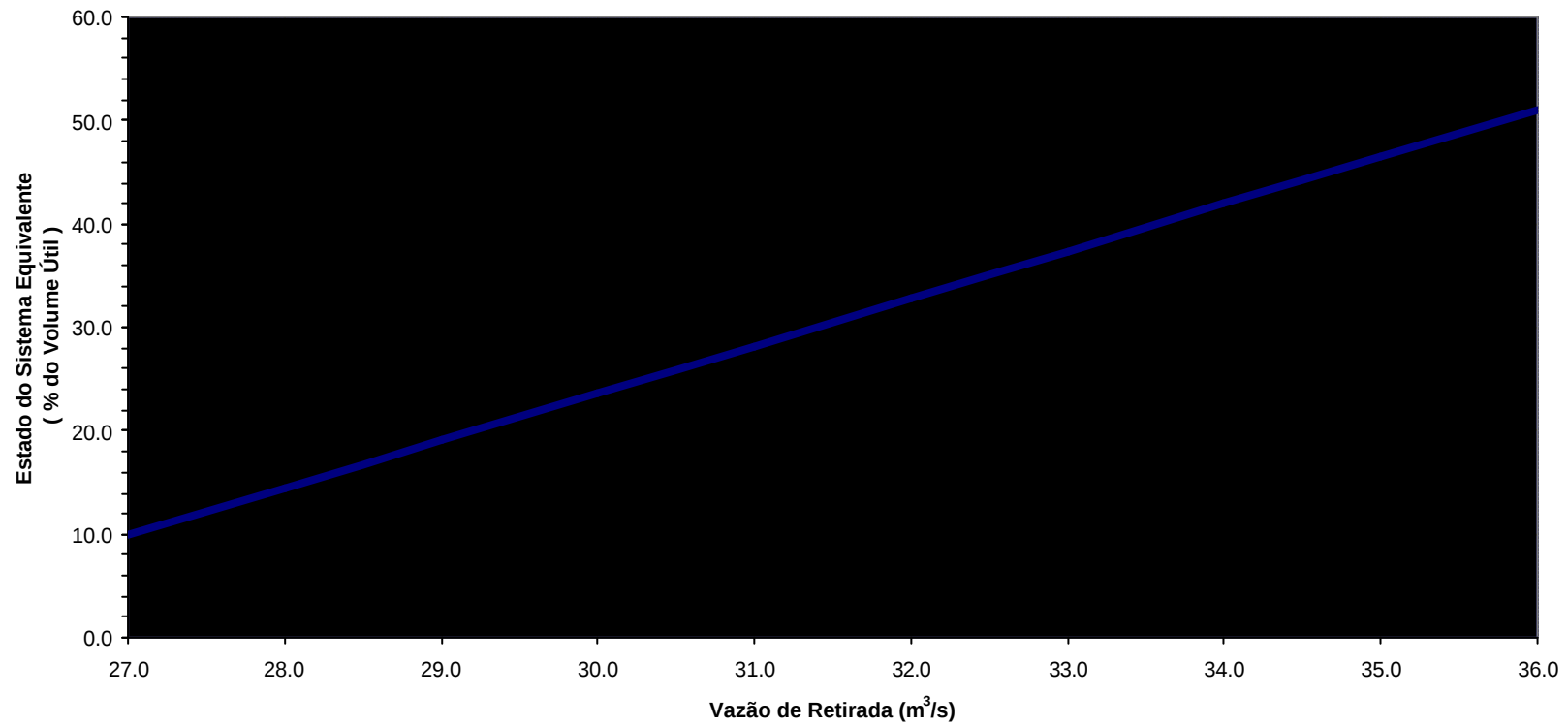
Limite de Vazões de Retirada em função do Estado do Sistema Equivalente
Mês de Junho



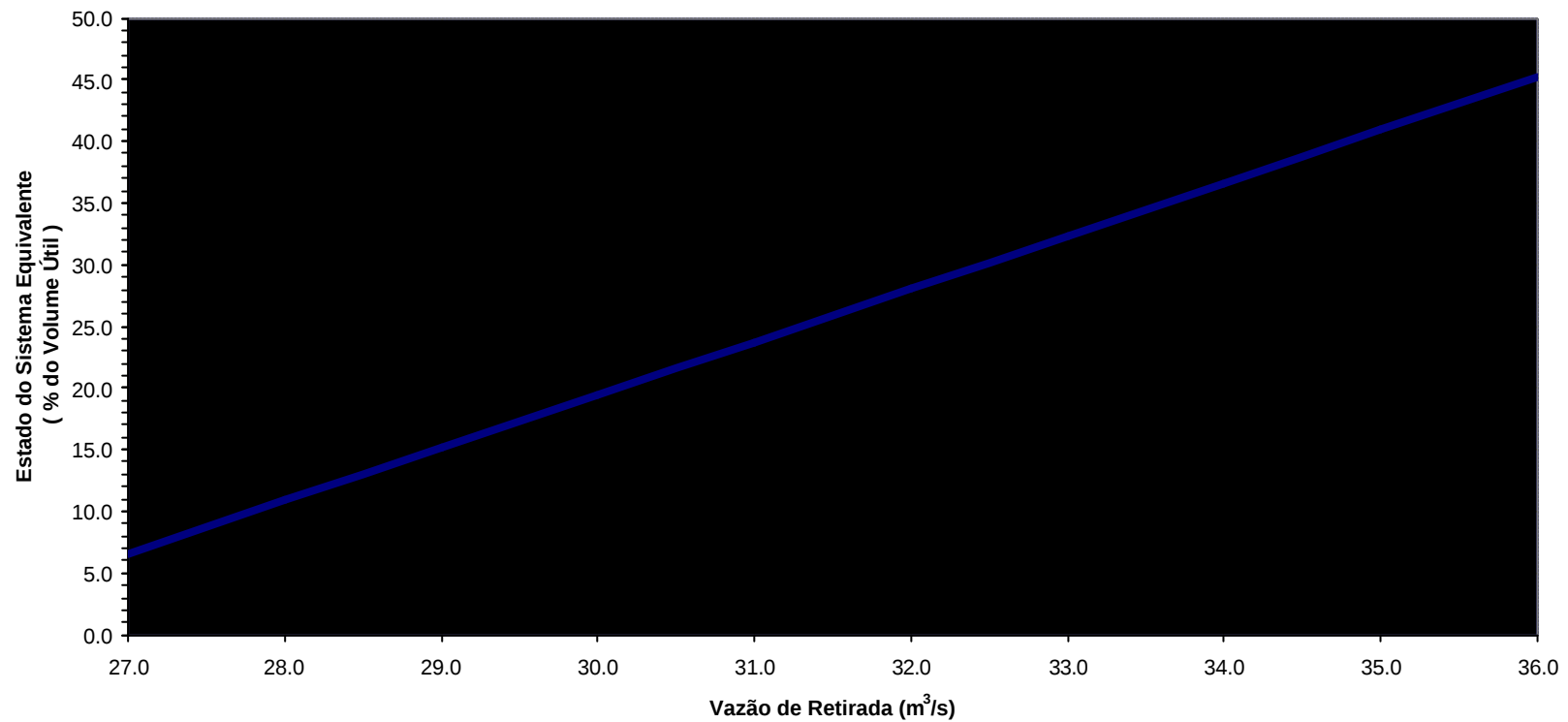
Limite de Vazões de Retirada em função do Estado do Sistema Equivalente
Mês de Julho



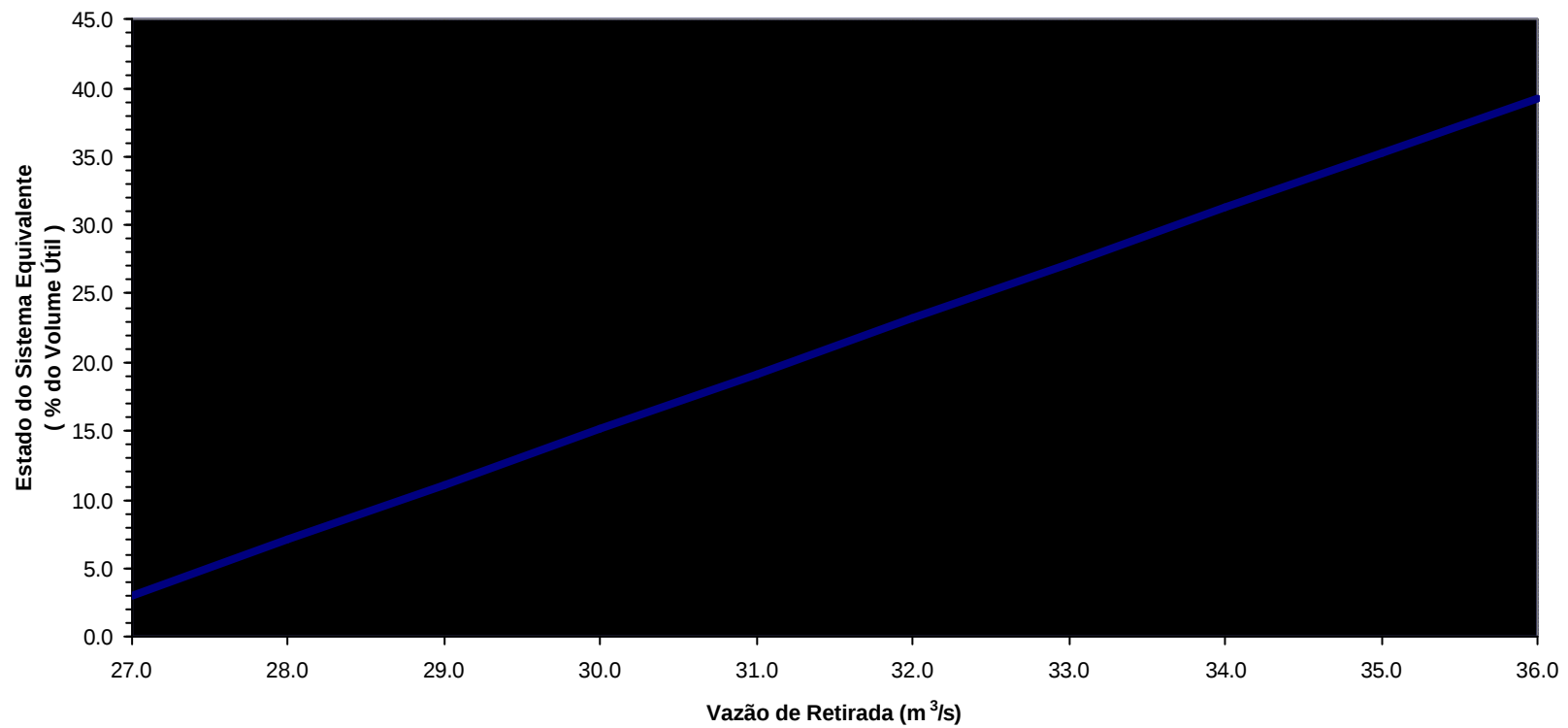
Limite de Vazões de Retirada em função do Estado do Sistema Equivalente
Mês de Agosto



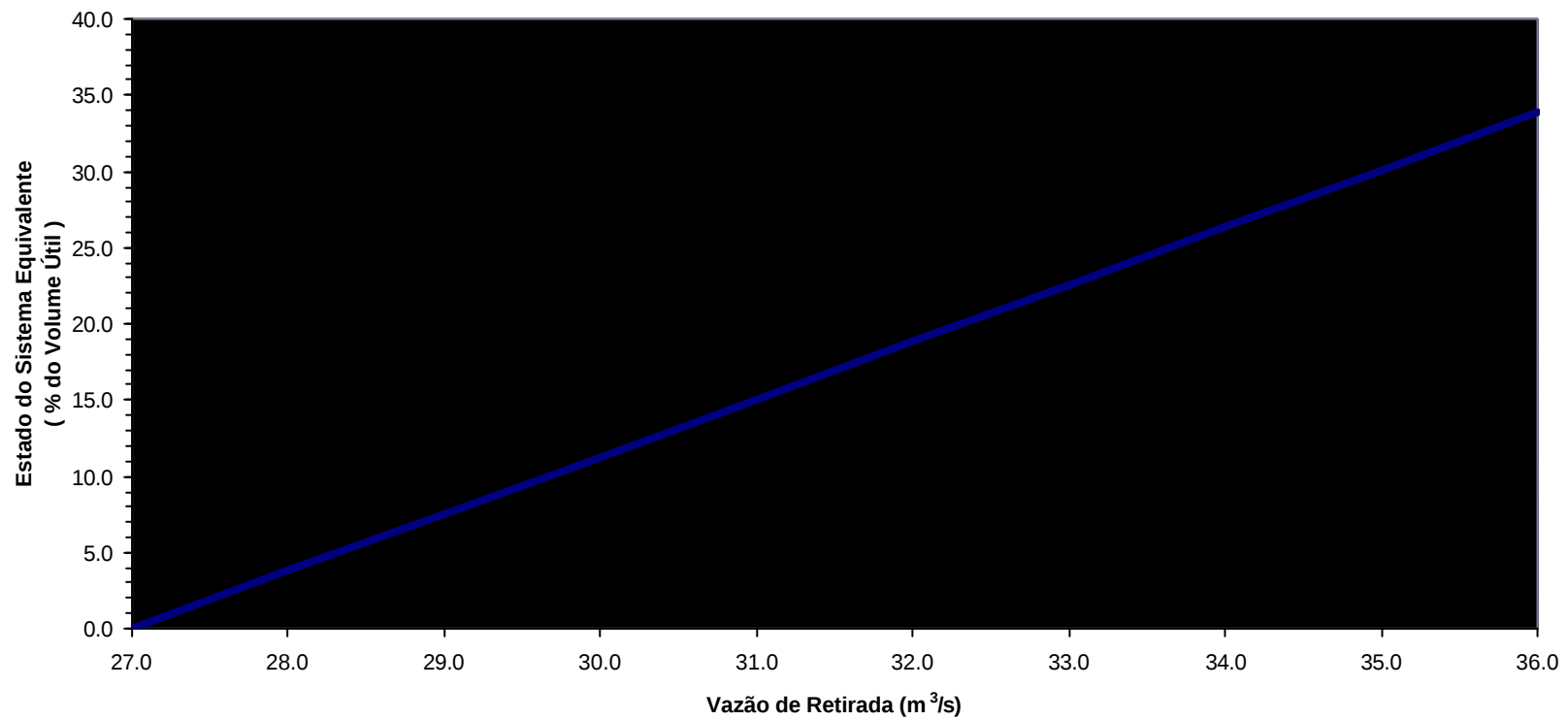
Limite de Vazões de Retirada em função do Estado do Sistema Equivalente
Mês de Setembro

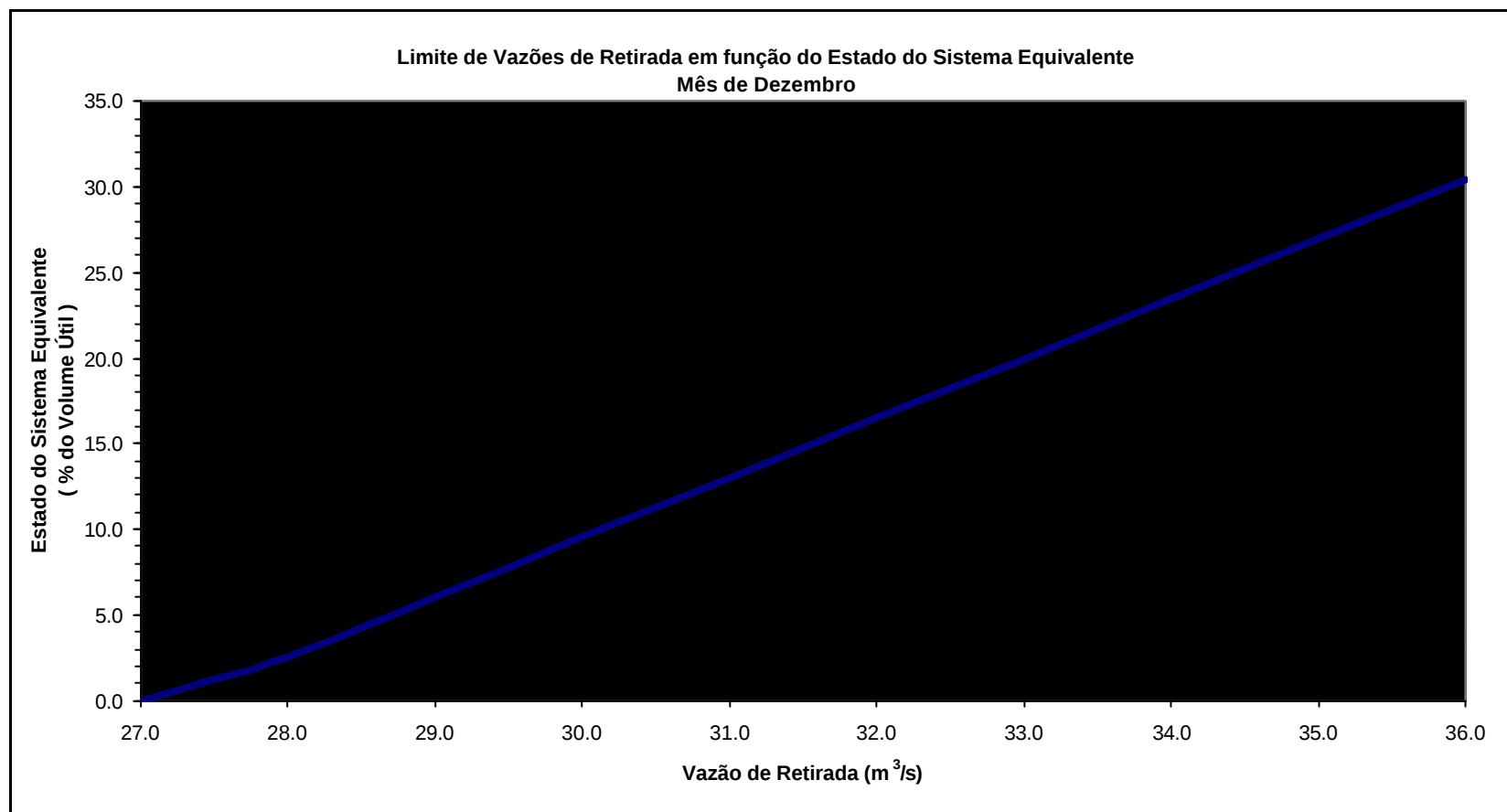


Limite de Vazões de Retirada em função do Estado do Sistema Equivalente
Mês de Outubro



Limite de Vazões de Retirada em função do Estado do Sistema Equivalente
Mês de Novembro





ANEXO II

V_0 = volume inicial do sistema equivalente

$Q_{j,1}$ = $X_{j,1}$

$Z_{j,0}$ = 0

$Z_{j,1}$ = $X_{j,1} - Q_{j,1} \Delta t$

$Q_{j,t}$ = $X_{j,t} - Z_{j,t-1} / \Delta t$

$Z_{j,t}$ = $\max\{0; Z_{j,t-1} - X_{j,t} + Q_{j,t} \Delta t\}$

V_t = $\max\{0; \min\{978,57 \cdot 10^6; V_{t-1} - A_t + Q_t \Delta t\}\}$

S_t = $\max\{0; V_{t-1} - A_t + Q_t \Delta t - 978,57 \cdot 10^6\} / \Delta t$

$S_{j,t}$ = $S_t \frac{Z_{j,t}}{Z_t}$

E_t = $\max\{0; V_t - Z_t\} / 978,57 \cdot 10^4$

Z_t = $Z_{1,t} + Z_{2,t}$

Q_t = $Q_{1,t} + Q_{2,t}$

onde,

t = índice do mês

Δt = número de segundos do mês

j = 1 índice que representa a Região Metropolitana de São Paulo

j = 2 índice que representa a Bacia do Piracicaba;

Q = vazão de retirada do sistema equivalente;

E = estado do sistema

X = limite de vazão de retirada obtida em função de E, através da tabela do Anexo I;

V = volume armazenado no sistema equivalente;

S = vertimento do sistema equivalente;

Z=volume economizado

NOTA TÉCNICA CONJUNTA ANA/DAEE

**SUBSÍDIOS PARA A ANÁLISE DO PEDIDO DE OUTORGA DO
SISTEMA CANTAREIRA E PARA A DEFINIÇÃO DAS CONDIÇÕES
DE OPERAÇÃO DOS SEUS RESERVATÓRIOS**

Esta Nota Técnica Conjunta ANA/DAEE tem por objetivo apresentar subsídios para a análise do pedido de outorga do Sistema Cantareira e para a definição das condições de operação dos seus reservatórios. A sua elaboração foi feita com base nos resultados da reunião realizada nas dependências da ANA, em 13 de julho de 2004, na qual participaram representantes da Agência Nacional de Águas-ANA e do Departamento de Águas e Energia Elétrica-DAEE do Estado de São Paulo.

Esta Nota Técnica é dividida em três partes, a saber:

- Parte A: Caracterização do Sistema Cantareira;
- Parte B: Estudos Hidrológicos do Sistema Cantareira;
- Parte C: Estudos Operacionais do Sistema Cantareira.

Na Parte A é apresentada uma descrição do Sistema Cantareira e de seus principais componentes, a Portaria que autoriza a SABESP a derivar até 33 m³/s das águas dos rios Jaguari, Cachoeira, Atibainha e Juqueri através deste Sistema e aspectos socioeconômicos relativos à RMSP e as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. Para fins de gestão de recursos hídricos, as bacias PCJ constituem uma única unidade integrada de gerenciamento.

Na parte B são mostrados os estudos hidrológicos desenvolvidos com o objetivo de atualizar as séries de vazões naturais nos postos fluviométricos e nos reservatórios do Sistema Cantareira.

Na parte C são apresentados os estudos sobre a disponibilidade hídrica do Sistema Cantareira e a definição de condições de operação de seus reservatórios.

PARTE A – CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA CANTAREIRA

Relatório Final
Julho 2004 – V 1.1

1. INTRODUÇÃO	005
2. O SISTEMA CANTAREIRA	006
3. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS.....	009
3.1. Região Metropolitana de São Paulo - RMSP.....	009
3.2. Bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí - PCJ.....	011
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	014
 ANEXO A-I PORTARIA MME Nº 750, DE 5 DE AGOSTO DE 1974	
 ANEXO A-II DESCRIÇÃO DETALHADA DOS COMPONENTES DO SISTEMA CANTAREIRA	
 ANEXO A-III RECOMENDAÇÕES PARA O ESTABELECIMENTO DAS CONDIÇÕES PARA CONCESSÃO DA OUTORGA	
 ANEXO A-IV POSIÇÃO DA AGÊNCIA DA BACIA DO ALTO TIETÊ PARA A DISCUSSÃO DA RENOVAÇÃO DA OUTORGA DO CANTAREIRA	

1. INTRODUÇÃO

O Sistema Cantareira é formado por uma série de reservatórios, túneis e canais, que captam e desviam água de alguns dos cursos de água da bacia do rio Piracicaba, para o rio Juqueri, na bacia do Alto Tietê, donde, no reservatório de Paiva Castro, as águas são bombeadas para o reservatório de Águas Claras, tendo como finalidade o abastecimento de parte da Região Metropolitana de São Paulo.

A autorização para essa derivação de até 33m³/s foi dada pela Portaria nº 750, do Ministério das Minas e Energia – MME, publicada em 08 de agosto de 1974, estabelecendo um prazo de 30 anos de vigência dessa autorização (ver Anexo A-I).

A importância do Sistema Cantareira, sobretudo pelos montantes hídricos envolvidos, é evidenciada nos planos de recursos hídricos tanto das bacias doadoras como das receptoras de suas águas, além do Plano Diretor do Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP (PDAA-RMSP).

A Parte A desta Nota Técnica Conjunta apresenta a descrição do Sistema Cantareira e de seus principais componentes, a Portaria que autoriza a SABESP a derivar até 33 m³/s das águas dos rios Jaguari, Cachoeira, Atibainha e Juqueri através deste Sistema e aspectos socioeconômicos relativos à RMSP e as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí – bacias PCJ. Para fins de gestão de recursos hídricos, as bacias PCJ constituem uma única unidade integrada de gerenciamento.

2. O SISTEMA CANTAREIRA

O Sistema é formado por seis reservatórios – Jaguari, Jacaré, Cachoeira, Atibainha (esses quatro reservatórios barram afluentes do rio Piracicaba de mesmos nomes), Paiva Castro e Águas Claras – ligados por túneis, canais e trechos perenizados, tendo como destino a ETA Guaraú. A Figura 1 mostra o esquema físico do Sistema Cantareira e a Figura 2 o seu perfil esquemático. No Anexo A-II estão descritos detalhadamente os diversos componentes do Sistema.

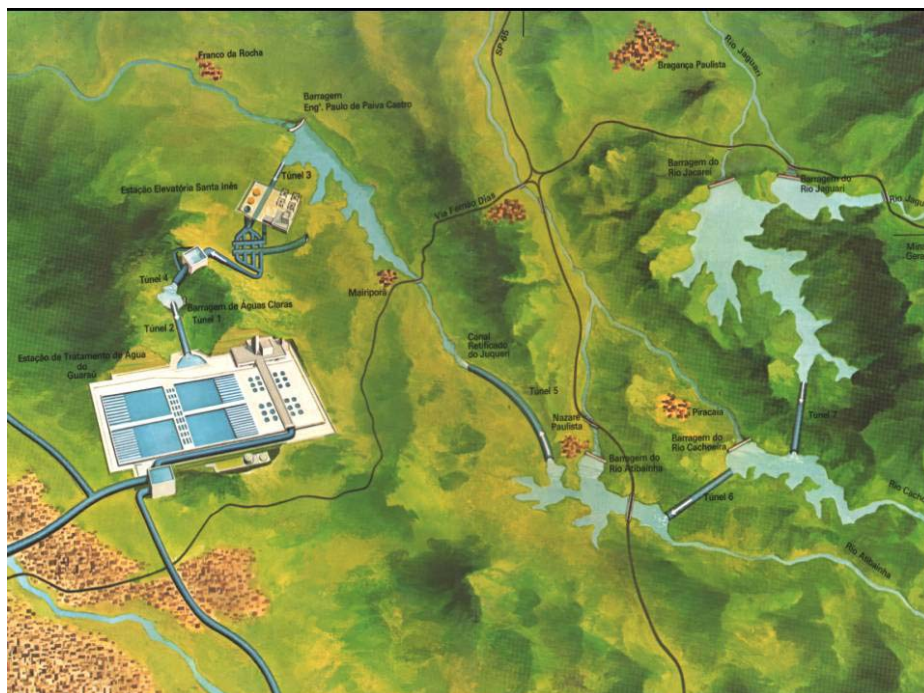


Figura 1 – Esquema físico do Sistema Cantareira

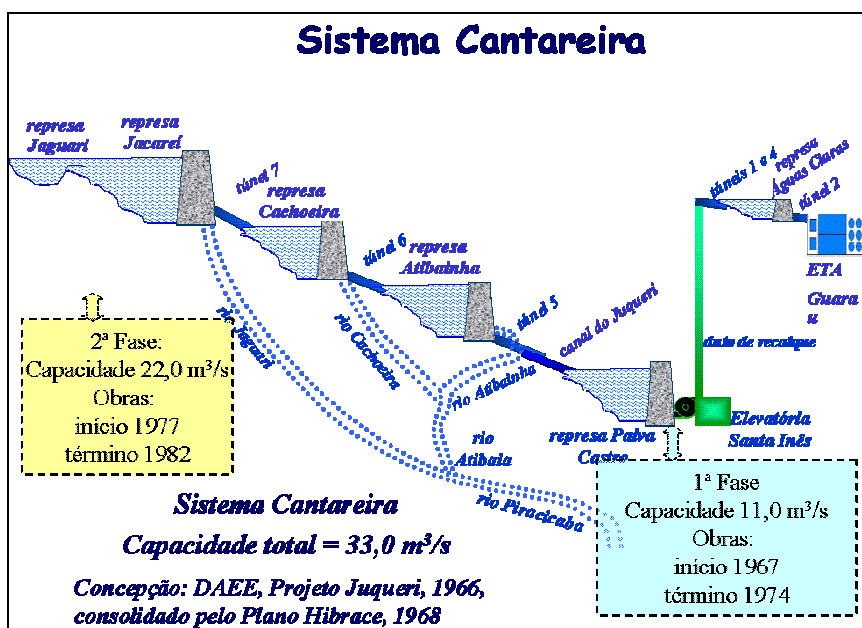
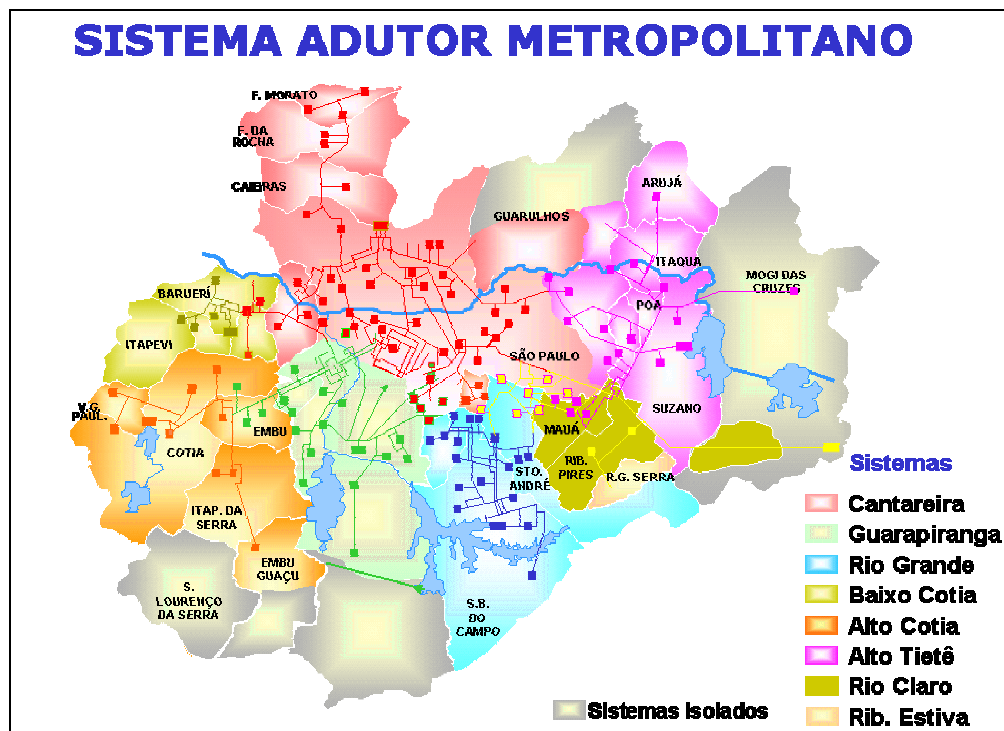


Figura 2 – Perfil esquemático do Sistema Cantareira

Conforme se pode observar na Figura 2, a água é transferida ao longo dos reservatórios Jaguari-Jacareí, Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro por gravidade. Através da Estação Elevatória de Santa Inês, a água é bombeada para o reservatório de Águas Claras, transpondo a Serra da Cantareira. Desde o reservatório de Águas Claras, as águas seguem por gravidade à Estação de Tratamento de Água do Guaraú (ETA Guaraú), responsável pelo tratamento de água para cerca da metade da população da RMSP. Na Figura 3 são mostrados os diversos sistemas de abastecimento da RMSP, incluindo a região suprida com as águas providas do Sistema Cantareira.



O crescimento acelerado da RMSP, ainda na década de 60, foi acompanhado pela instalação e desenvolvimento de um importante parque industrial na região das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (bacias PCJ), tendo como principal pólo, a cidade de Campinas. Além desse viés de industrialização, implementado a partir da década de 60, as bacias PCJ já àquela época concentravam um importante pólo de desenvolvimento da agroindústria sucro-alcooleira, com importantes impactos negativos na qualidade das águas das bacias, dado o lançamento de rejeitos.

A partir da implantação do Sistema Cantareira, houve uma demanda das bacias PCJ para manutenção de uma vazão mínima a jusante das barragens do Sistema Cantareira, sobretudo no período de estiagem, quando a baixa qualidade da água, fruto das reduzidas vazões, encarece sobremaneira o tratamento das águas para abastecimento público.

Como já foi mencionado, em 08 de agosto de 2004 vence a autorização dada a SABESP, para derivar até 33m³/s, das águas provenientes dos rios Jaguari, Cachoeira, Atibainha e Juqueri, do chamado Sistema Cantareira (ver Anexo I).

Os Comitês PCJ aprovaram, através da Deliberação Conjunta dos Comitês PCJ nº 007/04, de primeiro de junho de 2004, o documento “Recomendações para o estabelecimento das condições para concessão da outorga”, que é reproduzido no Anexo A-III deste estudo. Tal documento recomenda o prazo de 10 anos para vigência da futura outorga a partir de agosto de 2004, aceita a transposição de no máximo 31m³/s da bacia do Piracicaba pelo Sistema Cantareira e estabelece uma progressão das vazões a serem liberadas para a bacia do rio Piracicaba, que inicia com 4 m³/s e chega a 7 m³/s em 2010.

A posição da Agência da Bacia do Alto Tietê, reproduzida no Anexo A-IV, ainda está sob apreciação do Comitê do Alto Tietê e sugere fundamentalmente:

- “a renovação da Outorga, mantendo a autorização para a Sabesp derivar até 33m³/s do Sistema Cantareira para abastecimento da RMSP, dos quais 31m³/s da bacia do Piracicaba.
- a implantação imediata de um Sistema de Gestão Integrada e Compartilhada dos recursos hídricos do Sistema que garanta apenas o uso de determinados volumes de água armazenada nos reservatórios sem determinação das cargas fixas.”

3. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

3.1. Região Metropolitana de São Paulo - RMSP

A RMSP, composta por 39 municípios, ocupa uma área de 1.524 km², sendo a maior do Brasil, e concentra uma parte significativa de toda a produção de riqueza do País, com intensa vocação industrial. O desenvolvimento da cidade de São Paulo teve como base a expansão da lavoura de café no século XIX, que resultou em acumulação de capital. Já na primeira metade do século XX, o capital acumulado com o café serviu para o financiamento da implantação e da consolidação do parque industrial. Com isso, a cidade de São Paulo e suas vizinhas, que mais tarde viriam a formar a RMSP, tornaram-se um forte pólo de atração, consolidando para a região o título de metrópole nacional.

A consequência dessa concentração industrial foi o desenvolvimento de um setor terciário extremamente dinâmico, com o estabelecimento de um comércio intenso e uma rede de serviços ampla e diversificada, que deu o tom do desenvolvimento na segunda metade do século XX. Paralelamente a esse processo de desenvolvimento econômico, houve um intenso crescimento do contingente populacional, não só pelo crescimento vegetativo da população, mas também pela migração interna, que transferiu muitas pessoas de diversas regiões do País em busca de melhores condições de vida e que também contribuiu para um aumento desordenado da região.

No que concerne ao presente Estudo Técnico, a caracterização e a evolução do contingente populacional da RMSP e das demandas correspondentes, citadas adiante, foram tomadas de AIROLDI (2004), que apresentou os resultados do Plano Diretor do Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP.

O desenvolvimento da RMSP resultou numa população de 17.819.515 habitantes (Censo 2000), com uma evolução projetada que alcança 22.447.018 habitantes em 2025, sendo os dados dessa evolução apresentados na Tabela 1. Também são apresentadas na Tabela 1 as demandas hídricas para abastecimento, considerando duas condições distintas (AIROLDI, 2004):

a) Cenário tendencial:

- perdas reais:
 - para ligações existentes, mantida situação de 2001 até 2025 de 300 L/lig.dia;
 - para ligações novas, foi adotada a meta de atingir 150 L/lig.dia, até 2025;
- uso racional: redução de 20% no consumo público a partir de 2005;
- reúso e tarifa: não foram consideradas reduções nos consumos.

b) Cenário dirigido:

- perdas reais: aplicada meta de redução para atingir 150L/lig.dia em 2025;
- uso racional: reduções em relação aos consumos adotados no cenário tendencial:
 - consumo residencial :

2005 – 2%; de 2010 a 2025 - 3% a cada quinquênio, com aplicação de fator redutor ao longo do tempo, em função do monitoramento dos resultados das ações a serem implementadas.

- consumo público: 20% a partir de 2005
- reúso e tarifa: não foram consideradas reduções nos consumos.
- reúso e tarifa: não foram consideradas reduções nos consumos.

Tabela 1 – Projeção das demandas, segundo os cenários tendencial e dirigido

Ano	População	Demandas (m ³ /s)	
		Cenário tendencial	Cenário dirigido
2000	17.819.515	65,0	65,0
2005	19.283.644	69,0	69,0
2010	20.526.555	73,0	72,0
2015	21.425.850	77,0	73,0
2020	22.016.533	79,0	74,0
2025	22.447.018	81,0	75,0

Fonte: AIROLDI, 2004.

Analisando os valores apresentados na Tabela 1 verifica-se que, partindo de uma demanda de 65,0 m³/s em 2000, chega-se, em 2025, a um total de 81,0 m³/s no cenário tendencial e a 75,0 m³/s no cenário dirigido, evidenciando uma certa flexibilidade na demanda ao final do horizonte de planejamento, tendo em vista as medidas que se pode implementar no cenário dirigido.

Desses totais, apresentam-se na Figura 4, as demandas hídricas que devem ser supridas pelo Sistema Cantareira. Como se observa, devido à implementação de medidas que racionalizam o uso dos recursos hídricos, a demanda mantém-se praticamente constante, variando de 31,6 m³/s em 2005 a 31,4 m³/s em 2025. Além disso, a evolução das demandas a serem atendidas pelo Sistema Cantareira obedece ainda a uma estratégia de restrição dos setores atendidos por este Sistema, compensando dessa forma o crescimento vegetativo da população. A Figura 4 mostra, também, a projeção da área atendida pelo Sistema Cantareira.

Área atendida pelo Sistema Cantareira.

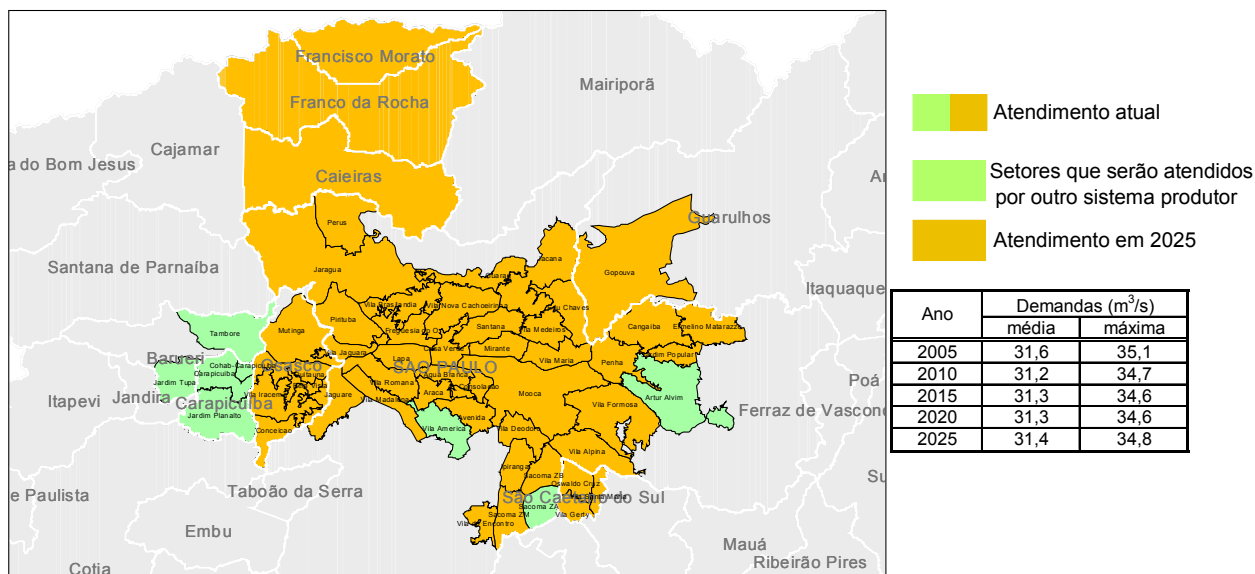


Figura 4 – Projeção da área atendida pelo Sistema Cantareira.

3.2. Bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí

Apresenta-se, a seguir, na Figura 5, um panorama das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí, incluindo a malha municipal, a divisão hidrográfica, os principais rios e os estados.



Figura 5 – Bacias dos rios Piracicaba, Jundiáí e Capivari - PCJ

A evolução da população das bacias PCJ aconteceu de forma menos drástica que a da RMSP. Porém, dentro do contexto regional, ela é imensamente significativa, principalmente por essa região ser considerada como segundo pólo econômico do Estado, além de importante centro industrial do País.

A Tabela 2 a seguir apresenta os dados populacionais e as projeções de população total e urbana para as bacias PCJ, calculados no âmbito do *Plano de Bacia Hidrográfica 2000-2003 - Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ*. Verifica-se um total de 4.627.804 habitantes no ano de 2005, chegando a 5.808.211 habitantes em 2020.

Tabela 2 – Projeção da população para as bacias PCJ

Sub-Bacia	1996		2000		2005	
	total	urbana	total	urbana	total	urbana
Bacia Piracicaba	2.718.992	2.516.446	2.951.622	2.762.200	3.254.194	3.076.807
Bacia Capivari	502.114	469.317	532.793	504.659	568.974	545.416
Bacia Jundiá	670.238	640.881	731.742	704.969	804.636	782.557
Total	3.891.344	3.626.644	4.216.157	3.971.828	4.627.804	4.404.780
Sub-Bacia	2010		2015		2020	
	total	urbana	total	urbana	total	urbana
Bacia Piracicaba	3.551.221	3.382.393	3.836.759	3.675.289	4.070.057	3.874.065
Bacia Capivari	599.989	579.907	654.076	636.413	683.391	670.363
Bacia Jundiá	878.121	859.332	969.831	953.962	1.054.763	1.041.464
Total	5.029.331	4.821.632	5.460.666	5.265.664	5.808.211	5.585.892

Fonte: Plano de Bacia Hidrográfica 2000-2003, Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ, 1999.

Cabe destacar que embora a reversão do Sistema Cantareira afete diretamente somente a bacia do rio Piracicaba, já que os reservatórios desse Sistema, Jaguari-Jacareí, Cachoeira e Atibainha, situam-se em afluentes do próprio rio Piracicaba, verifica-se que as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá sofrem os efeitos dessa retirada de água. Ressalte-se que a cidade de Campinas capta água para abastecimento público na bacia do rio Piracicaba, mas lança efluentes na bacia do rio Capivari e a cidade de Jundiá capta água no rio Atibaia, afluente do Piracicaba, e lança esgotos no rio Jundiá (ver Figura 6). Assim, a consideração do conjunto das bacias PCJ atende não somente ao aspecto institucional, por estarem ligadas a um único comitê, mas também à necessidade de levar em conta o gerenciamento integrado das águas dessas três bacias.



Figura 6- Reversão da bacia do rio Piracicaba para outras bacias

A Tabela 3 apresenta as projeções das demandas das bacias PCJ apresentadas no Plano de Bacia Hidrográfica 2000-2003 (Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ, 1999).

Tabela 3 – Projeção das demandas para as bacias PCJ

Ano	Demandas (m³/s)	Piracicaba	Capivari	Jundiaí	Total
2000	abast. público	12,5	0,9	1,5	14,9
	indústria	14,4	1,9	1,0	17,3
	uso rural	6,4	1,0	0,5	7,9
	total	33,3	3,8	3,0	40,1
2005	abast. público	13,8	1,0	1,7	16,5
	indústria	15,0	2,0	1,7	18,7
	uso rural	6,8	1,1	0,6	8,4
	total	35,6	4,0	4,0	43,6
2010	abast. público	15,1	1,1	2,0	18,1
	indústria	15,7	2,0	1,8	19,5
	uso rural	7,2	1,1	0,6	8,9
	total	37,9	4,2	4,4	46,5
2015	abast. público	16,4	1,2	2,3	19,8
	indústria	16,7	2,0	1,9	20,6
	uso rural	7,2	1,1	0,6	8,9
	total	40,2	4,3	4,8	49,3
2020	abast. público	17,4	1,2	2,5	21,1
	indústria	17,4	2,1	1,9	21,4
	uso rural	7,2	1,1	0,6	8,9
	total	42,0	4,5	5,0	51,4

Fonte: Plano de Bacia Hidrográfica 2000-2003, Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ, 1999.

Os dados apontam uma demanda total, no ano 2000, de cerca de 40,1 m³/s, considerando as três bacias. Observa-se que 83% dessa demanda estão concentrados na bacia do Piracicaba. Em 2020, a demanda total pode alcançar 51,4 m³/s, sendo que a maior parte é devida ao abastecimento público e ao uso industrial, equivalente a 82,7% do total.

Uma observação importante em relação às demandas aqui consideradas nas bacias PCJ é o fato de que, apesar de situar-se na bacia do rio Piracicaba, o Sistema Cantareira não se relaciona atualmente com seu suprimento, destinando somente uma vazão residual para jusante. No documento “Recomendações para o estabelecimento das condições para concessão da outorga”, aprovado através da Deliberação Conjunta dos Comitês PCJ nº 007/04, de primeiro de junho de 2004, que é apresentado no Anexo A-III, é recomendado que as vazões mínimas liberadas pelo Sistema Cantareira para a bacia do rio Piracicaba variem entre 4 m³/s, em 2004, até 7m³/s, em 2010.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

AIROLDI, Edison. **Plano Diretor do Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP**. Brasília, 2004. Arquivo Power Point. (Palestra proferida no Seminário sobre a Renovação da Outorga de Direito de Uso do Sistema Cantareira, realizado na Agência Nacional de Águas, Brasília-DF, em 7 de abril de 2004, representando a SABESP)

COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ; FUNDO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Plano de Bacia Hidrográfica 2000-2003 - Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí**. Relatório Final: Fase 3 – Plano de Bacia. [São Paulo]: COPLAENGE Projetos de Engenharia Ltda, [1999]. (contrato nº 015/99, RT.FEH01.EC.GER/RHI.003). 184p.

São Paulo (Estado). Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Plano integrado de aproveitamento e controle dos recursos hídricos das bacias Alto Tietê, Piracicaba e Baixada Santista**: plano integrado- síntese. São Paulo: DAEE; HIDROPLAN, 1995. 43 p.

ANEXO A-I

PORTARIA MME Nº 750, DE 5 DE AGOSTO DE 1974

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA

Exatidão desta publicação, no valor de
Cr\$ 3450,00, conforme cons-
ta do Talão n.º 32190
Departamento de Imprensa Nacional.
Em 5/8/74

VISTO:

Pub. D. O. 818174
Pág. N.º 8945
Em 13/8/74 Fnc. Lacy

Portaria n. 750 de 5 de ago de 1974

1934
O Ministro de Estado DAS MI-
NAS E ENERGIA, no uso da atribuição que lhe confere o art.
171, do Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1943, combinado
com os artigos 43 e 62 do mesmo diploma legal, tendo em vis-
ta o que consta do processo MME nº 705.694/73,

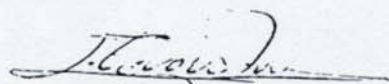
R E S O L V E :

I - autorizar a Companhia de Saneamento Bási-
co do Estado de São Paulo - SABESP, a derivar até 33 m³/s ,
das águas provenientes dos rios Jaguari, Cachoeira, Atibainha
e Juqueri, no Estado de São Paulo, com a finalidade de abas-
tecer o grande São Paulo, ressalvados os direitos de tercei-
ros;

II - a presente autorização é concedida pelo
prazo de 30 (trinta) anos;

III - a autorizada fica obrigada a cumprir o
disposto no Código de Águas, leis subseqüentes e seus regula-
mentos;

IV - a presente Portaria entrará em vigor na data da sua publicação.


Shigeaki Ueki

DEEC/SAC
MME 705.694/73
PEV/nhg/tgf.

ANEXO A-II

DESCRIÇÃO DETALHADA DOS COMPONENTES DO SISTEMA CANTAREIRA

Reprodução das informações apresentadas no Sistema de Suporte a Decisões para Operação dos Grandes Sistemas Produtores da Sabesp – SSD_Sabesp, elaborado pelo Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões – LabSid, da Escola Politécnica da USP.

BARRAGENS DOS RIOS JAGUARI E JACAREÍ

Localização: Rodovia Fernão Dias, km 8, Vargem

Período de construção: 1977 a 1982

Início de operação: maio/1982

REPRESA JAGUARI



Informações Hidrológicas

- Precipitação média na bacia: 1.600mm
- Dados na seção de barramento:
 - área de drenagem: 1.057* km²
 - vazão média: 20,6 m³/s

Características do Reservatório

- Volumes:
 - útil: 101,6** hm³
 - morto (N.A.mínimo normal): 41,4** hm³
- Áreas inundadas
 - máxima: 5,6 km²
 - mínima: 3,7 km²
- Níveis de água:
 - máximo normal: 844,00 m
 - mínimo normal : 820,80 m

Características da barragem

- Tipo: aterro compactado
- Volume do maciço: 4,55 hm³
- Comprimento: 700 m
- Cota de coroamento: 847,00m
- Altura máxima: 55 m

Órgãos de Controle

- Vazões a jusante:
 - descarregador de fundo com 2 válvulas dispersoras com 1.000 mm de diâmetro cada
 - cota do eixo das válvulas: 798,15 m
- Segurança da barragem:
 - 3 vertedores de superfície tipo Creager
 - cota da crista: 835,00 m
 - comprimento total de crista : 18,00 m

* segundo informações da Sabesp

** atualizado em função das informações fornecidas pela SABESP, e-mail 8 julho de 2004.

REPRESA JACAREÍ



Informações Hidrológicas

- Precipitação média na bacia: 1.600mm
- Dados na seção de barramento:
 - área de drenagem: 195 km²
 - vazão média: 3,8 m³/s

Características do Reservatório

- Volumes:
 - útil: 706,3* hm³
 - morto (N.A.mínimo normal): 188,1* hm³
- Áreas inundadas:
 - máxima: 43,7 km²
 - mínima : 20,0 km²
- Níveis de água:
 - máximo normal: 844,00 m
 - mínimo normal: 820,80 m

Características da barragem

- Tipo: aterro compactado
- Volume do maciço: 6,37 hm³
- Comprimento: 1.300 m
- Cota de coroamento: 847,00 m
- Altura máxima: 50 m

Órgãos de Controle

- Vazões a jusante:
 - descarregador de fundo com 2 válvulas dispersoras com 1.000 mm de diâmetro cada
 - cota do eixo das válvulas : 799,02 m
- Vazões p/ São Paulo (tomada seletiva):
 - 6 aberturas: 1,5m (larg.) e 8,0m (alt.)
 - níveis das soleiras
 - comportas 1 e 2: 818,00 m
 - comportas 3 e 4: 827,00 m
 - comportas 5 e 6: 836,00 m

* atualizado em função das informações fornecidas pela SABESP, e-mail 8 julho de 2004.

REPRESA CACHOEIRA

Localização: Estrada do Rio Cachoeira, km 2, Piracaia

Período de construção: 1969 a 1974

Início de operação: novembro/1974



Informações Hidrológicas

- Precipitação média na bacia: 1.700 mm
- Dados na seção de barramento:
 - área de drenagem : 410 km²
 - vazão média: 9,1 m³/s

Características do Reservatório

- Volumes:
 - útil: 70,55* hm³
 - morto (N.A.mínimo normal): 44,05* hm³
- Áreas inundadas
 - máxima: 8,7 km²
 - mínima : 5,8 km²
- Níveis de água:
 - máximo normal: 821,78 m
 - mínimo normal: 811,72* m

Características da barragem

- Tipo: aterro compactado
- Volume do maciço: 0,55 hm³
- Comprimento : 310 m
- Cota de coroamento: 827,28 m
- Altura máxima: 40 m

Órgãos de Controle

- Vazões a jusante:
 - tomada de água com comporta plana quadrada, para abertura de 2,0 x 2,0 m entre cotas 808,00m e 810,00m, instalada na estrutura do vertedor tulipa e acionada localmente.
- Segurança contra cheias:
 - vertedor tulipa com crista na cota 821,78 m e diâmetro externo de 11,0 m.

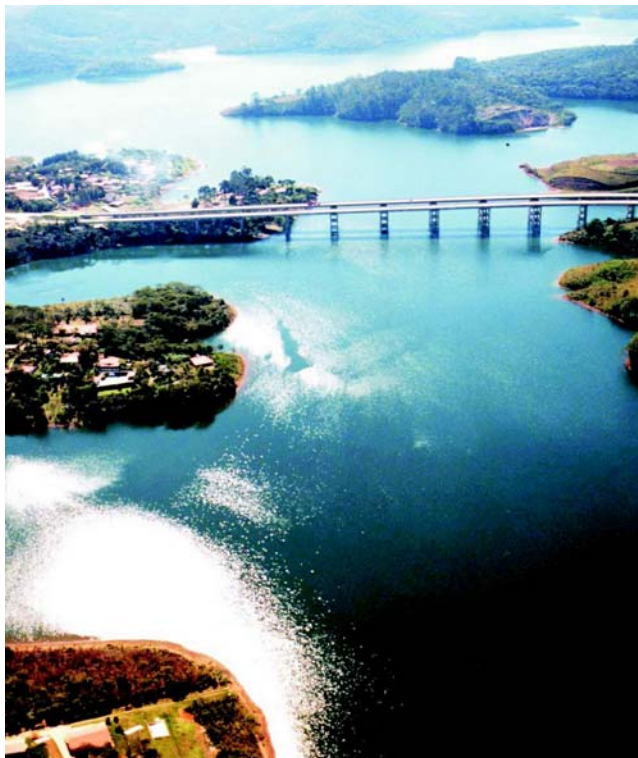
* atualizado em função das informações fornecidas pela SABESP, e-mail 8 julho de 2004.

REPRESA ATIBAINHA

Localização: Rodovia D.Pedro I, km 48 – Nazaré Paulista

Período de construção: 1969 a 1973

Início de operação: fevereiro/1975



Informações Hidrológicas

- Precipitação média na bacia: 1.500 mm
- Dados na seção de barramento:
 - área de drenagem: 305 km²
 - vazão média: 6,1 m³/s

Características do Reservatório

- Volumes:
 - útil : 100,16* hm³
 - morto (N.A.mínimo normal): 201,35* hm³
- Áreas inundadas:
 - máxima: 22,5 km²
 - mínima : 17,5 km²
- Níveis de água:
 - máximo normal: 786,86 m
 - mínimo normal: 781,88* m

Características da barragem

- Tipo: aterro compactado
- Volume do maciço: 1,15 hm³
- Comprimento : 410 m
- Cota de coroamento: 791 m
- Altura máxima: 38 m

Órgãos de Controle

- Vazões mínimas a jusante:
 - comporta plana quadrada para abertura de largura 1,0 m e altura de 1,10 m entre as cotas 774,27 m e 775,37 m, instaladas na estrutura do vertedor tulipa e acionada localmente
- Segurança da barragem:
 - vertedor tulipa com crista na cota 786,87 m e diâmetro de 6,50 m.

* atualizado em função das informações fornecidas pela SABESP, e-mail 8 julho de 2004.

REPRESA PAIVA CASTRO

Localização: Rodovia SP 23, km 46,5
Franco da Rocha

Período de construção: 1968 a 1972

Início de operação: maio/1973



Informações Hidrológicas

- Precipitação média na bacia : 1.400 mm
- Dados na seção de barramento:
 - área de drenagem: 314 km²
 - vazão média: 4,4 m³/s

Características do Reservatório

- Volumes:
 - útil : 9,44* hm³
 - morto (N.A.mínimo normal): 18,1* hm³
- Áreas inundadas
 - máxima: 5,6 km²
 - mínima: 4,4 km²
- Níveis de água:
 - máximo normal: 745,61 m
 - mínimo normal: 743,80 m

Características da barragem

- Tipo: aterro compactado
- Volume do maciço: 0,2 hm³
- Comprimento: 270 m
- Cota de coroamento: 750 m
- Altura máxima: 22 m

Órgãos de Controle

- Vazões mínimas a jusante:
 - válvula borboleta de diâmetro 1.000 mm, com eixo na cota 734,20 m.
 - válvula esfera de diâmetro 350 mm, com eixo na cota 734,20 m.
 - válvulas instaladas na estrutura do descarregador principal.

- Segurança da barragem:
 - descarregador principal com duas comportas setor de largura 4,0 m e altura 6,7 m, sobre dois vertedores perfil Creager, com cristas na cota 738,91 m e largura 3,90 m.
 - descarregador de emergência com dois diques encaixados em estrutura de concreto na ombreira esquerda da barragem, com nível de soleira na cota 743,20 m, níveis das cristas do dique 1 na cota 747,30 m e dique 2 na cota 747,75 m e largura de 5,0 m.

* atualizado em função das informações fornecidas pela SABESP.

REPRESA ÁGUAS CLARAS

Localização: Estrada de Santa Inês,
km 11 – Caieiras

Período de construção: 1969 a 1971

Início de operação: novembro/1973



Informações Hidrológicas

- Precipitação média na bacia : 1.600 mm
- Dados na seção de barramento:
 - área de drenagem: 26 km²
 - vazão média: 0,45m³/s

Características do Reservatório

- Volumes:
 - útil: 0,76 hm³
 - morto: 0,57 hm³
- Níveis de água:
 - máximo normal: 860,32 m
 - mínimo normal: 850,75 m

Características da barragem

- Tipo: aterro compactado
- Volume do maciço: 0,12 hm³
- Comprimento: 120 m
- Cota de coroamento: 864,32 m
- Altura máxima: 24 m

Órgãos de Controle

- Vazões a jusante:
 - 1 comporta plana de fundo para abertura de seção quadrada de base 1,50 m e cota de soleira 843,50 m.
- Segurança da barragem contra cheias:
 - vertedor tulipa com crista na cota 860,16 m e diâmetro externo de 5,30 m.
 - vertedor lateral do canal coberto de acesso ao túnel tipo Creager de comprimento 22,40 m.

CANAL DE LIGAÇÃO JAGUARI-JACAREÍ

Túnel escavado em rocha

Os reservatórios Jaguari e Jacareí funcionam como um conjunto único graças à sua interligação, propiciada por um canal aberto de 700 m de comprimento e seção variável. Dispõe de estrutura de controle de vazão para níveis de água próximos ao mínimo, constituída de vertedor de 4 m de altura e de cerca de 15 m de largura de crista.

- Comprimento total : 670 m
- Trecho escavado em rocha: 210 m
- Cota do fundo:
 - 817,50 em 560 m
 - 813,50 em 110 m

Características de seção trapezoidal no trecho escavado em solo

- base: 10,0 m
- talude das paredes: 1:2
- bermas de 4,0 m de largura nas cotas 838,00 m a 850,00 m
- proteção em concreto, até a cota 822,50 m
- proteção com rip-rap, até a cota 850,00 m
- proteção com grama a partir da cota 850,00 m

TÚNEL 7 (JAGUARI-JACAREÍ - CACHOEIRINHA)

Túnel escavado em rocha e revestido de concreto

- Área da seção transversal variável: 28 m²
- Extensão: 5.885 m
- Declividade: 17,96‰
- Cota de fundo no início do túnel: 809,60 m
- Cota de fundo no final do túnel: 806,72 m
- Capacidade máxima de transporte: 35,0 m³/s

TÚNEL 6 – (CACHOEIRINHA – ATIBAINHA)

- Extensão: 4.769,20 m
- Cota no início do túnel: 802,80 m
- Cota no final do túnel: 800, 50 m

Tomada de Água

- Tipo: estrutura de concreto implantada à margem da represa, com comporta setor operada localmente e acionada por guincho localizado na parte superior da estrutura.
- Dimensões da abertura na seção da comporta:
 - largura de 4,81 m e altura de 2,87 m.
 - cota da soleira: 807,80 m

TÚNEL 5 (ATIBAINHA - RIO JUQUERI-MIRIM)

Túnel escavado em rocha e revestido de concreto, com extensão de 9.840 m

Tomada de Água

- Tipo: estrutura de concreto munida de comporta setor operada localmente, acionada por guincho na parte superior da estrutura.
- Dimensões de abertura:
 - largura de 5, 70 m e altura de 2, 87 m.

Estrutura de desemboque

- Desemboque em canal livre sem órgãos de operação. Cota de fundo 767,35 m.

TÚNEL 3 (DE PAIVA CASTRO - EESI)

Túnel escavado em rocha e revestido de concreto

- Extensão: 994,43 m
- Seção transversal: circular de diâmetro 4,40 m e área de 15,20 m²
- Declividades: 10% nos primeiros 104 m e 0,5% no restante
- Vazão de dimensionamento: 33,0 m³/s para nível de água na captação de 743,0 m.

TÚNEL 4 (EESI - ÁGUAS CLARAS)

Túnel escavado em rocha e revestido de concreto

- Extensão: 1.184,2 m
- Cotas de fundo:
 - no emboque: 856,55 m
 - no desemboque do túnel: 855,89 m
- Vazão de dimensionamento: 33,0 m³/s

TÚNEL 2 (ÁGUAS CLARAS - ETA GUARAÚ)

A ligação Águas Claras - Guaraú compreende: tomada de água no reservatório Águas Claras; túnel 2 de 4.878 m de comprimento escavado em rocha, revestido em concreto nos seus trechos inicial e final e apenas na base em seu trecho intermediário.

Tomada de água

- Estrutura de tomada de água do túnel 2, munida de comporta plana e operada localmente.
- Dimensões de abertura:
 - largura de 4,00 m e altura de 3,65 m.
 - cota da soleira: 844,75 m

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE SANTA INÊS

Localização: Estrada de Santa Inês, km 20 – Caieiras

Período de construção: 1967 a 1972

Início de operação das bombas 1 a 3: dezembro/1973

Início de operação bomba 4: outubro/1993

Capacidade total: 33,0 m³/s



Casa de Máquinas: A casa de máquinas está implantada cerca de 70 m abaixo da superfície do terreno, vizinha ao maciço da Serra da Cantareira. É acessível por túnel em rampa (para veículos) e por escadas e elevador a partir do edifício central de operação

Dimensões de abertura: quadrada de base de 3,80 m

Tipo: estrutura de concreto, munida de duas comportas tipo stop-log

Chaminé de Equilíbrio: Túnel vertical escavado em rocha e revestido em concreto, altura de 55,50m; seção transversal circular com diâmetro de 8,00 m. Possui obturador circular junto à base da chaminé com diâmetro de 2,27 m.

Casa de Válvulas: Escavada em rocha com comprimento de 48,40 m e largura de 6,30 m, válvula borboleta de diâmetro 2.400 mm.

Grupos Moto-Bombas: A ESI possui 4 grupos moto-bombas que recalcam 11 m³/s (nominais) a altura manométrica de 120 m, tendo cada bomba a potência de 20.000 HP.

ETA GUARAÚ

Descrição Geral: A Estação de Tratamento de Água do Guaraú corresponde, em planta, a um retângulo alongado de aproximadamente 700 m de comprimento por 120 m de largura.

As unidades atualmente em operação têm capacidade de tratamento nominal de 33,0 m³/s.



Vista da ETA Guaraú

Componentes principais

▪ Câmaras de mistura rápida

- dimensões internas: 5 m de comprimento por 0,17 m de largura e 3 m de profundidade
- número de câmaras existentes: 2 unidades

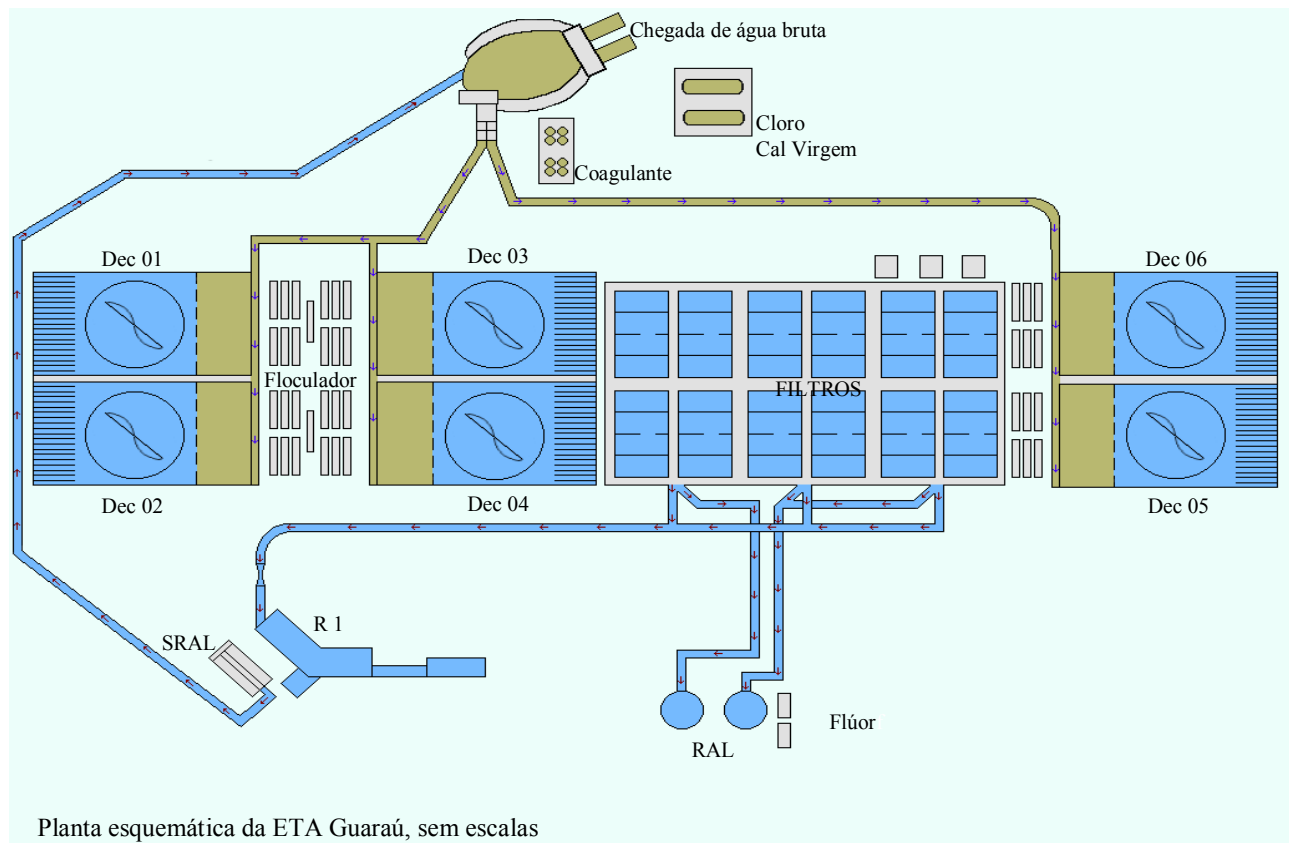
Câmaras de floculação

- dimensões internas de cada câmara:
 - 47,0 m de comprimento
 - 35,30 m de largura
 - 4,90 m profundidade

- número de câmaras existentes: 6 unidades
- número de câmaras projetadas: 2 unidades
- número de floculadores por câmara: 12 unidades
- número total de floculadores em operação: 72 unidades

Decantadores

- dimensões internas de cada decantador:
125,00 m de comprimento
47,00 m de largura
4,90 m profundidade mínima e 5,20 m de profundidade máxima (no centro do decantador)
- número de unidades existentes: 6 unidades
- número de unidades projetadas: 2 unidades
- comprimento do vertedor de água decantada em cada decantador: 1.230 m
- taxa de decantação: $60,6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$



Planta esquemática da ETA Guaraú, sem escalas

ANEXO A-III

Recomendações para o estabelecimento das condições para
concessão da outorga

Anexo II da Deliberação Conjunta dos Comitês PCJ nº
007/04 de primeiro de junho de 2004

COMITÊS PCJ
Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá
(criados e instalados segundo a Lei Estadual (SP) nº 7.663/91 e Lei Federal nº 9.433/97)

ANEXO II - Deliberação Conjunta dos Comitês PCJ nº 007/04, de 01/06/2004.

**1. RECOMENDAÇÕES PARA O ESTABELECIMENTO DAS CONDIÇÕES PARA
CONCESSÃO DA OUTORGA**

Baseando-se nos princípios da Gestão dos Recursos Hídricos e tendo a outorga de direito de uso de recursos hídricos como um dos seus instrumentos voltados à garantia do balanço hídrico, ao planejamento e à sustentabilidade das bacias hidrográficas do Alto Tietê e Piracicaba, Capivari e Jundiá, recomenda-se:

- O **prazo de 10 anos** para a vigência da futura outorga, a partir de agosto de 2004.
- Que **revisões da outorga** possam ser feitas a qualquer momento, tendo como base as análises quantitativas e qualitativas das disponibilidades hídricas, ajustes de prazos e atendimento às ações acordadas no âmbito dos Comitês PCJ, devidamente respaldadas pelos órgãos gestores (ANA, DAEE e IGAM).

Com o objetivo de implementar a "Gestão Compartilhada do Sistema Cantareira" visando à minimização dos problemas de abastecimento público existentes nas bacias do Alto Tietê e Piracicaba, Capivari e Jundiá, recomenda-se:

- vazões máximas (valores médios mensais) transferidas da bacia do Piracicaba para a Região Metropolitana de São Paulo, de até 31 m³/s.
- vazões mínimas (valores médios anuais), liberadas para a Bacia do Rio Piracicaba, obedecerão ao seguinte cronograma:

ANO	Vazão mínima liberada para a bacia do Piracicaba (m³/s)
2004	4,0
2005	5,0
2006*	5,0
2007	5,0
2008	5,5
2009	6,0

ANO	Vazão mínima liberada para a bacia do Piracicaba (m³/s)
2010	7,0
2011	7,0
2012	7,0
2013	7,0
2014	7,0

COMITÊS PCJ

Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá

(criados e instalados segundo a Lei Estadual (SP) nº 7.663/91 e Lei Federal nº 9.433/97)

*Obs: Se não forem viabilizadas, técnica e financeiramente, até 2006, a construção de novas barragens ou sistemas de reversão de águas que aumentem a disponibilidade hídrica nos rios Atibaia e Jaguari, a Sabesp deverá reduzir, a partir de 2008, a transferência de vazão para a Região Metropolitana de São Paulo.

Para elaboração das propostas de vazões, mostradas acima, foram observados:

- A capacidade máxima de regularização do sistema entre 35 e 36 m³/s (segundo dados informados pela SABESP durante as reuniões do GT-Cantareira);
- A vazão mínima natural ($Q_{7,10}$) de 9,94 m³/s, nas seções das barragens dos rios formadores do Sistema Cantareira, na bacia do Piracicaba.

As vazões mínimas estabelecidas para a Bacia do Piracicaba, quando não efetivadas, terão os volumes correspondentes armazenados nas barragens do Sistema Cantareira, sendo contabilizados e operacionalizados pela Câmara Técnica de Monitoramento Hidrológico (CT-MH), dos Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, para serem utilizados, por meio de descargas suplementares na bacia do Piracicaba, quando se fizerem necessários, dentro do mesmo ano hidrológico, ou seja, do mês de outubro de um ano ao mês de setembro do ano seguinte.

Tendo em vista a necessária recuperação do volume de água armazenado nas represas do Sistema Cantareira e a garantia das vazões transferidas para a RMSP e das liberadas para a Bacia do Piracicaba, a Outorgada (Sabesp) deverá elaborar e executar, anualmente, plano de contingência para a recuperação acima mencionada, a partir de outubro de 2004, até que se obtenha um volume de reservação no Sistema Cantareira que ofereça um nível de garantia de atendimento superior a 95% (noventa e cinco por cento) do tempo.

A operação do Sistema Cantareira, no tocante às descargas para os rios Atibainha, Cachoeira e Jaguari, deverá ser executada pela Sabesp em comum acordo com a CT-MH. Em situações emergenciais ou de pluviometria favorável nos mananciais a jusante do Sistema Cantareira, considerados os aspectos qualiquantitativos, a CT-MH poderá estabelecer vazões de descarga compatíveis com as respectivas demandas.

COMITÊS PCJ

Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí

(criados e instalados segundo a Lei Estadual (SP) nº 7.663/91 e Lei Federal nº 9.433/97)

Para complementar a rede telemétrica de vazões do DAEE nas bacias dos rios Atibaia, Jaguari e Piracicaba, recomenda-se que a SABESP instale postos de medição de vazão junto às descargas das barragens como também, nas seções a montante do Sistema Cantareira, nas bacias dos rios Cachoeira, Atibainha, Jaguari e Jacareí, em pontos a serem estabelecidos pela CT-MH, em acordo com o IGAM e o DAEE.

A fim de se adequar o controle qualitativo sobre os rios das bacias do Atibaia e Jaguari, recomenda-se a instalação, pela SABESP, de amostradores cuja metodologia, parâmetros, amostragem e definição dos pontos de instalação deverão ser executados sob orientação técnica da CETESB e do IGAM. A instalação deverá ser feita no prazo de até dois anos após a concessão da outorga.

Em caso de acidentes ambientais que comprometam a captação para abastecimento público e promovam risco à saúde, a SABESP deverá garantir descargas adicionais de água para restabelecer as condições habituais dos rios Atibaia e Jaguari. Tais descargas deverão ser acordadas no âmbito da CT-MH, em conformidade com o artigo 15 inciso IV da Lei 9.433/97 e artigo 24 inciso IV da Resolução nº. 16, de maio de 2001, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH.

2. RECOMENDAÇÃO DE MEDIDA COMPENSATÓRIA

Face às baixas vazões descarregadas pelo Sistema Cantareira nos rios Atibainha e Jaguari, que provocaram a descaracterização das margens e calhas desses mananciais, a SABESP deverá contratar estudos de avaliação e promover a recuperação das calhas desses rios, nos trechos compreendidos entre as represas e a confluência com o rio Cachoeira e ponte da rodovia SP 65, respectivamente, no prazo de dois anos.

COMITÊS PCJ
Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá
(criados e instalados segundo a Lei Estadual (SP) nº 7.663/91 e Lei Federal nº 9.433/97)

3. ACORDO A SER REALIZADO NO ÂMBITO DOS COMITÊS PCJ

- 3.1. A SABESP, que é concessionária dos serviços de saneamento em 22 municípios das Bacias PCJ, atingindo uma população de 712.519 habitantes (IBGE 2000), deverá tratar, pelo menos em nível secundário e de acordo com a legislação vigente, até o final de 2005, o esgoto de, no mínimo, 50% da população atendida nesses municípios. Até 2007 o atendimento deverá atingir, no mínimo, 65% e até 2010 o atendimento deverá atingir 100% do esgoto coletado, ressalvada a condição de coleta de, no mínimo, 95% da população total desses municípios.
- 3.2. Deverão ser desenvolvidos de forma conjunta, pela SABESP, municípios integrantes das bacias PCJ e demais usuários, programas de controle de perdas, reúso de águas, campanhas de uso racional e programas de educação ambiental.
- 3.3. A fim de se preservar as vazões afluentes e garantir qualidade das águas deverão ser desenvolvidas parcerias entre a SABESP; a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD/Minas Gerais e seus órgãos vinculados e as Prefeituras Municipais de Camanducaia, Extrema, Itapeva e Sapucaí – Mirim, para conservação do solo, tratamento de esgoto, recuperação da mata ciliar e operacionalização da APA Fernão Dias, em atendimento à Portaria do Ministério da Saúde 518, de 25/03/2004.
- 3.4. Considerando a limitação das descargas nos rios Atibainha, Cachoeira e Jaguari, pelo Sistema Cantareira, fator este que nos períodos de estiagem inibe a autodepuração natural dos cursos d'água, causando aumento das concentrações de matéria orgânica nos cursos d'água, dificultando sobremaneira o tratamento de águas para abastecimento público, tanto no aspectos técnico quanto financeiro, deverá a SABESP prestar assistência técnica e material aos municípios das bacias PCJ que julgarem necessárias tais ações.

COMITÊS PCJ

Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí

(criados e instalados segundo a Lei Estadual (SP) nº 7.663/91 e Lei Federal nº 9.433/97)

- 3.5. Recomenda-se serem previstos recursos financeiros, pela SABESP, a fim de que o cadastro de irrigantes seja mantido atualizado e anualmente sejam executados serviços de monitoramento via satélite (aquisição de imagens), ao longo das bacias dos rios Atibaia, Jaguari e Piracicaba.
- 3.6. Como medida de caráter compensatório, pela transposição de água a ser feita, e até que se estabeleça a cobrança pelo uso da água nas bacias PCJ, a Sabesp tomará a iniciativa de depositar voluntariamente junto ao Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FEHIDRO, na sub conta do CBH-PCJ, e em outros instrumentos que contemplem Minas Gerais, valor correspondente a R\$ 0,01 (hum centavo de real) por metro cúbico de água captada através do Sistema Cantareira. Esta proposta, se aceita, substitui os itens 2; 3.3 e 3.5, constantes deste ANEXO II.
- 3.7. Os itens acima descritos que não forem considerados para efeito de atendimento à legislação referente à outorga de direito de uso em questão, deverão fazer parte de uma negociação e acordo, no âmbito dos Comitês PCJ, devendo posteriormente ser consolidados em um Termo de Compromisso;

LUIZ ROBERTO MORETTI
Secretário-executivo
CBH-PCJ e PCJ FEDERAL

CLAUDIO ANTONIO DE MAURO
Presidente
CBH-PCJ e PCJ FEDERAL

LUIZ CARLOS BERGAMIN
2º Vice-presidente do PCJ
FEDERAL

EDUARDO LOVO PASCHOALOTTI
Vice-presidente do CBH-PCJ e
1º Vice-presidente do PCJ FEDERAL

MARCOS HELANO FERNANDES MONTENEGRO
3º Vice-presidente do PCJ FEDERAL

Deliberação publicada no Diário Oficial do Estado de São Paulo em 04/06/2004.

ANEXO A-IV

Posição da Agência da Bacia do Alto Tietê para a discussão
da renovação da outorga do Sistema Cantareira

A POSIÇÃO DA AGÊNCIA DA BACIA DO ALTO TIETÊ PARA A DISCUSSÃO DA RENOVAÇÃO DA OUTORGA DO SISTEMA CANTAREIRA

1. O Sistema Cantareira

O Sistema Cantareira foi concebido no final da década de 60 e iniciou parcialmente sua operação na década seguinte. O principal objetivo do Sistema era resolver o problema de abastecimento da Região Metropolitana da Grande São Paulo por um longo horizonte de tempo, como realmente aconteceu.

As principais obras de regularização do Sistema estão esquematizadas na Figura 1 e suas principais características na Tabela 1 abaixo.

Reservatório/Bacia	AD (km ²)	Vazão média m ³ /s	Volume útil hm ³ ⁽¹⁾	Nível Max. Operaciona l (m)	Nível Min. Operaciona l (m)
Jaguari-Jacarei / Piracicaba	1270	24,4	595	844,00	829,00
Cachoeira / Piracicaba	410	9,1	70	821,78	811,16
Atibainha / Piracicaba	305	6,1	100	786,86	781,77
Paiva Castro / Alto Tietê	314	4,4	10	745,61	743,80
Totais:	2299	44,0	775		

(1) A respeito dos volumes úteis da tabela devem ser feitas algumas observações, importantes para subsidiar a futura política de operação do Sistema:

- Segundo informações da Sabesp é possível operar o reservatório Jaguari-Jacarei abaixo de seu nível mínimo operacional (cota 829,00 m) e assim tirar proveito de volume de regularização adicional de cerca de 200 hm³. Este volume é considerado pela Sabesp como sendo uma reserva estratégica para ser utilizada em períodos críticos.
- A Sabesp destina um volume de controle de inundações em Jaguari-Jacareí da mesma ordem de grandeza da reserva estratégica acima mencionada.
- Ambos os volumes citados representam uma parcela significativa do volume total de regularização do Sistema e existem possibilidades efetivas de que, mediante a realização de novos estudos técnicos, estes volumes possam ser adicionados ao volumes úteis atuais, aumentando significativamente as garantias de fornecimento de água para São Paulo e para a Bacia do Piracicaba.

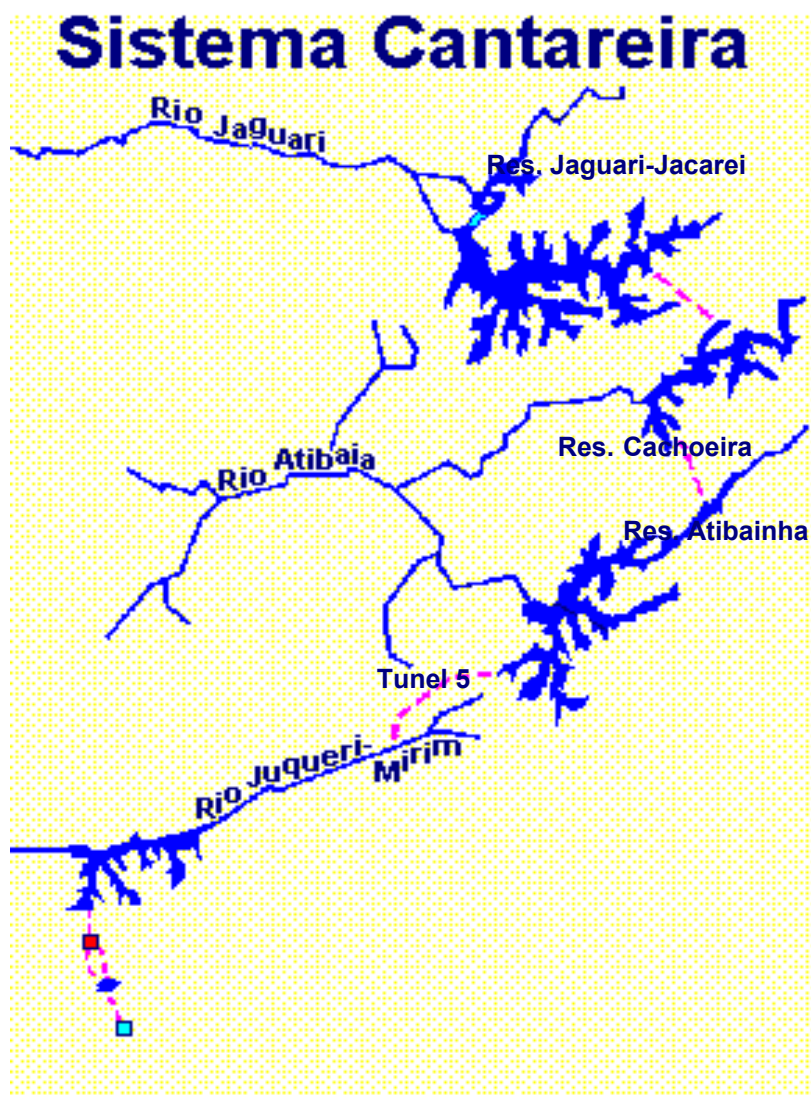


Figura 1- Esquema dos reservatórios de regularização do Sistema Cantareira (Fonte: Sistema de Suporte a Decisões da Sabesp)

A autorização para derivar até $33\text{m}^3/\text{s}$ por 30 anos das águas do Sistema Cantareira que foi concedida para a Sabesp abastecer a RMSP pelo então Ministro de Estado de Minas e Energia, Shigeaki Ueki, Portaria nº 750 de 05 de Agosto de 1974, vence no próximo mês de agosto. Como todo o projeto de transposição de águas de uma bacia para outra, uma série de questões e eventualmente conflitos acabam surgindo, ao longo do tempo, entre a “bacia doadora” e a “bacia receptora”. A portaria do Ministro refere-se apenas à vazão a ser aduzida para São Paulo e é omissa a respeito de volumes de água a serem garantidos a jusante do Sistema. Posteriormente, o Governo do Estado de São Paulo, através de ofício, informou à população da Bacia do Piracicaba que seriam garantidas as vazões de $15,0\text{ m}^3/\text{s}$ na seção de Paulínea, no rio Atibaia, e $40,0\text{ m}^3/\text{s}$ no rio Piracicaba em Piracicaba. Além das vazões nestes pontos de controle, estabeleceu-se também que a jusante dos reservatórios Jaguarí-Jacaré, Cachoeira e Atibainha seriam descarregadas as vazões mínimas de $2,0\text{ m}^3$, $1,0\text{ m}^3/\text{s}$ e $2,0\text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente.

2. A operação do Sistema Cantareira

A Sabesp tem operado o Sistema garantindo as vazões especificadas acima para a Bacia do Piracicaba e transferindo para o Reservatório Paiva Castro cerca de 31,0 m³/s, uma vez que a capacidade do Sistema, de 33,0 m³/s, é obtida com a contribuição de 2m³/s deste último reservatório. Durante períodos hidrológicamente favoráveis, e mesmo ao longo de uma sequência de anos moderadamente secos, tem sido possível manter estas vazões sem maiores dificuldades. Entretanto, durante períodos mais críticos, como os observados a partir de 1999 até hoje, há necessidade de reduzir as vazões aduzidas para São Paulo e também as descargas para a Bacia do Piracicaba. Cumpre observar que período tão crítico como o atual somente foi observado entre 1953 e 1956.

Atualmente a Sabesp conta com um Sistema de Suporte a Decisões desenvolvido na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para apoiar as decisões relativas à operação do Sistema Cantareira. A política da Sabesp tem sido instalar o SSD em entidades que estejam de alguma forma envolvidas com o problema, de forma que estas possam acompanhar a política operacional adotada e eventualmente executar os modelos matemáticos do SSD nele constantes bem como fazer sugestões visando sua melhoria.

Os resultados do Sistema de Suporte a Decisões, operados com series hidrológicas de vazões médias mensais de 74 anos (período 1930-2003) mostram que é possível garantir durante 95% do tempo a vazão de 37 m³/s, com os três reservatórios da Bacia do Piracicaba. Os volumes úteis adotados são os que constam da Tabela 1. A garantia sobe para cerca de 98% do tempo se adicionarmos os 200 hm³ ao volume da reserva estratégica de regularização atualmente utilizado.

Há cerca de 17 anos foi criado o *Grupo Técnico de Monitoramento Hidrológico da Bacia do Piracicaba- GTMH*, constituído por representantes do DAEE, da Sabesp, da Cetesb e de diversas entidades da Bacia do Piracicaba, com objetivos, entre outros, de monitorar o estado da Bacia em termos de quantidade e qualidade de suas águas e oferecer subsídios e sugestões à Sabesp no que se refere à operação do Sistema Cantareira. Posteriormente, com a instituição do Sistema Estadual de Recursos Hídricos e a consequente criação do Comitê das Bacias do Piracicaba, Camanducaia e Jundiaí, o GTMH foi incorporado à estrutura do Comitê na qualidade de Camara Técnica. Este grupo constitui uma experiência interessante e efetiva de gestão de recursos hídricos, inclusive no que se refere à administração de conflitos. O trabalho realizado tem sido extremamente valioso para decidir sobre a alocação da água do Sistema Cantareira, principalmente em períodos de escassez como o que estamos atravessando.

3 . Pontos de partida para análise da outorga.

A água, em função da variação de sua ocorrência ao longo ano, assume "valores"¹ diferentes. Durante a época de cheias o "valor" da água é muito pequeno pois não há possibilidade de aproveitar as grandes vazões que ocorrem nesses períodos. Já durante a estiagem este "valor" cresce expressivamente, principalmente em regiões de uso intensivo da água. Reservatórios de regularização são instrumentos para *transformar chumbo em ouro*, como almejavam os antigos alquimistas, uma vez que agregam valor às águas de cheia ao armazená-las para aproveitamento quando são mais necessárias. Neste sentido, o efeito de regularização do Sistema Cantareira representa uma grande oportunidade para as Bacias do Piracicaba e do Alto Tietê explorarem mais efetivamente seus recursos hídricos.

¹ o termo "valor" refere-se à utilidade da água para os diversos usos e não ao seu "preço"

O Sistema Cantareira controla cerca de 13% da porção superior da Bacia do Piracicaba, o que permite que suas águas atinjam, praticamente, qualquer ponto do vale, desde que haja um sistema efetivo de operação dos reservatórios e de gestão e controle da utilização destas águas. Ainda em relação à condição topológica privilegiada do Sistema, deve-se ressaltar outro aspecto extremamente importante que a Tabela 1, também ajuda a ilustrar.

Como se nota, as maiores disponibilidades e o maior poder de regularização se concentra na Bacia do Jaguari, que apresenta demanda pequena e, portanto, valor baixo. Através do Sistema Cantareira é possível, entretanto, agregar valor a estas águas descarregando-as no vale do Atibaia que apresenta grande demanda. Neste sentido, o Sistema Cantareira se constitui num recurso não só para regularizar vazões, mas também para transpor as águas regularizadas para a Bacia do Alto Tietê e internamente, para a sub bacia do Piracicaba via rio Atibaia por meio das descargas das barragens dos rios Cachoeira e Atibainha.

Admitidas estas premissas, não parece restar dúvidas que a forma de alocação mais vantajosa para ambas as bacias será obter a garantia de usar determinados volumes de água armazenada nos reservatórios do Sistema e não simplesmente exigir descargas ou aduções de vazões fixas ao longo do ano ou de certos meses. Esta diferença aparentemente sutil, na forma de alocação apresenta vantagens em relação à alternativa *de descargas fixas*:

- a alternativa de descargas fixas pode levar a desperdícios de água, pois em épocas que as bacias incrementais situadas a jusante do Sistema Cantareira garantirem as necessidades da bacia no Piracicaba, não há sentido em realizar grandes descargas para jusante do reservatório.
- nesta situação será mais vantajoso armazenar as águas que não tenham utilidade em determinados meses para utilizá-las quando necessário.

Esse tipo de operação, além de se constituir na forma moderna de gestão de recursos hídricos, abre espaço para que ambas as bacias aproveitem com a maior eficácia dos benefícios que o sistema oferece em favor das suas respectivas populações.

Se trata efetivamente de uma gestão integrada e compartilhada que de certa forma já vem sendo realizada há 17 anos, espontaneamente pelo GTMH e que se ajusta perfeitamente aos fundamentos do SIGRH: descentralização e participação.

4. A posição da Agência da Bacia do Alto Tietê:

Considerando que:

- 4.1. Existe água e capacidade de regularização para atender a ambos os centros de consumo, com riscos de falha aceitáveis durante um horizonte ainda relativamente longo.
- 4.2. Grande parte dos problemas e conflitos relativos a alocação da água do Sistema Cantareira pode ser administrado através de uma gestão racional, integrada e compartilhada.
- 4.3. Os estudos de simulação mostram que é possível aduzir cerca de 31,0 m³/s para São Paulo e ao mesmo tempo manter vazões mínimas de 15,0 m³/s em Paulínea e 40,0 m³/s em Piracicaba durante mais de 95% do tempo. Estas vazões e/ou suas respectivas garantias

podem ainda ser aumentadas caso seja possível aumentar os volumes de regularização do sistema como considerado anteriormente.

4.4. A renovação da outorga deve estabelecer princípios claros aceitos por todos os interessados e que as regras derivadas destes princípios devem ser válidas para períodos hidrologicamente normais ou moderadamente secos, uma vez que já foi constatado que durante estes períodos, o desempenho do sistema é satisfatório.

4.5. Durante períodos hidrológicos mais severos, que devem ser definidos por índices previamente estabelecidos por estudos técnicos, haverá necessidade de restringir descargas e transposições como usualmente acontece com sistemas inerentemente associados a riscos e incertezas.

4.6. Um sistema de informações e de esclarecimento da comunidade é extremamente importante para o sucesso de qualquer gestão eficiente de recursos hídricos.

Sugere fundamentalmente:

- A renovação da Outorga mantendo a autorização para a Sabesp derivar até 33m³/s do Sistema Cantareira para abastecimento da R.M.S.P.
- A implantação imediata de um Sistema de Gestão Integrada e Compartilhada dos recursos hídricos do Sistema que garanta apenas o uso de determinados volumes de água armazenada nos reservatórios sem determinação das cargas fixas.

Complementarmente sugere também que:

- O modelo do Sistema de Gestão Integrada e Compartilhada seja concebido com base na experiência do GTMH;
- Sejam providenciados estudos técnicos para definição de índices para caracterizar os períodos hidrológicos mais severos;
- Sejam providenciados os estudos técnicos necessários para viabilizar a incorporação dos volumes do reservatório Jacaré/ Jaguari abaixo do seu nível mínimo operacional e de reserva para controle de inundações;
- Seja implantada uma rede de monitoramento na bacia e regras para o seu funcionamento (inclusive o rateio de custos para sua implantação e operação);
- Sejam desenvolvidos estudos para o estabelecimento de pontos de controle na bacia que sejam mais efetivos que Paulínea e Piracicaba.

São Paulo, 03 de Maio de 2004
Engº Julio Cerqueira Cesar Neto
Presidente da Agência da Bacia do Alto Tietê

Agência Nacional de Águas - ANA
Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE

PARTE B - ESTUDOS HIDROLÓGICOS DO SISTEMA CANTAREIRA

Relatório Final
Julho 2004 – V 1.1

ÍNDICE

1. OBJETIVO.....	003
2. DISPONIBILIDADE DE DADOS HIDROLÓGICOS.....	004
3. DISPONIBILIDADE DE DADOS DE DEMANDAS.....	008
4. ANÁLISE E PROJEÇÃO DAS DEMANDAS NA BACIA DO RIO PIRACICABA	009
4.1. Organização dos Dados de Demandas	009
4.2. Demandas Atuais na Bacia do Rio Piracicaba	012
5. SÉRIES DE VAZÕES NATURAIS NOS APROVEITAMENTOS	019
5.1. Metodologia.....	019
5.2. Determinação das Séries de Vazões Naturais.....	020
5.3. Análise das Séries de Vazões Naturais.....	023
6. SÉRIES DE VAZÕES NATURAIS NAS SUB-BACIAS DO RIO PIRACICABA	028
6.1. Análise de Consistência dos Dados dos Postos Fluviométricos.....	028
6.2. Determinação das Séries de Vazões Observadas nos Postos.....	034
6.3. Determinação das Séries de Vazões Naturais nos Postos	036
6.4. Análise das Séries de Vazões Naturais nos Postos	039
7. CONCLUSÕES.....	043

**ANEXO I – SÉRIES DE VAZÕES NATURAIS MÉDIAS MENSAIS NOS
APROVEITAMENTOS DO SISTEMA CANTAREIRA**

**ANEXO II – SÉRIE DE VAZÕES NATURAIS MÉDIAS MENSAIS NOS POSTOS
FLUVIOMÉTRICOS DA BACIA DO RIO PIRACICABA**

1. OBJETIVO

A parte B do Relatório Conjunto apresenta os estudos hidrológicos desenvolvidos com o objetivo de caracterizar a disponibilidade hídrica e subsidiar o processo de renovação da outorga do Sistema Cantareira. Os estudos hidrológicos envolveram as seguintes atividades:

- atualização da base hidrológica de dados dos postos situados na bacia do rio Piracicaba;
- atualização da base hidrológica dos dados operacionais do Sistema Cantareira em intervalo diário, incluindo as vazões afluentes, vazões defluentes, vazões transpostas (descarregadas nos túneis e para Paiva Castro), NA dos reservatórios;
- elaboração de base de dados de demandas e usos consumptivos na bacia do rio Piracicaba até a cidade de Piracicaba;
- reconstituição das séries de vazões naturais médias mensais do rio Atibainha na barragem do Atibainha, do rio Cachoeira na barragem do Cachoeira e dos rios Jaguari/Jacareí nas barragens do Jaguari e do Jacareí (Fernão Dias) para o período de Janeiro de 1994 a Dezembro de 2003;
- reconstituição das séries de vazões naturais médias mensais do rio Piracicaba em Piracicaba, do rio Jaguari em Faz. Buenópolis e Usina Estér e do rio Atibaia em Atibaia, Bairro da Ponte e Acima Paulínea para o período de Janeiro de 1994 a Dezembro de 2003;
- análise estatística das séries de vazões naturais médias mensais reconstituídas.

2. DISPONIBILIDADE DE DADOS HIDROLÓGICOS

Os estudos hidrológicos desenvolvidos pelo consórcio HIDROPLAN no âmbito do “Plano Integrado de Aproveitamento e Controle dos Recursos Hídricos das Bacias Alto Tietê, Piracicaba e Baixada Santista” em 1995 permitiram a definição das séries de vazões naturais médias mensais do rio Piracicaba em Piracicaba, do rio Jaguari em Faz. Buenópolis e Usina Estér e do rio Atibaia em Atibaia, Bairro da Ponte e Acima Paulínea para o período de Janeiro de 1930 a Dezembro de 1993. Para subsidiar o DAEE-SP no processo de outorga do Sistema Cantareira, bem como permitir a análise da operação, faz-se necessário complementar as mencionadas séries de vazões naturais médias mensais para o período de Janeiro de 1994 a Dezembro de 2003.

Com esse objetivo, foram feitas pesquisas da disponibilidade de dados hidrológicos nos diversos órgãos federais e estaduais que dispõem de estações fluviométricas na região da bacia hidrográfica do rio Piracicaba. Estas pesquisas permitiram verificar a disponibilidade de dados no DAEE-SP e na Agência Nacional de Águas (ANA).

Os dados dos postos fluviométricos foram obtidos no DAEE-SP e na ANA, consistindo de séries diárias de cotas limnimétricas e vazões, bem como as medições de descarga líquida.

Os postos fluviométricos foram selecionados utilizando os seguintes critérios:

- estar localizados na bacia hidrográfica do rio Piracicaba e nas sub-bacias dos rios Atibainha, Cachoeira, Atibaia, Jaguari, Jacaré, Camanducaia e Piracicaba;
- apresentar medições de descarga líquida;
- contar com pelo menos 10 anos de dados;
- pertencerem a entidades que disponibilizam os dados.

A Tabela 1 apresenta a lista dos postos fluviométricos selecionados na região da bacia do rio Piracicaba. Para cada posto fluviométrico apresentam-se os códigos da ANA, o nome do posto, o código adicional do operador, o tipo de observação – F: fluviométrica, R: fluviográfica, D: medição de descarga líquida, S: medição de descarga sólida e Q: medições de qualidade d’água, o código e o nome do curso d’água onde está localizado, a unidade da Federação e o código da sub-bacia onde o posto está localizado, o órgão responsável pela operação, a localização (latitude e longitude), a área de drenagem fornecida pelo órgão responsável e o período de observações.

Na Tabela 1 estão destacados com fundo amarelo os postos fluviométricos selecionados para extensão da série de vazões naturais médias mensais, enquanto em fundo verde estão os postos fluviométricos que poderão ser utilizados para complementação de falhas ou na análise de consistência.

A análise da Tabela 1 permite, a princípio, concluir que existe disponibilidade de dados fluviométricos para a complementação da série de vazões médias mensais nos postos fluviométricos selecionados na bacia do rio Piracicaba para o período de Janeiro de 1994 a Dezembro de 2003.

TABELA 1 – DISPONIBILIDADE DE DADOS FLUVIOMÉTRICOS NA BACIA DO RIO PIRACICABA

Código	Nome	Código Adicional	Tipo					Código do Rio	Curso d'Água	UF	SB	Entidade	Latitude	Longitude	Área de Drenagem (km²)	Início	Fim	Período de Observações (anos)
62670000	ATIBAIA		F	D	S	Q		62260100	Atibaia	SP	62	ANA	-23,1056	-46,5572	1.143	nov/1936		67
62670100	ATIBAIA F16	F16	F	D		Q		62260100	Atibaia	SP	62	SABESP	-23,1000	-46,5500	1.148	abr/1970		34
62674500	ITATIBA F19	F19	F	D				62260100	Atibaia	SP	62	SABESP	-22,9833	-46,8333	1.014	set/1979		24
62675100	ITATIBA		F	D		Q		62260100	Atibaia	SP	62	ANA	-22,9833	-46,8333	1.930	dez/1945	jan/1980	34
62676000	BAIRRO DA PONTE 3D-	3D-006	F	D				62260100	Atibaia	SP	62	CPFL	-22,9831	-46,8294	1.920	out/1929		74
62678000	SOUZA F21	F21	F	D				62260100	Atibaia	SP	62	SABESP	-22,9333	-46,9333	2.240	dez/1980		23
62680000	DESEMBARGADOR	3D-003	F	D				62260100	Atibaia	SP	62	DAEE-SP	-22,7694	-46,9894	2.308	mai/1944		60
62690000	ACIMA DE PAULINEA 4D-	4D-009R	F	R	D			62260100	Atibaia	SP	62	CPFL	-22,7439	-47,1297	2.559	nov/1947		56
62691000	PAULINEA F12	F12	F	R	D	Q		62260100	Atibaia	SP	62	SABESP	-22,7500	-47,1667	2.483	abr/1970		34
62655000	ATIBAINHA F22	F22	F	R	D			62260200	Atibainha	SP	62	SABESP	-23,1500	-46,3000	172	jan/1982		22
62660000	NAZARE PAULISTA		F	D				62260200	Atibainha	SP	62	ANA	-23,1833	-46,3833	305	ago/1952	ago/1972	20
62661000	NAZARE PAULISTA F3	F3	F	D				62260200	Atibainha	SP	62	SABESP	-23,1667	-46,4000	328	jan/1970		34
62662000	MASCATE 3E-089R	3E-089R	F	R	D			62260200	Atibainha	SP	62	DAEE-SP	-23,1667	-46,4500	380	dez/1970		33
62664000	CONRADO F24	F24	F	R	D			62260400	Cachoeira	SP	62	SABESP	-22,9833	-46,2500	291	dez/1980		23
62665000	PIRACAIA		F	D				62260400	Cachoeira	SP	62	ANA	-23,0506	-46,3656	410	jun/1935		69
62665100	CRAVORANA 3E-088R	3E-088R	F	R	D			62260400	Cachoeira	SP	62	DAEE-SP	-23,0333	-46,3333	404	dez/1970		33
62666000	PIRACAIA F5	F5	F	D				62260400	Cachoeira	SP	62	SABESP	-23,0500	-46,3333	406	abr/1970		34
62584000	BAIRRO DO TENENTE	F23	F	D				62263600	Camanducaia	SP	62	SABESP	-22,8333	-46,3167	508	mar/1981		23
62620000	FORMIGA 3D-017	3D-017	F	D				62263600	Camanducaia	SP	62	DAEE-SP	-22,7278	-46,4383	102	nov/1971		32
62622000	MONTE ALEGRE DO SUL	3D-002	F	D				62263600	Camanducaia	SP	62	DAEE-SP	-22,6956	-46,6736	387	mai/1944		60
62625000	AMPARO		F	D				62263600	Camanducaia	SP	62	ANA	-22,7117	-46,7656	664	nov/1938		65
62628000	FAZENDA BARRA 3D-001	3D-001	F	D		Q		62263600	Camanducaia	SP	62	DAEE-SP	-22,6731	-46,9725	928	jan/1943		61
62708300	FAZENDA BANDEIRANTES							62265000	Corumbataí	SP	62	CESP	-22,4833	-47,6000	530	nov/1978		25
62710000	TEREZINHA 4D-003	4D-003	F	D				62265000	Corumbataí	SP	62	DAEE-SP	-22,6667	-47,6667	1.705	mar/1943	ago/1972	29

TABELA 1 – DISPONIBILIDADE DE DADOS FLUVIOMÉTRICOS NA BACIA DO RIO PIRACICABA

Código	Nome	Código Adicional	Tipo				Código do Rio	Curso d'Água	UF	SB	Entidade	Latitude	Longitude	Área de Drenagem (km ²)	Início	Fim	Período de Observações (anos)
62575000	FAZENDA JAGUARI F28	F28	F		D		62263000	Jaguari	SP	62	SABESP	-22,8333	-46,1167	281	jan/1985		19
62590000	PIRES 3D-016	3D-016	F		D		62263000	Jaguari	SP	62	DAEE-SP	-22,8667	-46,3500	967	jun/1971		33
62592000	FERNAO DIAS F9	F9	F		D		62263000	Jaguari	SP	62	SABESP	-22,9167	-46,4333	1.042	abr/1970	ago/1981	11
62595000	FERNAO DIAS F8	F8	F		D		62263000	Jaguari	SP	62	SABESP	-22,9333	-46,4500	235	abr/1970	ago/1981	11
62596000	PORTO DE AREIA F10	F10	F		D		62263000	Jaguari	SP	62	SABESP	-22,9000	-46,4833	1.365	abr/1970		34
62597000	GUARIPOCABA 3D-015R	3D-015R	F	R	D		62263000	Jaguari	SP	62	DAEE-SP	-22,9000	-46,4667	1.353	fev/1971		33
62598000	BRAGANCA PAULISTA	F18	F		D		62263000	Jaguari	SP	62	SABESP	-22,9167	-46,5500	1.440	mai/1970		34
62600000	RIO ABAIXO		F		D	S Q	62263000	Jaguari	SP	62	ANA	-22,8836	-46,6344	1.726	ago/1942		61
62605000	BUENOPOLIS 3D-009	3D-009	F		D		62263000	Jaguari	SP	62	CPFL	-22,8506	-46,7797	1.950	fev/1930		74
62615000	JAGUARIUNA		F	R	D	S Q	62263000	Jaguari	SP	62	ANA	-22,7086	-46,9917	2.180	jul/1930		74
62631000	PAULINEA F11	F11	F		D		62263000	Jaguari	SP	62	SABESP	-22,6833	-47,1500	3.238	abr/1970		34
62632000	USINA ESTER 4D-001R	4D-001R	F	R	D		62263000	Jaguari	SP	62	DAEE-SP	-22,6572	-47,2147	3.394	mai/1943		61
62635000	QUEBRA POPA		F				62263000	Jaguari	SP	62	CPFL	-22,6667	-47,2333	4.267	jun/1950		54
62694000	VIA ANHANGUERA F15	F15	F	R	D		62260000	Piracicaba	SP	62	SABESP	-22,6833	-47,3167	7.029	abr/1970		34
62695000	CARIOBA 4D-010R	4D-010R	F	R	D	S Q	62260000	Piracicaba	SP	62	DAEE-SP	-22,7167	-47,3500	7.327	dez/1959		44
62695001	CARIOBA-CAI	PC-003F	F	R	D		62260000	Piracicaba	SP	62	CESP	-22,7167	-47,3167	7.130	dez/1978		25
62697000	SAO JERONIMO 4D-020	4D-020	F		D		62260000	Piracicaba	SP	62	DAEE-SP	-22,7000	-47,3333	7.715	jul/1951	fev/1974	23
62700000	ACIMA SALTO DE		F				62260000	Piracicaba	SP	62	CPFL	-22,7000	-47,6167	8.670	set/1949	out/1974	25
62705000	PIRACICABA (FB)-PIR	PC-001F	F	R	D	S Q T	62260000	Piracicaba	SP	62	CESP	-22,7167	-47,6667	8.500	mar/1964		40
62707000	PIRACICABA		F		D		62260000	Piracicaba	SP	62	ANA	-22,7167	-47,6500	8.851	ago/1931	jan/1980	48
62715000	ARTEMIS 4D-007	4D-007	F		D		62260000	Piracicaba	SP	62	DAEE-SP	-22,6792	-47,7753	11.040	mai/1943		61

CRITÉRIOS

ter Medições de Descarga Líquida

ter pelo menos 10 anos de dados

postos situados nos rios Atibainha, Cachoeira, Jaguari, Atibaia, Camanducaia e Piracicaba

3. DISPONIBILIDADE DE DADOS DE DEMANDAS

Os dados de demandas da bacia do rio Piracicaba são fundamentais para a reconstituição das séries de vazões naturais médias mensais da bacia do rio Piracicaba nos postos fluviométricos selecionados e para avaliação das vazões defluentes requeridas do Sistema Cantareira.

O DAEE-SP mantém um cadastro detalhado e abrangente das outorgas da bacia do rio Piracicaba. O DAEE-SP enviou um extrato do cadastro, contendo os seguintes elementos para cada outorga:

- município;
- nome ou razão social do titular da outorga;
- tipo de usuário: aquicultor, avicultor, comerciante, condomínio, industrial, irrigação, loteador, minerador, pecuarista, suinocultor, uso comunitário, uso rural, uso urbano e outros;
- código e o nome do curso d'água relacionado à outorga;
- tipo do curso d'água: estadual, federal, represa, nascente, outros;
- tipo de uso: barragem de regularização de vazão ou nível (BA), captação (CA) ou lançamento de efluentes (LA);
- vazão outorgada, expressa em m^3/hora ;
- período de operação, expresso em horas/dia;
- distância da foz do curso d'água relacionado à outorga;
- finalidade da outorga: abastecimento público, agricultura, produção de água mineral, comércio, dessedentação animal, geração de energia hidrelétrica, hidroagrícola, industrial, irrigação, piscicultura, lazer, mineração, regularização de vazões, rural, saneamento, urbanístico, outros;
- coordenadas UTM do local referente a outorga.

O cadastro do DAEE-SP apresenta 2.475 outorgas, com vazões variando entre 1 até $28.800 \text{ m}^3/\text{h}$, correspondente a geração de energia hidrelétrica na cidade de Piracicaba outorgada para a Companhia Industrial e Agrícola “Boyes”. Dentre as captações que resultam em uso consumptivo, mesmo parcial, destacam-se a SANASA com $4,7 \text{ m}^3/\text{s}$ junto a cidade de Sousas e a Rodhia no complexo industrial de Paulínia com $2,35 \text{ m}^3/\text{s}$, ambos no rio Atibaia.

Uma vez que o cadastro inclui as captações e os lançamentos devidamente referenciados é possível avaliar as retiradas e retornos dos diversos usos ao longo dos cursos d'água principais e nos afluentes. Portanto, julgou-se que o cadastro do DAEE-SP é suficiente para atender os objetivos deste estudo.

4. ANÁLISE E PROJEÇÃO DAS DEMANDAS NA BACIA DO RIO PIRACICABA

4.1 ORGANIZAÇÃO DOS DADOS DE DEMANDA

Inicialmente, procedeu-se o cálculo da vazão outorgada média diária, multiplicando-se a vazão outorgada pelo período de operação e dividindo-se por 24 horas. Verificou-se que dentre os 10 maiores valores de vazão outorgados situam-se as captações e lançamentos de mesma magnitude de usinas hidrelétricas da Companhia Industrial e Agrícola “Boyes” no rio Piracicaba com 8,0 m³/s e da CPFL com 2,14 m³/s. Além destes, constam a captação da SANASA em Sousa com uma vazão média diária de 3,92 m³/s e o lançamento no ribeirão Anhumas com 1,20 m³/s, a captação e lançamento da Rhodia em Paulínia no rio Atibaia com 2,35 e 1,32 m³/s e a captação no rio Corumbataí e o lançamento no rio Piracicaba do Serviço Municipal de Água e Esgoto de Piracicaba com 1,85 e 1,67 m³/s.

A partir deste cálculo inicial, procedeu-se a seleção das outorgas para atender aos objetivos do estudo. A seleção das outorgas foi feita considerando os seguintes critérios:

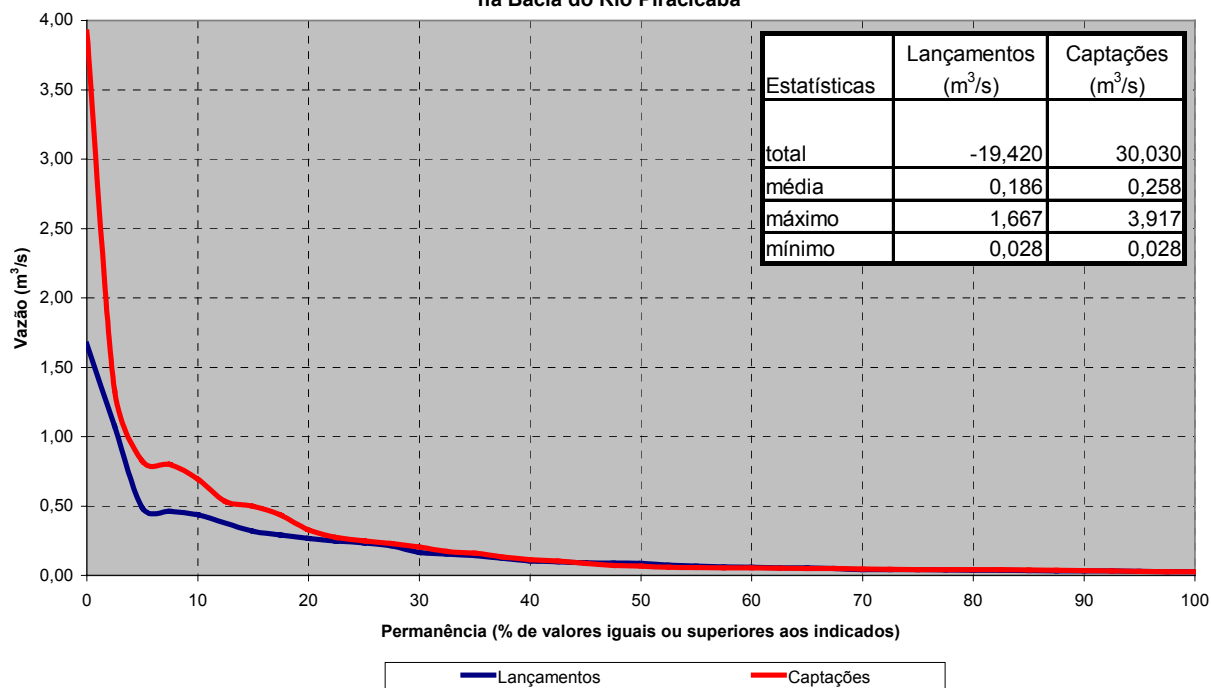
- os tipos de uso considerados foram apenas as captações e os lançamentos, já que as barragens de regularização de vazão ou nível são a fio d’água resultando na igualdade das captações e lançamentos;
- outorgas com vazões médias diárias acima de 100 m³/h ou 27,8 l/s. Verificou-se que as outorgas abaixo deste valor têm magnitude e localização coincidentes, o que resultaria em balanço nulo.

A Figura 1 apresenta um resumo estatístico das captações e lançamentos outorgados na bacia do rio Piracicaba que atendem aos critérios de seleção apresentados. Verifica-se que apenas 30 % das vazões outorgadas apresentam diferenças significativas entre as captações e os lançamentos. Contata-se, também, que as captações superam os lançamentos em 10,6 m³/s, que pode ser considerado o uso consumptivo total da bacia do rio Piracicaba, sem considerar o Sistema Cantareira.

As outorgas foram organizadas pelas coordenadas UTM, mantendo-se a distinção entre as captações e os lançamentos. As vazões outorgadas captadas receberam valores positivos, enquanto os lançamentos receberam valores negativos, mantidas as respectivas magnitudes. Para cada seção ou ponto de captação ou lançamento, foram identificadas todas as outorgas por finalidade. Então, foram integradas através de finalidades mais gerais, como apresentado a seguir:

- humano e animal, incluindo abastecimento público, dessedentação, rural e sanitária;
- industrial, incluindo produção de água mineral, produção industrial e uso sanitário em indústrias;
- comércio, com a mesma denominação;
- irrigação, incluindo as finalidades agrícola, hidro-agrícola, irrigação e piscicultura.

Figura 1 - Permanência das Vazões Outorgadas Médias Diárias acima de 100 m³/h na Bacia do Rio Piracicaba



Obs: As vazões outorgadas captadas receberam valores positivos, enquanto os lançamentos receberam valores negativos.

A Tabela 2 apresenta, a título ilustrativo, a organização para a seção do rio Atibaia em Atibaia. Esta organização permite verificar que na seção do rio Atibaia em Atibaia o balanço entre captações e lançamentos resulta em 0,43 m³/s.

As vazões outorgadas foram então separadas por sub-bacias incluindo aquelas dos rios Atibaia, Jaguari e o baixo Piracicaba, considerado a jusante da confluência dos rios Atibaia e Jaguari.

Por último, o balanço das vazões outorgadas total e por finalidades – humano e animal, industrial e agrícola foram acumulados desde a cabeceira das sub-bacias até a foz, considerando os afluentes na seção de confluência com o rio principal.

Tabela 2 – Organização das Vazões Outorgadas

Nome do Recurso Hídrico	rio Atibaia
Município	Atibaia
Distância da Foz (km)	92,87895
UTM N	7.463,09
UTM L	309,18
Vazões Outorgadas (m³/s)	
Humano e Animal	0,31
Industrial	0,10
Comércio	
Irrigação	0,03
Balanço da Seção	0,43
Captações (m³/s)	
AB.PUBL	0,4033
AGRIC.	0,0268
AGUAMIN	
COMERCI	
DESED	
HIDROAG	0,0028
INDUST.	2,6387
IRR/DES	
IRR/PIS	
RURAL	
SAN/IND	0,0408
SANIT.	0,2130
Lançamentos (m³/s)	
AB.PUBL	
AGRIC.	
AGUAMIN	
COMERCI	
DESED	
HIDROAG	-0,0039
INDUST.	-2,4389
IRR/DES	
IRR/PIS	
RURAL	
SAN/IND	-0,1432
SANIT.	-0,3054

Obs: As vazões outorgadas captadas receberam valores positivos, enquanto os lançamentos receberam valores negativos.

4.2 DEMANDAS ATUAIS NA BACIA DO RIO PIRACICABA

As vazões outorgadas na bacia do rio Piracicaba foram, então, consideradas como demandas atuais descontados os retornos, o que corresponderia aos usos consumptivos. As demandas por uso dos recursos hídricos foram ordenadas considerando as distâncias da foz. As Tabelas 3 a 5 apresentam as demandas ordenadas e organizadas por usos nas sub-bacias dos rios Atibaia, Jaguari e baixo Piracicaba. As Figuras 2 a 4 apresentam as demandas acumuladas, sem e com o retorno, ao longo das sub-bacias dos rios Atibaia, Jaguari e baixo Piracicaba.

A Tabela 6 apresenta as demandas totais incluindo os lançamentos ou retornos organizadas por usos nas sub-bacias dos rios Atibaia, Jaguari e baixo Piracicaba. A Tabela 6, inclui as demandas indicadas nos relatório “Plano de Bacia Hidrográfica – Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí”, 2003, elaborado pelo Comitê PCJ. Verifica-se que o balanço total da bacia do rio Piracicaba indica um uso consumptivo de $10,61 \text{ m}^3/\text{s}$, quando são considerados os retornos dos diversos usos. Além disso, indica uma nítida predominância dos usos humano e animal, que representam 69 % dos usos consumptivos. O uso consumptivo na bacia do rio Jaguari perfaz $6,16 \text{ m}^3/\text{s}$ representando 58 % do total, enquanto na bacia do rio Atibaia resulta em $3,95 \text{ m}^3/\text{s}$ correspondendo a 37 % do total.

As demandas apresentadas no mencionado Plano 2002-2003 elaborado pelo Comitê PCJ são conflitantes com os usos consumptivos obtidos neste estudo. Isto se deve ao fato que as demandas definidas no Plano 2002-2003 não consideram os retornos, ou seja, representam exclusivamente as captações. Isto pode ser confirmado na Figura 1, que indica uma captação total de $30,03 \text{ m}^3/\text{s}$, pouco inferior aos $33,28 \text{ m}^3/\text{s}$ indicado no Plano 2000-2003.

Para confirmar esta hipótese foram reavaliadas as demandas das sub-bacias dos rios Atibaia, Jaguari e baixo Piracicaba, desconsiderando os lançamentos. A Tabela 7 apresenta as demandas totais excluindo os lançamentos ou retornos organizadas por usos nas sub-bacias dos rios Atibaia, Jaguari e baixo Piracicaba. Embora persistam algumas diferenças, verifica-se que os totais das sub-bacias dos rios Atibaia e Jaguari são muito semelhantes, bem como a soma das demandas dos usos humano e animal e industrial. Quanto ao uso agrícola, para o qual destaca-se a irrigação, existe uma diferença significativa nas sub-bacias do rio Atibaia e no baixo Piracicaba, possivelmente devido à falta de cadastro dos irrigantes e/ou a utilização de critérios que levaram a sobre-avaliação das demandas.

Como os objetivos principais dos estudos são a reconstituição das séries de vazões naturais médias mensais e o balanço hídrico das sub-bacias torna-se imprescindível a consideração dos retornos ou lançamentos.

TABELA 3 – DEMANDAS ATUAIS NA BACIA DO RIO ATIBAIA

Nome do Recurso Hídrico	Município	Distância da Foz (km)	Localização		Demandas (m³/s)			
			UTM N	UTM L	Acumulada	HUMANO e ANIMAL	INDUSTRIAL	IRRIGAÇÃO
ATIBAINHA,R	BOM JESUS DOS PERDOES	169,74	7.441,74	349,82	-0,07	-0,06	0,00	0,00
ATIBAIA,R	ATIBAIA	159,45	7.443,94	339,54	0,07	0,13	0,00	0,00
ONOFRE,RIB DO/PINTOS,RIB DOS(TABOAO,RIB DO)	ATIBAIA	158,27	7.438,14	338,35	0,14	0,06	0,02	0,00
ATIBAIA,R	JARINU	133,05	7.453,86	326,62	0,17	0,00	0,00	0,03
ATIBAIA,R	JUNDIAI	117,00	7.454,95	319,05	1,37	1,20	0,00	0,00
PINHAL,RIB DO	ITATIBA	112,14	7.448,36	314,19	1,09	-0,31	0,03	0,00
ATIBAIA,R	ITATIBA	110,44	7.456,69	315,44	1,19	0,11	0,00	0,00
ATIBAIA,R	ATIBAIA	92,88	7.463,09	309,18	1,63	0,31	0,10	0,03
ATIBAIA,R	VALINHOS	81,50	7.463,10	301,20	1,80	0,17	0,00	0,00
PINHEIROS,RIB DOS	VALINHOS, CAMPINAS E VINHEDO	74,37	7.463,05	294,07	1,91	0,09	0,03	0,00
ATIBAIA,R	SOUSAS	72,37	7.468,55	298,24	5,71	3,80	0,00	0,00
ATIBAIA,R	CAMPINAS	47,10	7.478,34	290,83	5,77	0,00	0,07	0,00
ANHUMAS,RIB DO	PAULÍNIA, BARAO DO GERALDO E CAMPINAS	40,10	7.481,25	283,83	3,59	-2,09	-0,09	0,00
ATIBAIA,R	PAULINIA	25,74	7.482,64	281,45	3,52	-0,10	0,03	0,00
ATIBAIA,R	SUMARE	17,50	7481,45	277,15	4,02	0,50	0,00	0,00
SNA1 ATIBAIA,R	AMERICANA	2,00	7484,85	268,40	3,95	-0,07	0,00	0,00
TOTAL					3,95	3,73	0,17	0,05

Obs: As vazões outorgadas captadas receberam valores positivos, enquanto os lançamentos receberam valores negativos.

TABELA 4 – DEMANDAS ATUAIS NA BACIA DO RIO JAGUARI

Nome do Recurso Hídrico	Município	Distância da Foz (km)	Localização		Demandas (m ³ /s)			
			UTM N	UTM L	Acumulada	HUMANO e ANIMAL	INDUSTRIAL	IRRIGAÇÃO
SNA2 JACAREI,RIO	BRAGANCA PAULISTA	169,46	7.457,88	353,12	0,04	0,00	0,04	0,00
JAGUARI,R	BRAGANCA PAULISTA	157,63	7.466,28	341,29	0,18	0,13	0,00	0,00
LAVA-PJS,RIB DO	BRAGANCA PAULISTA	156,63	7.463,75	340,28	-0,22	-0,40	0,00	0,00
JAGUARI,R	PEDREIRA	76,15	7.483,41	305,19	-0,19	0,02	0,01	0,00
BOA VISTA,COR	PEDREIRA	64,17	7.483,52	293,21	-0,16	0,03	0,00	0,00
JAGUARI,R	JAGUARIUNA	59,16	6.418,66	281,24	0,13	-0,02	0,09	0,22
JAGUARI,R	PAULINIA	34,48	7.488,57	280,11	1,22	0,31	0,76	0,02
CAMANDUCAIA, RIO	JAGUARIUNA, AMPARO E SERRA NEGRA	33,72	7.492,87	279,34	2,15	0,21	0,00	0,72
PIRAPITINGUI,RIB	SANTO ANTONIO DA POSSE, JAGUARIUNA, COSMOPOLIS, LIMEIRA	33,38	7.500,95	279,00	4,09	1,61	0,03	0,30
JAGUARI,R	COSMOPOLIS	31,80	7.489,22	278,58	4,13	0,01	0,03	0,00
JAGUARI,R	HORTOLANDIA	30,90	7.488,10	278,65	4,70	0,57	0,00	0,00
JAGUARI,R	MONTE MOR	30,90	7.488,10	278,65	4,80	0,10	0,00	0,00
JAGUARI,R	LIMEIRA	2,66	7.490,10	265,46	5,36	0,46	0,11	0,00
JAGUARI,R	AMERICANA	0,00	0,00	0,00	6,16	0,80	0,00	0,00
TOTAL					6,16	3,82	1,08	1,26

Obs: As vazões outorgadas captadas receberam valores positivos, enquanto os lançamentos receberam valores negativos

TABELA 5 – DEMANDAS ATUAIS NA BACIA DO BAIXO RIO PIRACICABA

Nome do Recurso Hídrico	Município	Distância da Foz (km)	Localização		Demandas (m³/s)			
			UTM N	UTM L	Acumulada	HUMANO e ANIMAL	INDUSTRIAL	IRRIGAÇÃO
PIRACICABA,R	LIMEIRA	164,07	7.487,63	259,31	0,15	0,00	0,05	0,10
PIRACICABA,R	AMERICANA	149,45	7.487,88	261,27	0,24	0,04	0,05	0,00
QUILOMBO,RIB	NOVA ODESSA, CAMPINAS, HORTOLANDIA, SUMARE	149,38	7.478,75	261,20	-0,84	-1,09	-0,02	0,03
SNA1 PIRACICABA,C(BERTINE)	AMERICANA	149,32	7.486,68	261,14	-0,90	0,00	-0,06	0,00
TATU,RIB DO	LIMEIRA	141,98	7.502,45	253,80	-1,77	-0,88	0,02	0,00
TOLEDOS,RIB	SANTA BARBARA D'OESTE	141,11	7.479,80	252,93	-1,33	0,43	0,00	0,00
SNA1 LAMBARÍ,RIB	SANTA BARBARA D'OESTE	134,07	7.480,64	245,89	-1,27	0,00	0,06	0,00
CACHOEIRA, RIB	IRACEMAPOLIS	126,28	7.498,65	238,10	-0,91	0,00	0,36	0,00
PIRACICAMIRIM,RIB	PIRACICABA, SALTINHO E RIO DAS PEDRAS	123,14	7.485,46	234,96	-1,17	-0,31	0,06	0,00
GUAMIUM,RIB	PIRACICABA	120,00	7.496,97	231,82	-1,21	-0,05	0,01	-0,01
PIRACICABA,R	PIRACICABA	112,63	7.487,34	227,40	-2,05	-0,87	0,04	0,00
PIRACICABA,R	SANTA BARBARA D'OESTE	78,05	7.483,81	227,32	-2,10	-0,05	0,00	0,00
ENXOFRE, RIB DO	PIRACICABA	76,55	7.482,77	225,82	-2,50	-0,40	0,00	0,00
CORUMBATAI,R	PIRACICABA E RIO CLARO	75,72	7.490,82	224,99	0,54	2,94	0,10	0,00
ONDAS,COR DAS	SANTA TEREZINHA	74,44	7.488,70	223,70	0,50	-0,04	0,00	0,00
AGUA BRANCA,RIB DA	CHARQUEADA	61,69	7508,45	210,95	0,53	0,03	0,00	0,00
SAMAMBAIA,RIB	SAO PEDRO	51,34	7502,09	200,60	0,50	-0,02	0,00	-0,01
TOTAL					0,50	-0,28	0,65	0,12

Obs: As vazões outorgadas captadas receberam valores positivos, enquanto os lançamentos receberam valores negativos

Figura 2 - Desenvolvimento das Demandas Acumuladas na Bacia do Rio Atibaia

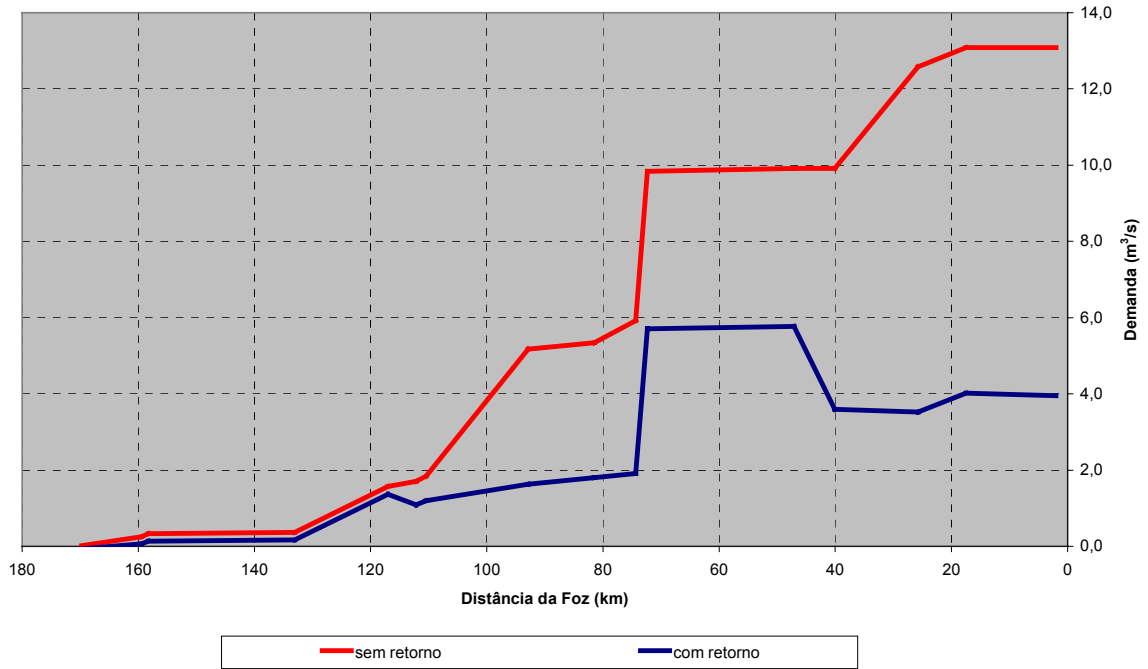


Figura 3 - Desenvolvimento das Demandas Acumuladas na Bacia do Rio Jaguari

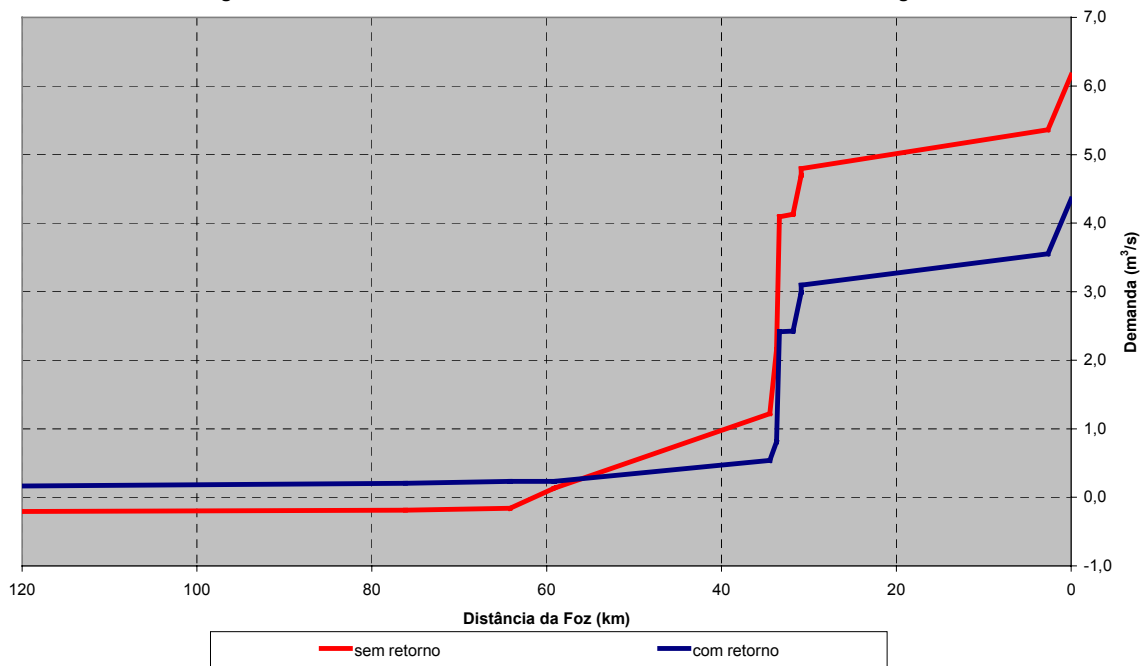


Figura 4 - Desenvolvimento das Demandas Acumuladas na Bacia do Rio Piracicaba

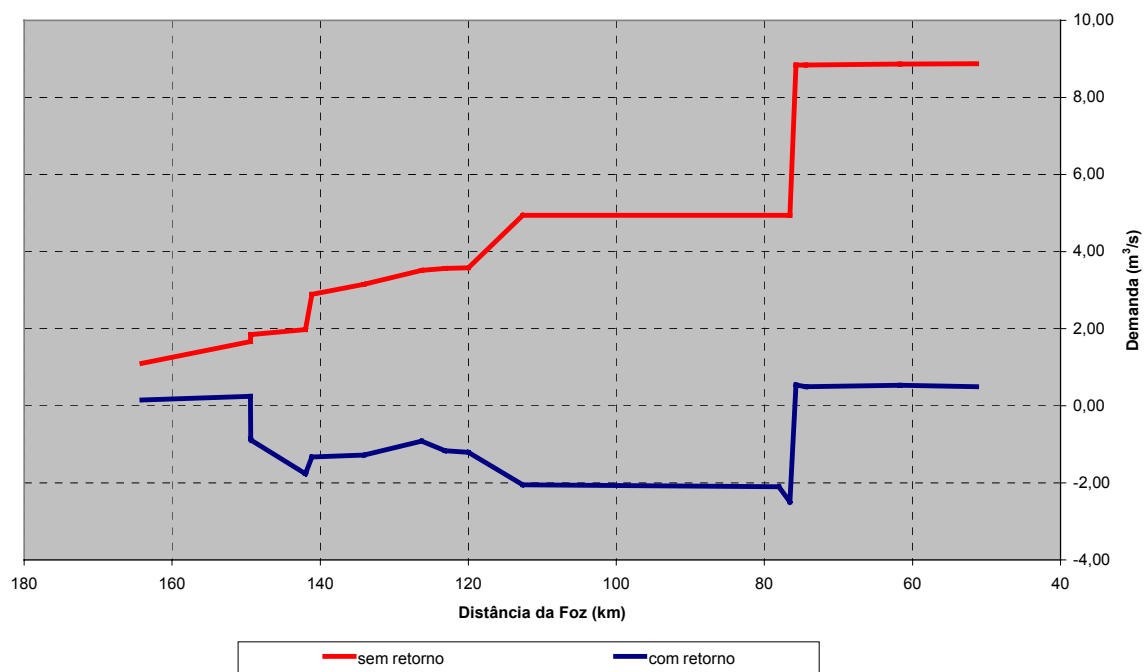


TABELA 6 – USOS CONSUMPTIVOS E DEMANDAS ATUAIS NA BACIA DO RIO PIRACICABA

Balanco Captação e Lançamento com base no cadastro do DAEE-SP (m³/s)

Bacia e Sub-Bacia	HUMANO e ANIMAL	INDUSTRIAL	AGRÍCOLA	Total
Atibaia	3,73	0,17	0,05	3,95
Jaguari	3,82	1,08	1,26	6,16
Baixo Piracicaba	-0,28	0,65	0,12	0,50
Piracicaba	7,28	1,90	1,43	10,61

Demandas para o Ano 2000 - Plano do PCJ 2000-2003 (m³/s)

Bacia e Sub-Bacia	HUMANO e ANIMAL	INDUSTRIAL	AGRÍCOLA	Total
Atibaia	5,52	6,50	1,62	13,64
Jaguari	3,80	3,20	1,20	8,20
Baixo Piracicaba	3,20	4,70	3,54	11,44
Piracicaba	12,52	14,40	6,36	33,28

fonte: Plano de Bacia Hidrográfica – Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, Comitê PCJ, 2003

TABELA 7 – CAPTAÇÕES E DEMANDAS ATUAIS NA BACIA DO RIO PIRACICABA

Captações com base no cadastro do DAEE-SP (m³/s)

Bacia e Sub-Bacia	HUMANO e ANIMAL	INDUSTRIAL	AGRÍCOLA	Total
Atibaia	7,41	5,61	0,06	13,08
Jaguari	4,35	2,45	1,27	8,08
Baixo Piracicaba	5,08	3,65	0,14	8,87
Piracicaba	16,85	11,71	1,47	30,03

Demandas para o Ano 2000 - Plano do PCJ 2000-2003 (m³/s)

Bacia e Sub-Bacia	HUMANO e ANIMAL	INDUSTRIAL	AGRÍCOLA	Total
Atibaia	5,52	6,50	1,62	13,64
Jaguari	3,80	3,20	1,20	8,20
Baixo Piracicaba	3,20	4,70	3,54	11,44
Piracicaba	12,52	14,40	6,36	33,28

fonte: Plano de Bacia Hidrográfica – Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, Comitê PCJ, 2003

5. SÉRIE DE VAZÕES NATURAIS NOS APROVEITAMENTOS

5.1 METODOLOGIA

Os estudos hidrológicos desenvolvidos pelo consórcio HIDROPLAN no âmbito do “Plano Integrado de Aproveitamento e Controle dos Recursos Hídricos das Bacias Alto Tietê, Piracicaba e Baixada Santista” em 1995 permitiram a definição das séries de vazões naturais médias mensais dos rios Jaguari e Jacaré, Cachoeira e Atibainha nos aproveitamentos homônimos, bem como do rio Juqueri no aproveitamento Paiva Castro. Estas séries de vazões foram determinadas para o período de Janeiro de 1930 a Dezembro de 1993.

Os estudos hidrológicos têm como um dos objetivos permitir a complementação das séries de vazões naturais médias mensais para o período de Janeiro de 1994 a Dezembro de 2003. Esta complementação mostrou-se fundamental para as análises operacionais uma vez que o período de 1998 a 2003 caracterizou-se pela baixa disponibilidade de recursos hídricos.

Os rios Jaguari e Jacaré, Cachoeira, Atibainha e Juqueri, a montante dos aproveitamentos, não dispõem de postos fluviométricos com registros suficientes para determinação das séries de vazões naturais médias diárias e mensais nos aproveitamentos Jaguari-Jacaré, Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro. No entanto, a SABESP disponibilizou os dados operacionais dos mencionados aproveitamentos, incluindo os NA dos reservatórios, as vazões efluentes, as vazões de transferências nos túneis 5, 6 e 7 e as vazões bombeadas para a Estação Elevatória de Santa Inês.

A SABESP disponibilizou os dados operacionais com intervalos mensais para o período de Janeiro de 1994 a Dezembro de 1996 e com intervalos diários para o período de Janeiro de 1997 a Abril de 2004. É importante registrar que não há falhas nos dados fornecidos pela SABESP.

Em função da disponibilidade dos dados, optou-se pela determinação das vazões naturais através do balanço hídrico do reservatório, ou seja:

$$Q_{\text{afluente},t} = Q_{\text{defluente},t} + Q_{\text{transferência},t} + (Vol_{\text{final},t} - Vol_{\text{inicial},t}) / \Delta t$$

onde:

$Q_{\text{afluente},t}$ é a vazão média afluenta ao reservatório no intervalo de tempo t (dia ou mês);

$Q_{\text{defluente},t}$ é a vazão média defluente do reservatório no intervalo de tempo t (dia ou mês);

$Q_{\text{transferência},t}$ é a vazão média transferida do reservatório no intervalo de tempo t (dia ou mês) através dos túneis ou na Estação Elevatória Santa Inês;

$Vol_{\text{final},t}$ é o volume final do reservatório no intervalo de tempo t (dia ou mês);

$Vol_{inicial,t}$ é o volume inicial do reservatório no intervalo de tempo t (dia ou mês);

Δt é o intervalo de tempo.

Com base nos dados do cadastro de outorga do DAEE-SP, constatou-se que as vazões outorgadas a montante dos reservatórios do sistema Cantareira são inexpressivas frente a precisão dos dados operacionais. Desta forma, considerou-se que as vazões afluentes são coincidentes com as vazões naturais.

5.2 DETERMINAÇÃO DAS SÉRIES DE VAZÕES NATURAIS

Inicialmente, procedeu-se uma análise de consistência dos dados operacionais com intervalos mensais para o período de Janeiro de 1994 a Dezembro de 1996 e com intervalos diários para o período de Janeiro de 1997 a Abril de 2004. Para a análise de consistência os dados operacionais foram organizados em colunas na sequência do reservatório Jaguari-Jacareí para o reservatório Paiva Castro, tendo como linhas os meses ou dias. Esta organização permitiu o cálculo integrado da vazão natural, ou seja, qualquer alteração nos dados operacionais de um aproveitamento resulta na imediata alteração das vazões afluentes de todos aproveitamentos que compõem o sistema Cantareira, tanto no respectivo intervalo de tempo como nos instantes subsequentes.

De forma geral, os dados são de ótima qualidade. Foram identificadas algumas inconsistências de pequena monta que remetem a hipótese de erro de digitação ou de observação. As demais inconsistências são inerentes ao processo de cálculo, concentradas em períodos hidrológicos extremos, como secas ou cheias. Nestes casos, pequenas variações de NA nos reservatórios podem resultar em valores inconsistentes de vazões afluentes ou naturais.

As Figuras 5 a 8 apresentam exemplos dos resultados do processo de consistência para os reservatórios Jaguari-Jacareí, Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro, onde a legenda identificada como “fornecida” refere-se à vazão afluente que seria calculada caso não fossem consistidos os dados operacionais disponibilizados.

Devido à metodologia e o procedimento computacional adotados, ao término do processo de consistência as vazões naturais/afluentes médias mensais dos cursos d’água nos reservatórios no período de Janeiro de 1994 a Dezembro de 1996 e as vazões naturais/afluentes médias diárias dos cursos d’água nos reservatórios no período de Janeiro de 1997 a Abril de 2004 foram determinadas.

Posteriormente, foram determinadas as vazões naturais/afluentes médias mensais dos cursos d’água nos reservatórios no período de Janeiro de 1997 a Abril de 2004, através da média aritmética das vazões médias diárias em cada mês.

As séries de vazões naturais médias mensais dos rios Jaguari, Cachoeira, Atibainha e Juqueri nas barragens do Jaguari-Jacareí, Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro para o período de Janeiro de 1930 a Dezembro de 2003 são apresentadas no Anexo I.

Figura 5 - Hidrograma das Vazões Naturais Médias Diárias do Rio Jaguari no Reservatório Jaguari

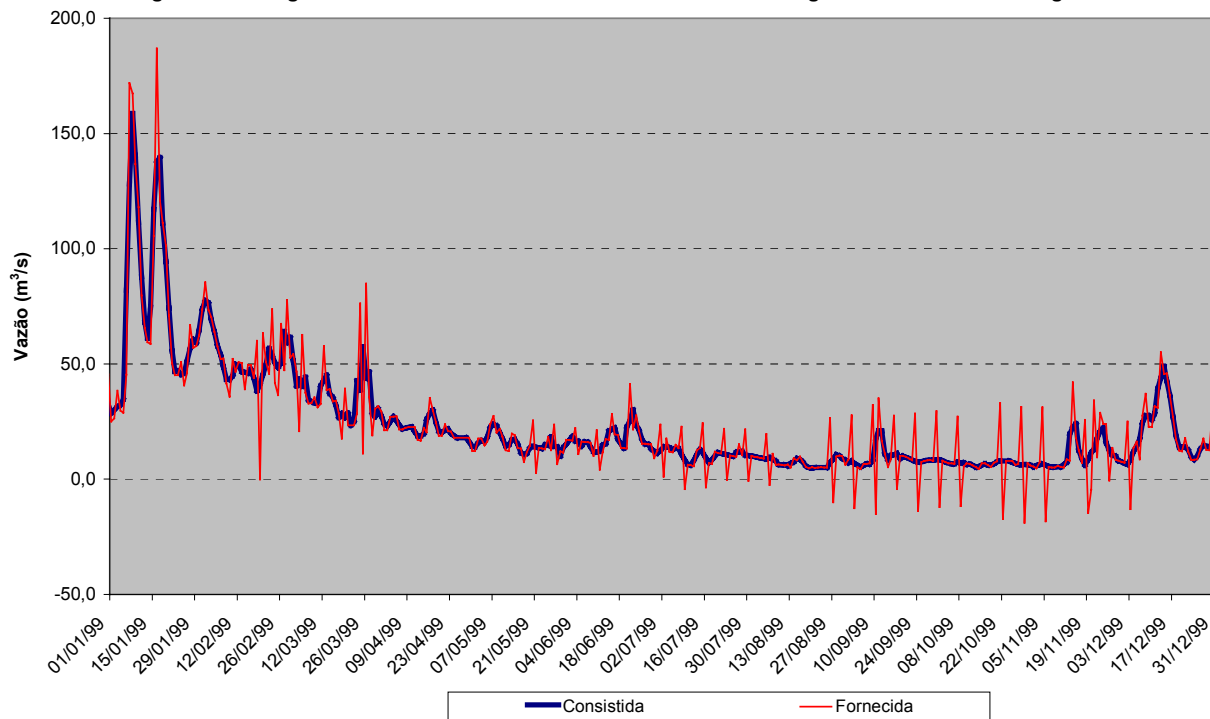


Figura 6 - Hidrograma das Vazões Naturais Médias Diárias do Rio Cachoeira no Reservatório Cachoeira

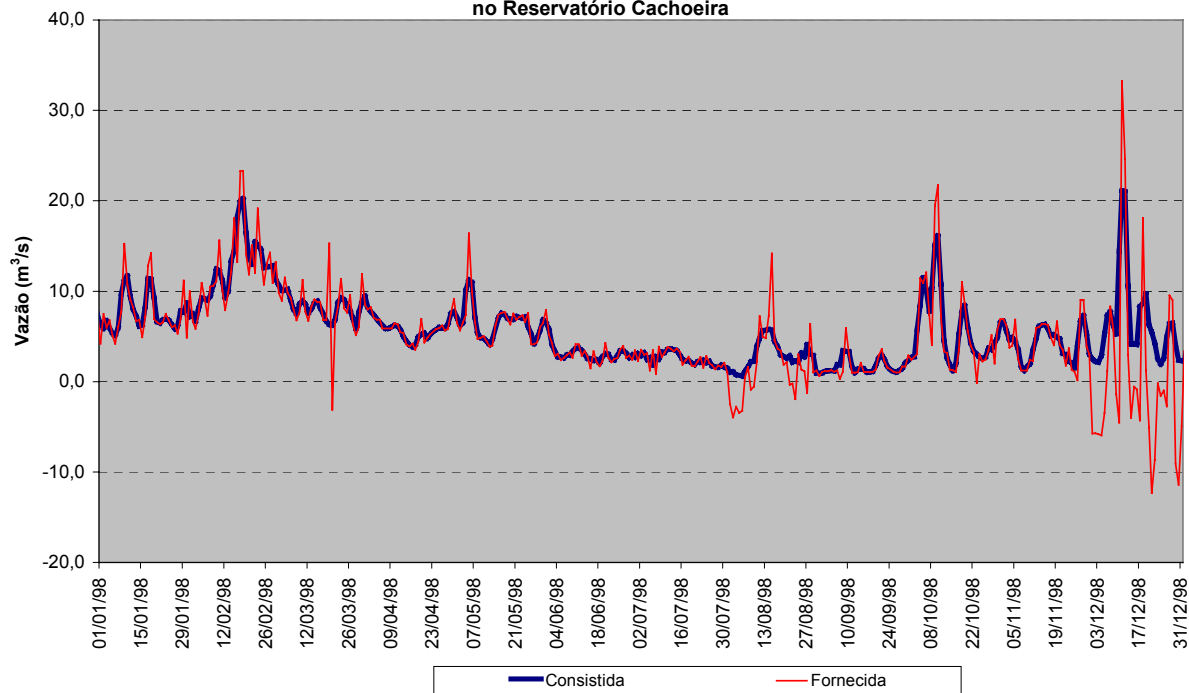


Figura 7 - Hidrograma das Vazões Naturais Médias Diárias do Rio Atibainha no Reservatório Atibainha

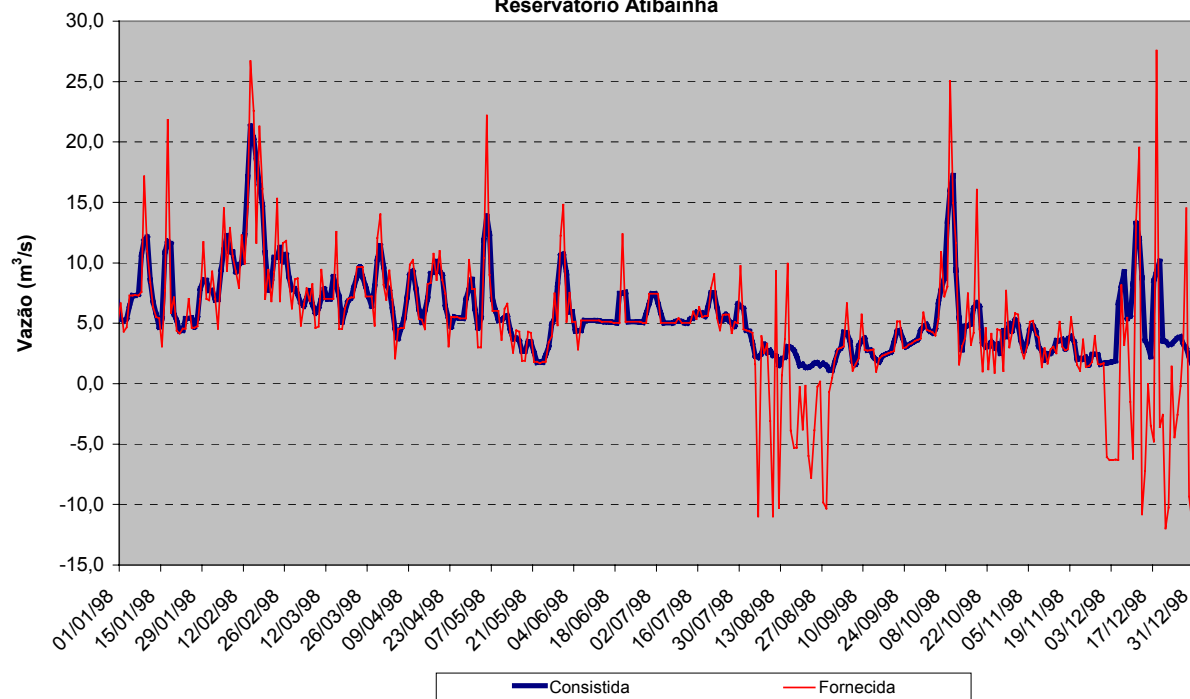
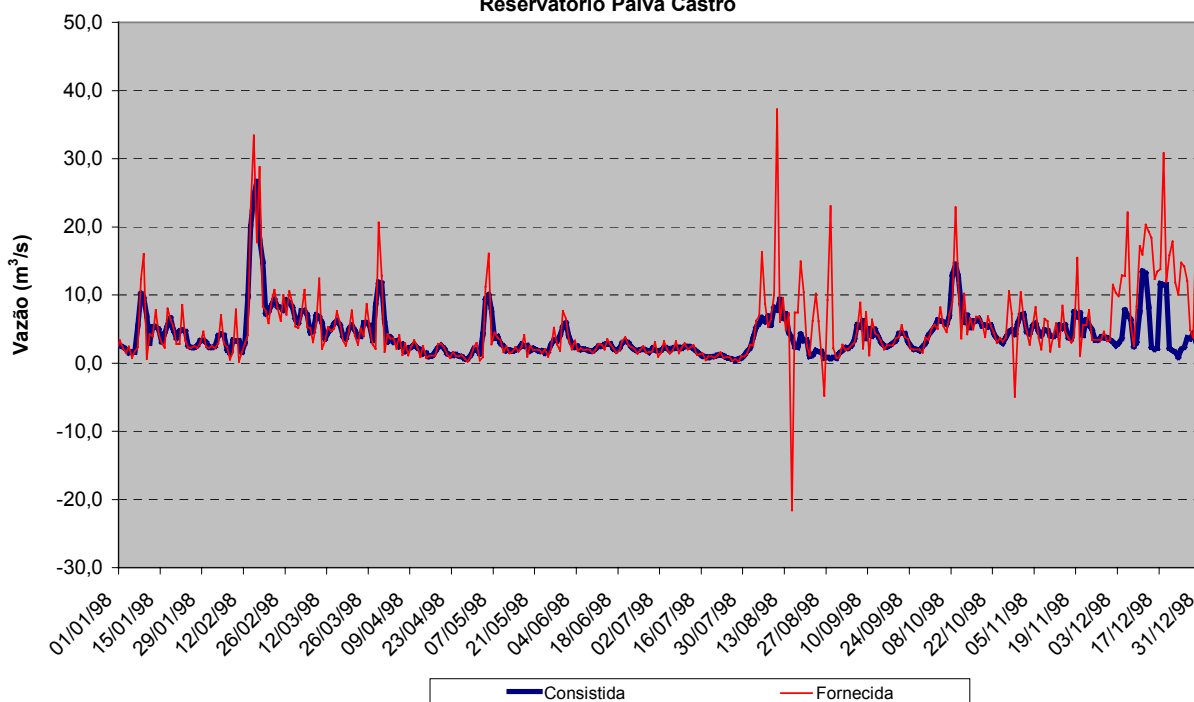


Figura 8 - Hidrograma das Vazões Naturais Médias Diárias do Rio Juqueri no Reservatório Paiva Castro



5.3 ANÁLISE DAS SÉRIES DE VAZÕES NATURAIS

Para a análise das séries de vazões naturais médias mensais dos rios Jaguari e Jacareí, Cachoeira, Atibainha e Juqueri nos aproveitamentos Jaguari-Jacareí, Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro foram determinados os principais parâmetros hidrológico-estatísticos. A Tabela 8 apresenta, para cada aproveitamento do Sistema Cantareira, a área de drenagem da bacia hidrográfica, a precipitação anual média na bacia hidrográfica, a vazão específica da bacia hidrográfica, o coeficiente de escoamento da bacia hidrográfica e os parâmetros estatísticos básicos.

É importante observar que as vazões específicas das bacias dos rios Jaguari e Jacareí, Cachoeira e Atibainha nos aproveitamentos situam-se entre 19,6 e 22,3 l/s.km², enquanto a bacia do rio Juqueri em Paiva Castro é de apenas 12,5 l/s.km². Para uma análise mais abrangente da disponibilidade hídrica natural do Sistema Cantareira foram determinadas as séries de vazões naturais médias mensais equivalentes através da soma das vazões naturais nos aproveitamentos Jaguari-Jacareí, Cachoeira e Atibainha, bem como incluindo o aproveitamento Paiva Castro.

As Figuras 9 a 12 apresentam os hidrogramas das vazões naturais médias mensais dos rios Jaguari e Jacareí, Cachoeira, Atibainha e Juqueri nos aproveitamentos Jaguari-Jacareí, Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro. A Figura 13 apresenta o hidrograma das vazões naturais médias mensais equivalente dos rios Jaguari e Jacareí, Cachoeira e Atibainha integrados através do Sistema Cantareira.

As Figuras 9 a 13 incluem as médias móveis de 12 meses das vazões naturais médias mensais, permitindo uma análise visual da homogeneidade das séries. Esta análise permite verificar que as séries de vazões naturais têm um comportamento homogêneo e estacionário, com exceção do rio Cachoeira na barragem Cachoeira. Embora existam evidências que o período de 1999 a 2003 tenha apresentado uma baixa disponibilidade hídrica, a média móvel das vazões naturais do rio Cachoeira na barragem Cachoeira apresenta uma forte tendência de decréscimo que deverá ser acompanhada nos períodos subsequentes.

A Tabela 9 apresenta as vazões naturais médias de longo termo dos aproveitamentos que compõem o sistema Cantareira para diversos períodos, permitindo a caracterização do comportamento hidrológico. A comparação das vazões naturais médias de longo termo permite constatar que o período de 1999 a 2003 foi de baixa disponibilidade hídrica para as sub-bacias do Alto rio Piracicaba. Além disso, cabem os seguintes comentários:

- o período de escassez ocorrido entre 1999 e 2003 ficou concentrado na bacia do rio Piracicaba, uma vez que a bacia do rio Juqueri no aproveitamento Paiva Castro manteve, praticamente, a mesma vazão média de longo termo;
- o maior impacto do período de escassez ocorrido entre 1994 e 2003 ocorreu na bacia do rio Cachoeira, onde a média de longo termo observada no período de 1999 a 2003 corresponde a pouco mais da metade da média de longo termo de 1930 a 2003;
- o período seco de 1999 a 2003 também foi severo nas bacias dos rios Jaguari e Atibainha, com vazões médias de longo termo bem abaixo da média de longo termo da série completa.

TABELA 8 – RESUMO ESTATÍSTICO DAS SÉRIES DE VAZÕES NATURAIS NOS APROVEITAMENTOS

Parâmetros Hidrológico-Estatísticos	Vazões Naturais Médias Mensais de Janeiro de 1930 a Dezembro de 2003					
	Jaguari-Jacaréi	Cachoeira	Atibainha	Paiva Castro	Jaguari + Cachoeira + Atibainha	Jaguari + Cachoeira + Atibainha e Paiva Castro
Área de Drenagem (km ²)*	1.230	392	312	369	1.934	2.303
Precipitação Média Anual (mm/ano)*	1.710	1.681	1.530	1.450	1.640	1.593
vazão específica (l/s/km ²)	20,6	22,3	19,6	12,5	20,8	19,5
coef. de escoamento superficial	0,38	0,42	0,40	0,27	0,40	0,39
média (m ³ /s)	25,4	8,7	6,1	4,6	40,2	44,8
máximo (m ³ /s)	118,0	33,9	27,5	19,9	165,7	181,5
mínimo (m ³ /s)	5,7	0,89	0,46	0,50	9,5	11,7
desvio-padrão (m ³ /s)	16,2	4,6	3,1	2,8	23,2	25,6
coef. de variação (%)	64	53	50	60	58	57
Permanência (%)	Vazões Garantidas (m ³ /s)					
1	79,9	23,0	14,8	13,4	112,0	123,2
2	68,7	20,4	14,0	12,1	102,5	114,1
3	63,6	19,7	12,9	11,6	94,5	105,3
5	57,5	17,8	12,3	10,1	86,1	95,4
10	48,7	15,3	10,4	8,5	75,4	83,1
15	42,3	13,5	9,2	7,3	63,9	72,0
20	36,2	12,1	8,2	6,5	56,5	62,4
25	32,2	10,8	7,6	5,6	50,2	55,1
30	28,6	9,8	7,0	5,2	45,3	50,3
35	26,0	9,1	6,6	4,7	41,8	45,9
40	23,7	8,6	6,0	4,3	37,7	42,0
45	21,7	8,0	5,6	4,0	35,4	39,4
50	20,2	7,6	5,4	3,8	33,2	36,8
55	18,7	7,1	5,0	3,6	30,7	34,7
60	17,3	6,8	4,8	3,3	29,2	32,7
65	16,2	6,4	4,5	3,2	27,6	30,9
70	15,2	5,9	4,3	3,0	25,5	28,5
75	13,9	5,6	4,0	2,8	23,7	26,6
80	12,7	5,2	3,7	2,4	21,8	24,8
85	11,8	4,7	3,4	2,2	20,2	22,6
90	10,7	4,2	3,1	2,1	18,5	20,8
95	8,9	3,3	2,6	1,7	15,8	17,6
98	7,5	2,2	2,1	1,2	13,1	15,2
100	5,7	0,9	0,5	0,5	9,5	11,7

* valores obtidos no “Plano Integrado de Aproveitamento e Controle dos Recursos Hídricos das Bacias Alto Tietê, Piracicaba e Baixada Santista”, Consórcio HIDROPLAN, 1995

TABELA 9 – ANÁLISE COMPARATIVA DAS VAZÕES MÉDIAS DE LONGO TERMO

Período	Vazões Médias de Longo Termo					
	Vazões Naturais Jaguari (m³/s)	Vazões Naturais Cachoeira (m³/s)	Vazões Naturais Atibainha (m³/s)	Vazões Naturais Paiva Castro (m³/s)	Vazões Naturais Totais (m³/s)	Vazões Naturais Totais Piracicaba (m³/s)
1930-1993	25,7	9,2	6,2	4,6	45,7	41,1
1930-2003	25,4	8,7	6,1	4,6	44,8	40,2
1952-1955	18,4	6,8	4,4	3,0	32,6	29,6
1999-2003	21,1	4,9	4,3	4,3	34,6	30,2
relação 1999-2003 / 1930-2003	83%	56%	70%	94%	77%	75%

Figura 9 - Hidrograma das Vazões Naturais Médias Mensais do Rio Jaguari no Reservatório Jaguari

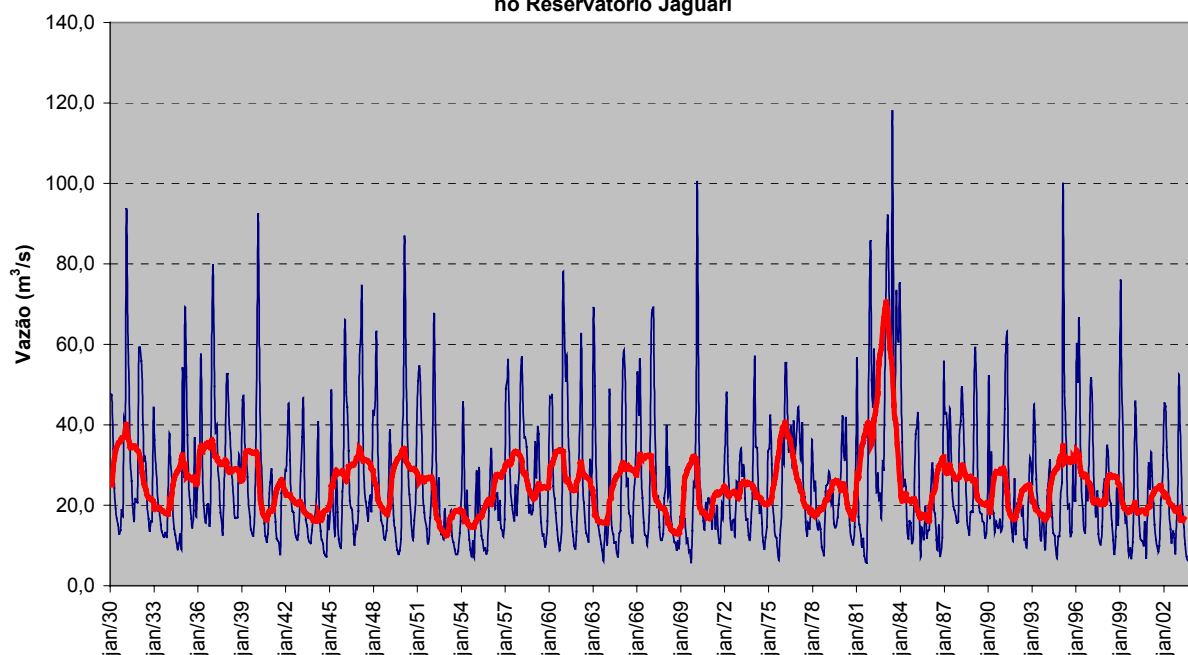


Figura 10 - Hidrograma das Vazões Naturais Médias Mensais do Rio Cachoeira no Reservatório Cachoeira

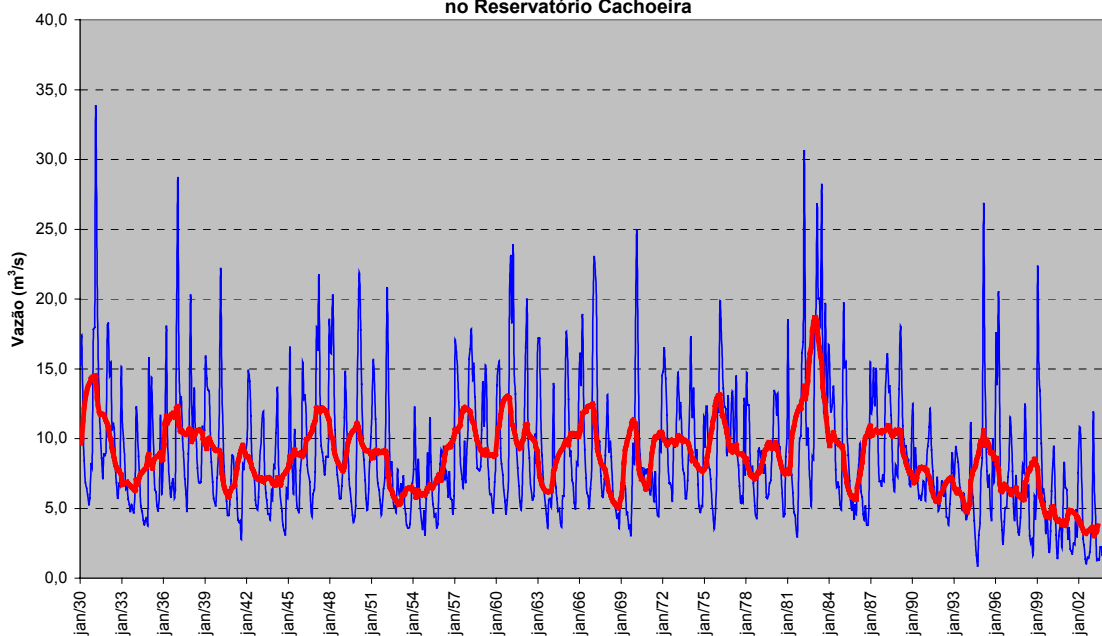


Figura 11 - Hidrograma das Vazões Naturais Médias Mensais do Rio Atibainha no Reservatório Atibainha

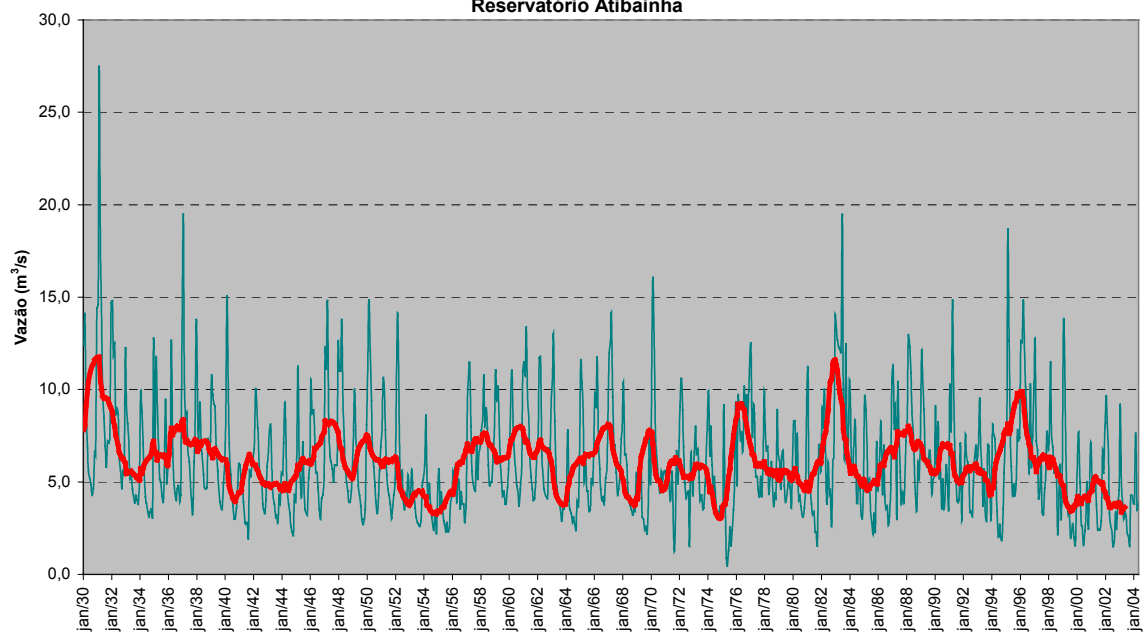


Figura 12 -Hidrograma das Vazões Naturais Médias Mensais do Rio Juqueri no Reservatório Paiva Castro

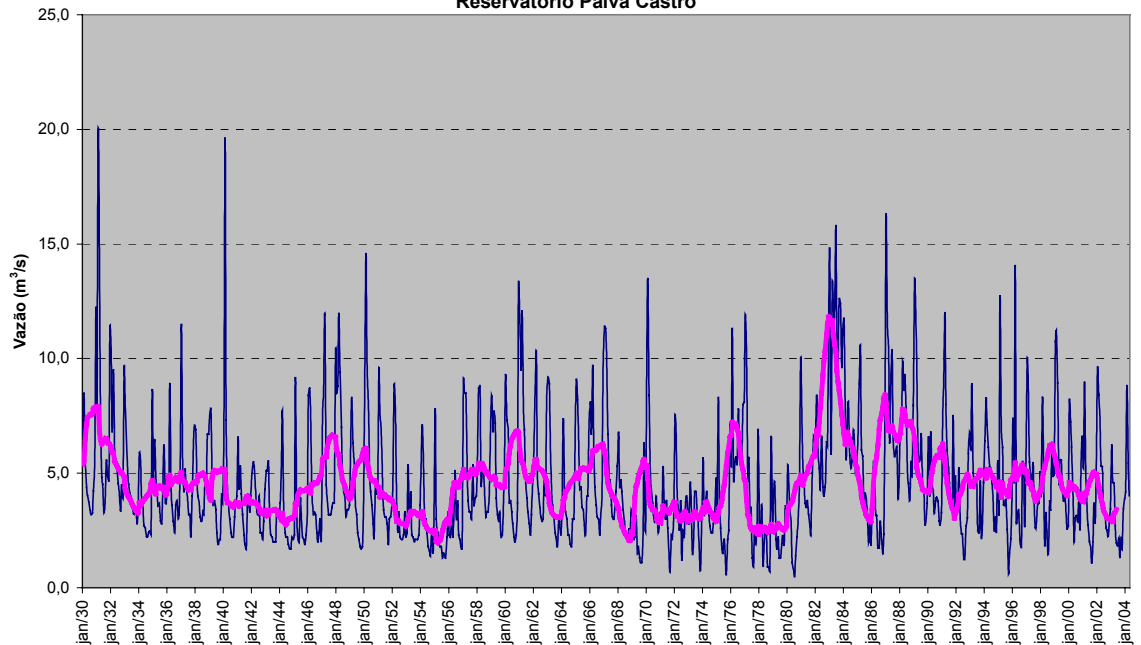
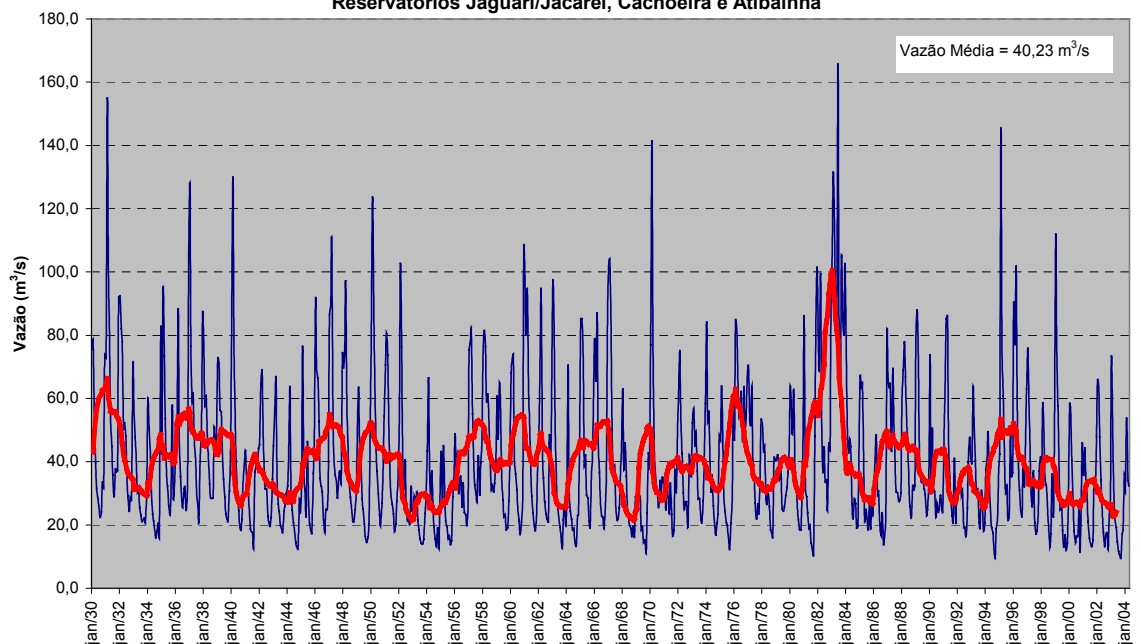


Figura 13 - Hidrograma das Vazões Naturais Médias Mensais nos Reservatórios Jaguari/Jacaré, Cachoeira e Atibainha



6. SÉRIE DE VAZÕES NATURAIS NAS SUB-BACIAS DO RIO PIRACICABA

6.1 ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA DOS DADOS DOS POSTOS FLUVIOMÉTRICOS

Os estudos hidrológicos desenvolvidos pelo consórcio HIDROPLAN no âmbito do “Plano Integrado de Aproveitamento e Controle dos Recursos Hídricos das Bacias Alto Tietê, Piracicaba e Baixada Santista” em 1995 definiram as vazões naturais médias mensais do rio Piracicaba em Piracicaba, do rio Jaguari em Faz. Buenópolis e Usina Estér e do rio Atibaia em Atibaia, Bairro da Ponte e Acima Paulínea para o período de Janeiro de 1930 a Dezembro de 1993.

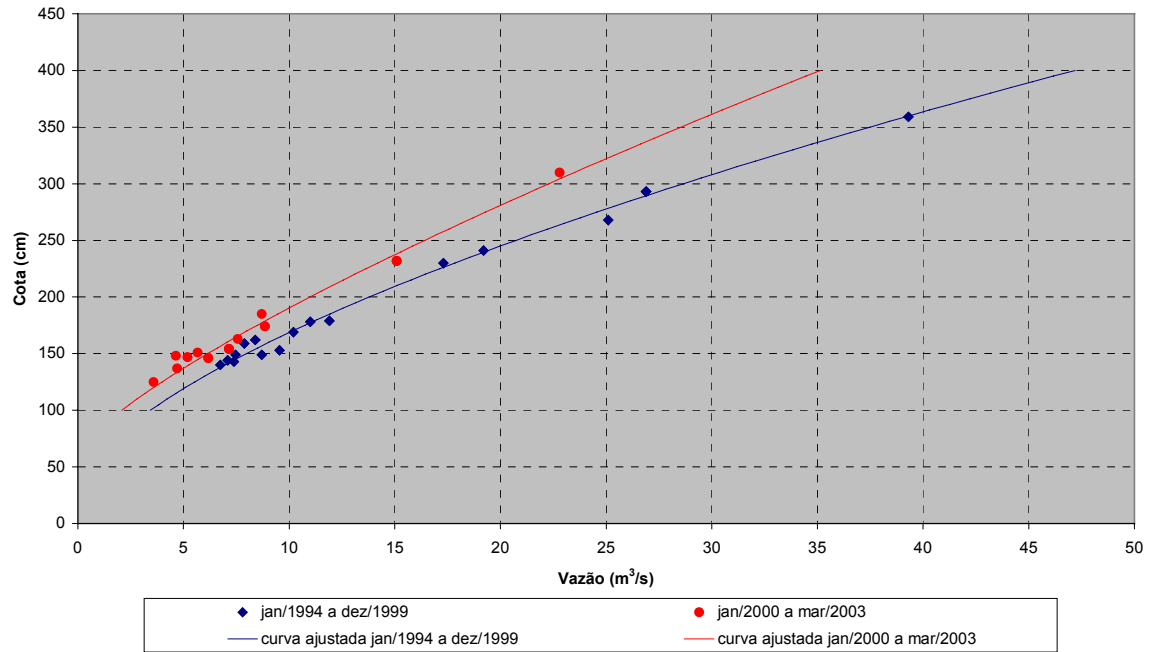
Os estudos hidrológicos têm como um dos objetivos permitir a complementação das séries de vazões naturais médias mensais dos mencionados postos para o período de Janeiro de 1994 a Dezembro de 2003. Para atender a estes objetivos foram obtidas no DAEE-SP e na ANA as séries de cotas e vazões médias diárias observadas nos postos fluviométricos, bem como as medições de descarga líquida.

As análises de consistência iniciaram com a verificação das relações cota x descarga ou curva-chave dos postos fluviométricos. No caso das curvas-chave utilizadas pelo DAEE-SP ou a ANA terem sido julgadas inadequadas para representar o conjunto de medições de descarga, foram ajustadas novas relações cota x descarga no período.

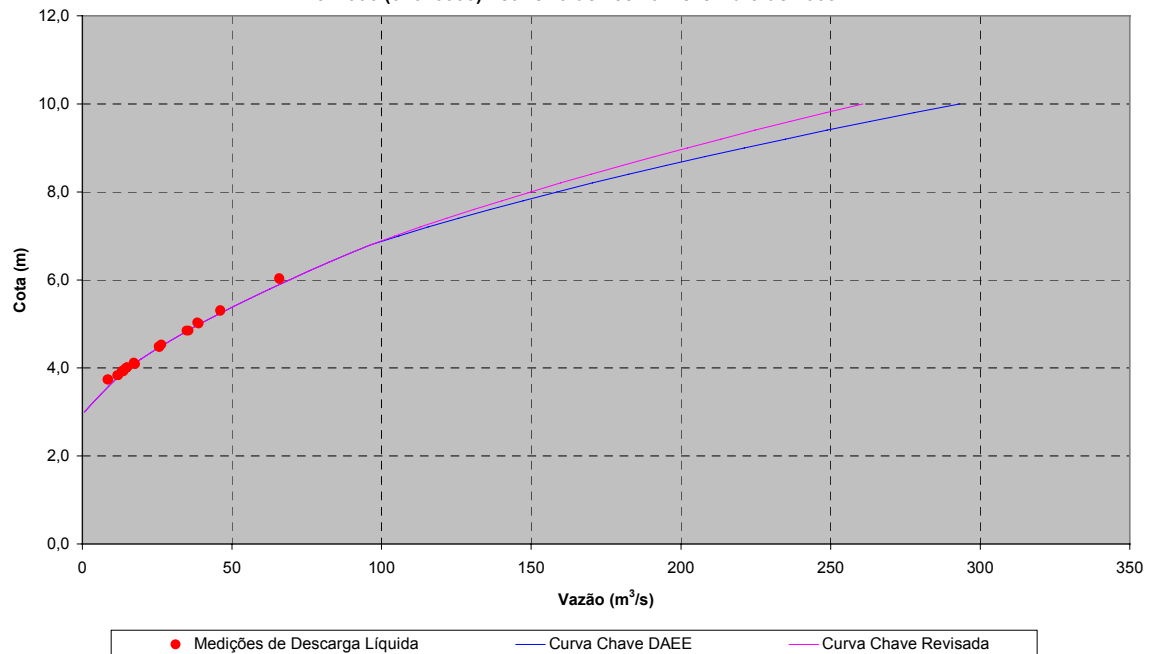
As Figuras 14 a 21 apresentam as relações cota x descarga utilizadas para o período de Janeiro de 1994 a Dezembro de 2003. Estas figuras incluem as curvas-chave ajustadas e os pares cota e descarga que compõem as medições de descarga líquida, permitindo a sua verificação visual.

Posteriormente, foram verificadas as séries de cotas limnimétricas médias diárias dos rios Jaguari, Atibaia e Piracicaba nos postos fluviométricos a partir da análise visual dos limnigramas. As Figuras 22 a 24 apresentam alguns exemplos dos limnigramas utilizados para a análise de consistência. As inconsistências identificadas foram corrigidas em casos de evidentes erros de digitação ou observação cujos valores corretos puderam ser estimados a partir da tendência geral. Caso contrário, os valores foram retirados das séries de cotas limnimétricas médias diárias.

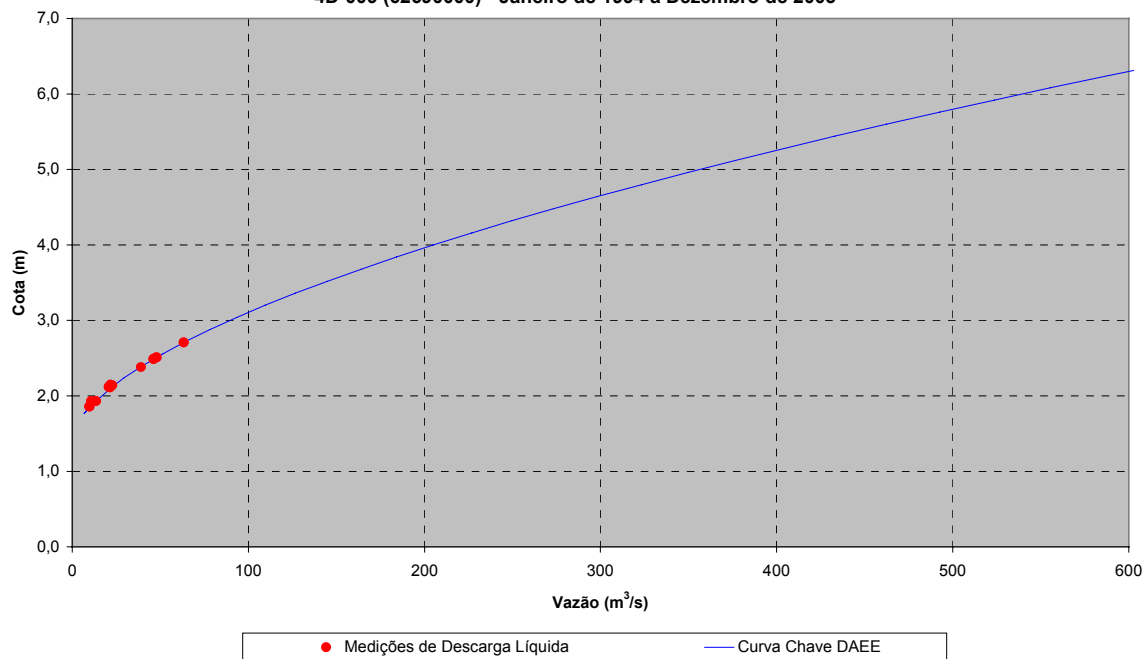
**Figura 14 - Relação Cota x Descarga do Rio Atibaia no Posto Fluviométrico Atibaia
Jan/1994 a Dez/2003**



**Figura 15 - Relação Cota x Descarga do Rio Atibaia no Posto Fluviométrico Bairro da Ponte
3D-006 (62676000) - Janeiro de 1994 a Dezembro de 2003**



**Figura 16 - Relação Cota x Descarga do Rio Atibaia no Posto Fluviométrico Acima Paulínea
4D-009 (62690000) - Janeiro de 1994 a Dezembro de 2003**



**Figura 17 - Relação Cota x Descarga do Rio Jaguari no Posto Fluviométrico Fazenda Buenópolis 3D-
009 (62605000) - Janeiro de 1994 a Dezembro de 2003**

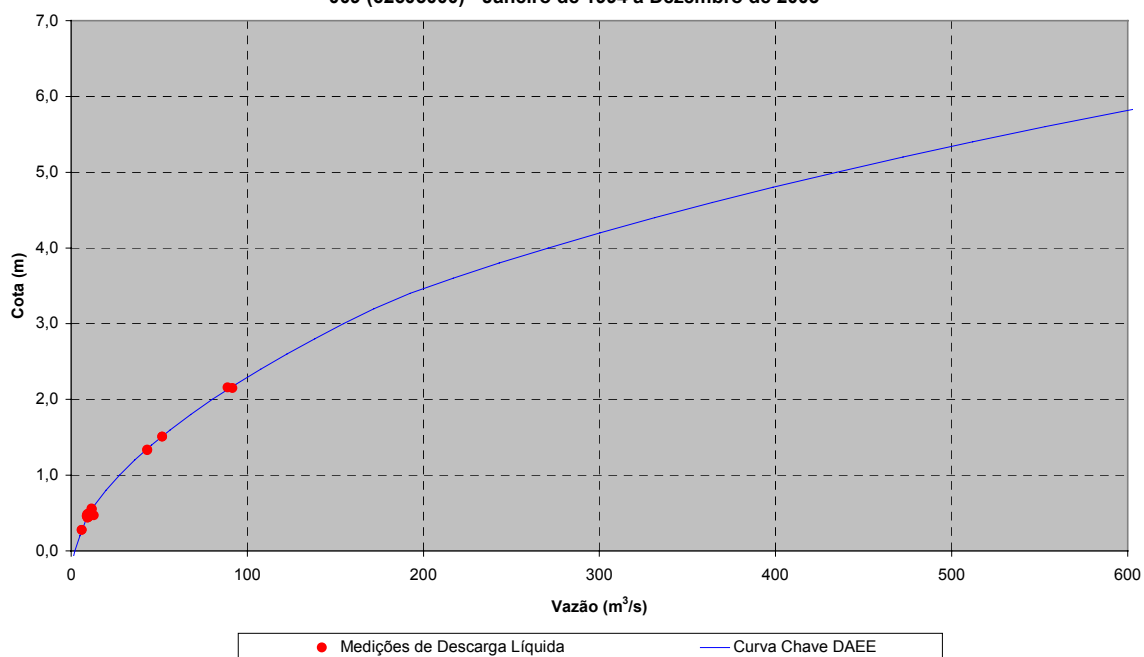


Figura 18 - Relação Cota x Descarga do Rio Jaguari no Posto Fluviométrico Usina Estér 4D-001 (62632000) - Janeiro de 1994 a Dezembro de 2003

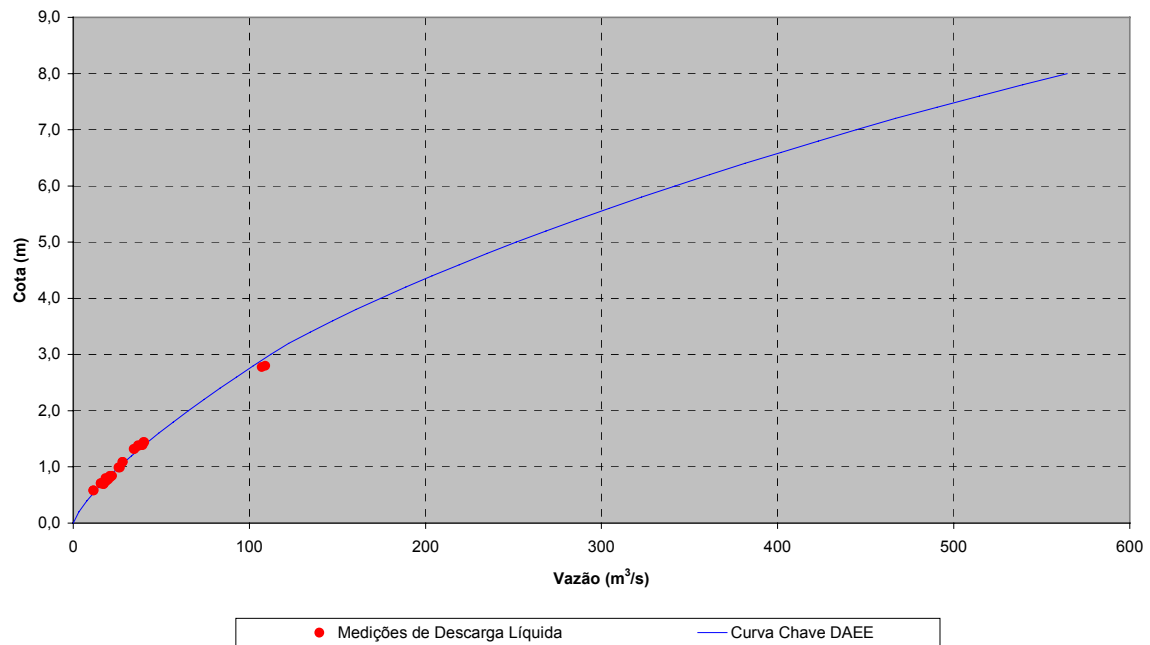


Figura 19 - Relação Cota x Descarga e Medições de Descarga do Rio Piracicaba no Posto Fluviométrico Piracicaba (FB)-PIR da AES Tietê (62705000) - 01/03/1964 a 31/12/2002

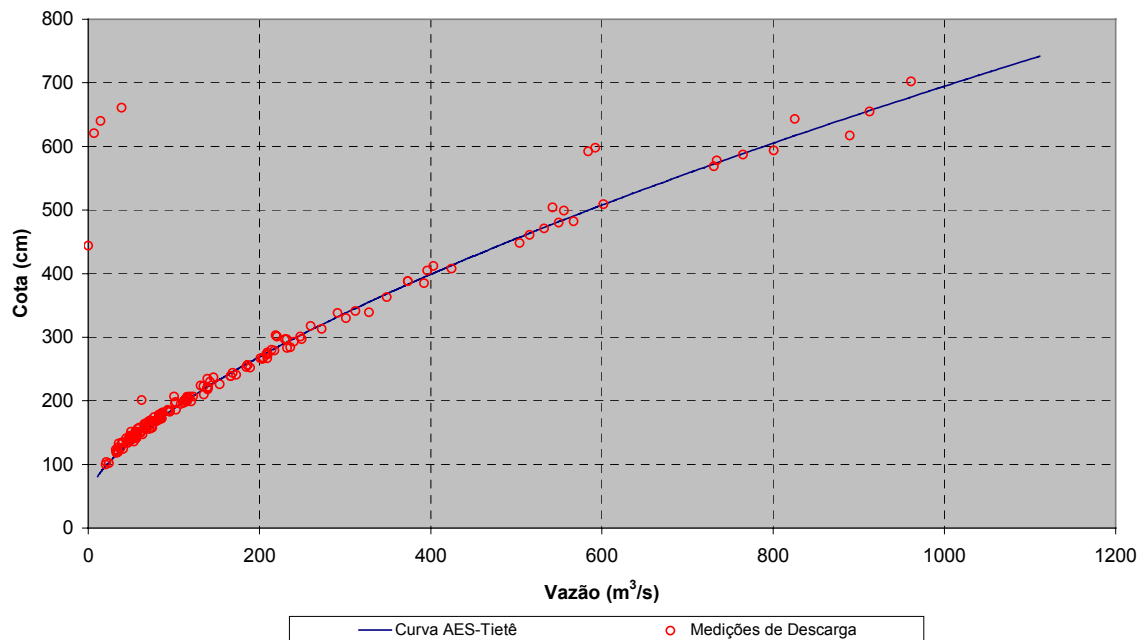


Figura 20 - Relações Cota x Descarga e Medições de Descarga do Rio Piracicaba no Posto Fluviométrico Artemis do DAEE-SP (62715000) - 03/06/1983 a 11/03/1999

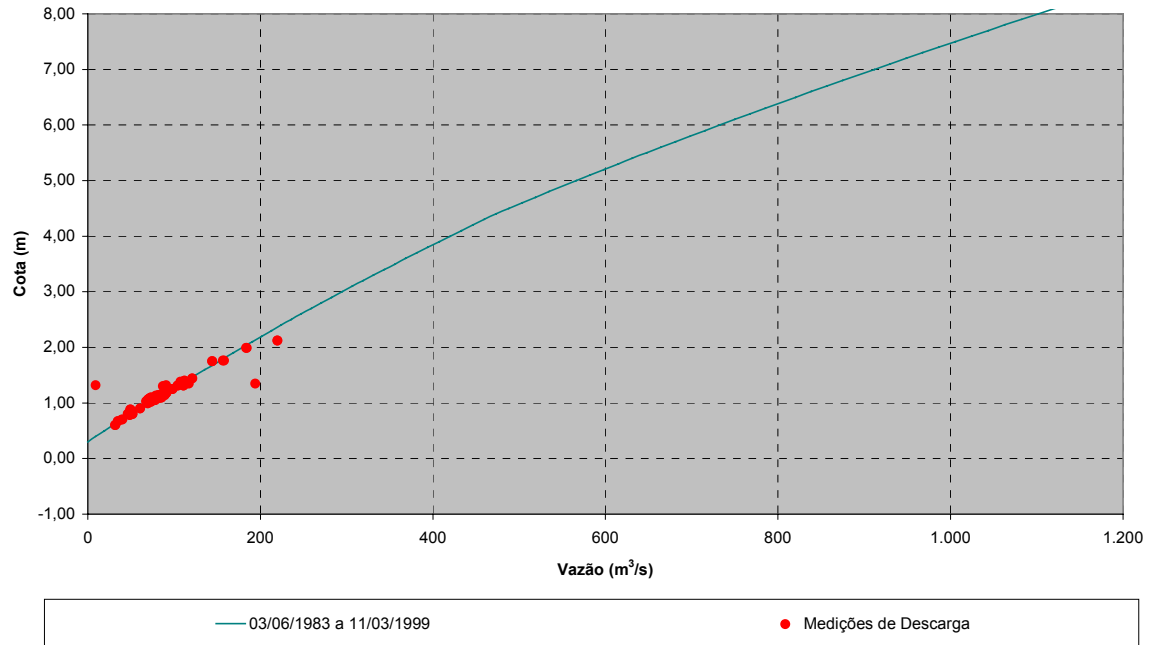


Figura 21 - Relações Cota x Descarga e Medições de Descarga do Rio Piracicaba no Posto Fluviométrico Artemis do DAEE-SP (62715000) - 12/03/1999 a 31/12/2002

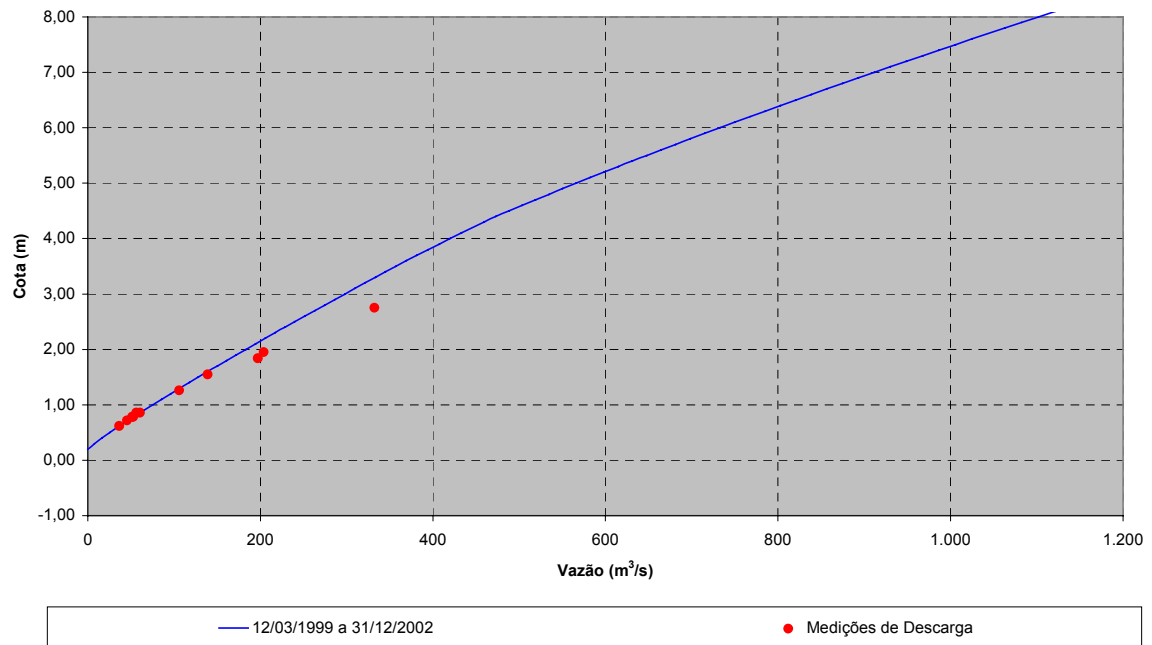


Figura 22 - Limnigrama das Cotas Médias Diárias do Rio Atibaia nos Postos Fluviométricos Atibaia, Bairro da Ponte, Desembargador e Acima Paulínea

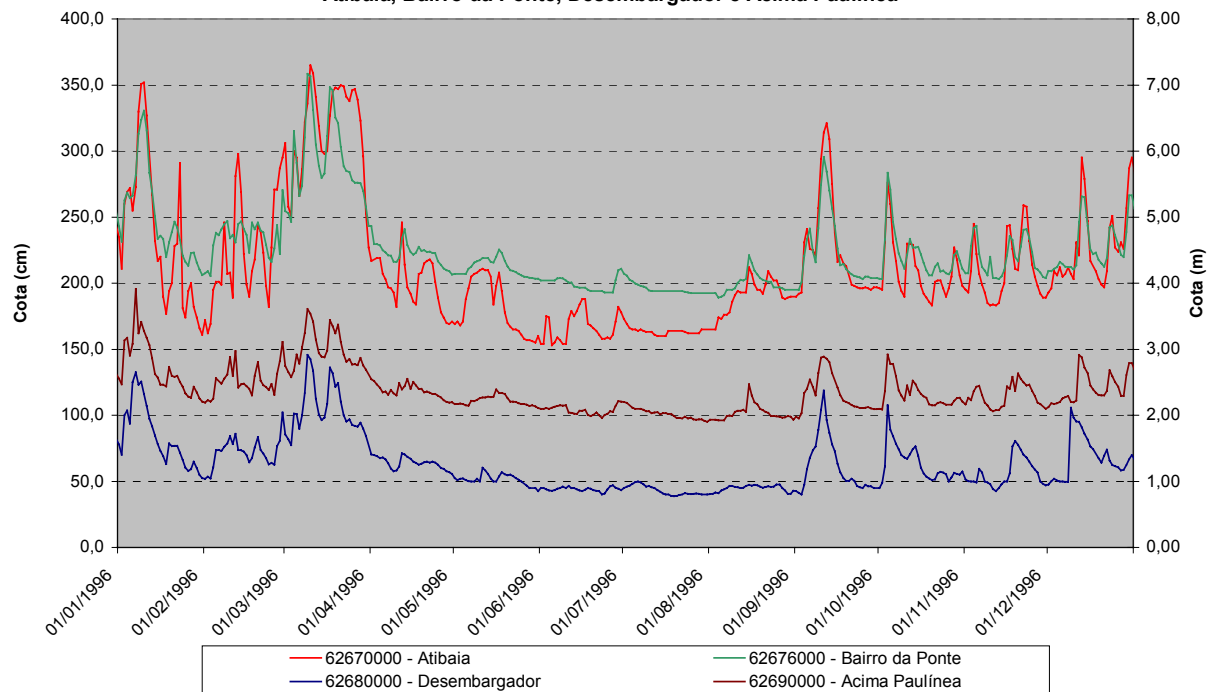
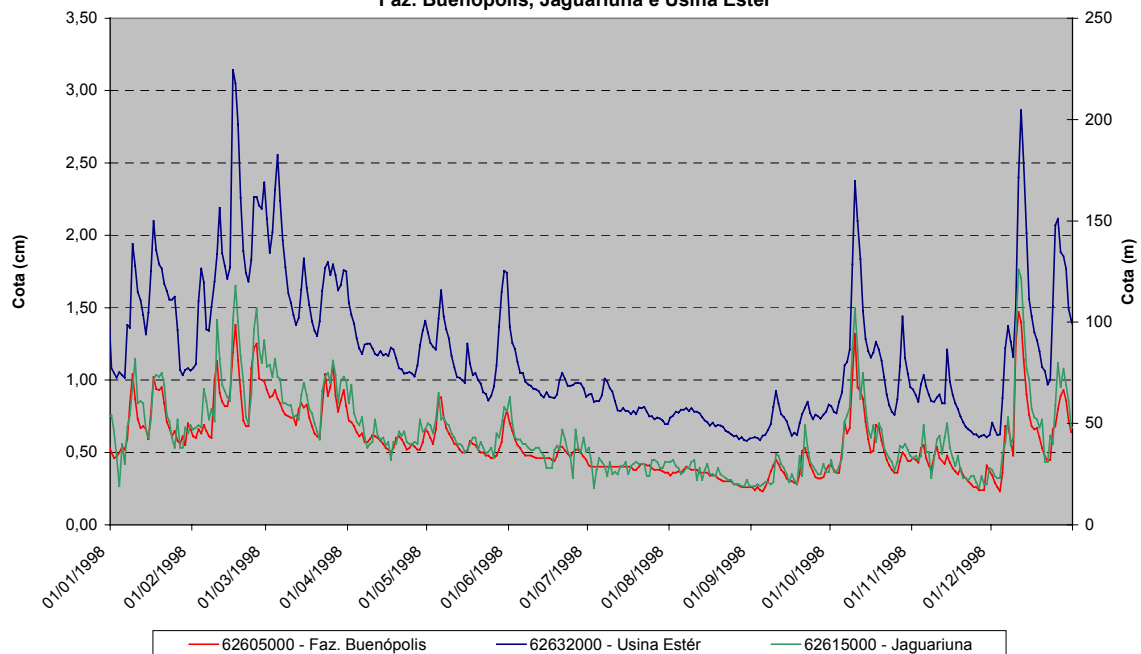
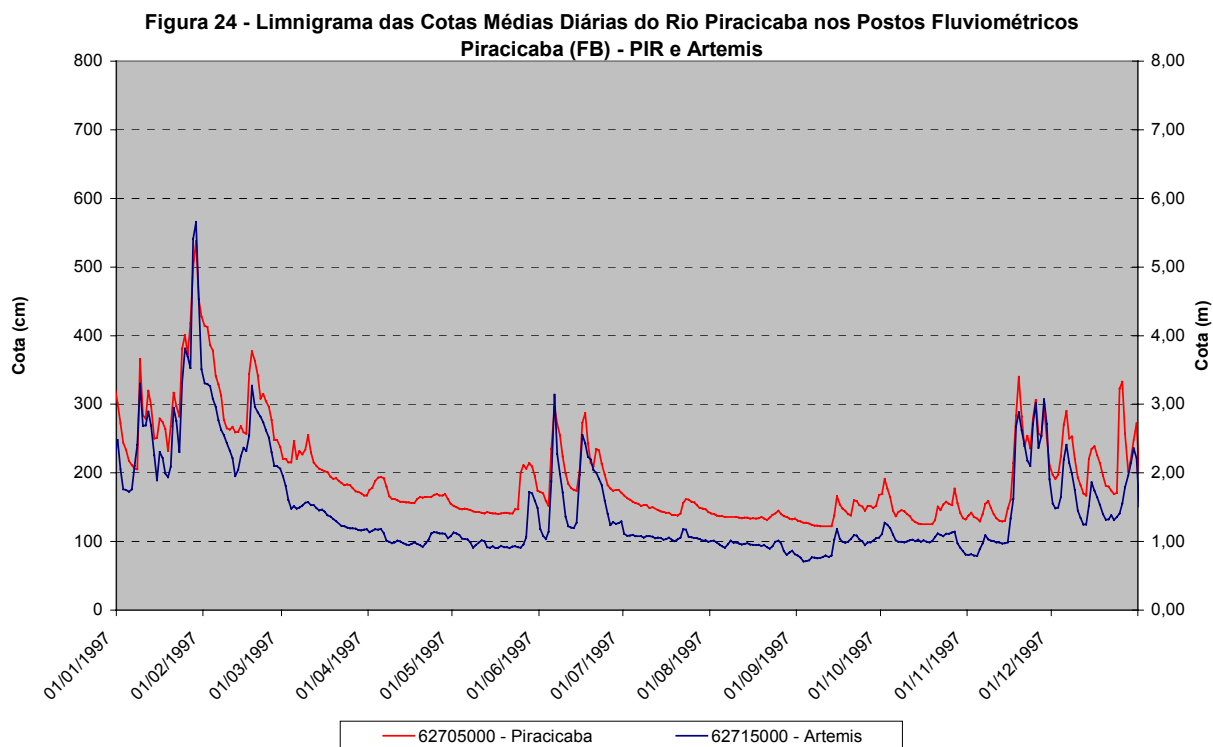


Figura 23 - Limnigrama das Cotas Médias Diárias do Rio Jaguari nos Postos Fluviométricos Faz. Buenópolis, Jaguariuna e Usina Estér





6.2 DETERMINAÇÃO DAS SÉRIES DE VAZÕES OBSERVADAS NOS POSTOS

A partir das séries de cotas limnimétricas médias diárias e das respectivas relações cota x descarga foram geradas as séries de vazões médias diárias dos rios Jaguari, Atibaia e Piracicaba nos postos fluviométricos. As séries de vazões médias diárias foram analisadas a partir da inspeção visual dos hidrogramas. As Figuras 25 a 27 apresentam alguns exemplos dos hidrogramas utilizados para a análise de consistência. As inconsistências serviram para indicar a necessidade de uma nova verificação das cotas limnimétricas e das relações cota x descarga. As devidas correções foram feitas nos casos de identificação das inconsistências. Caso contrário, os respectivos valores foram eliminados das séries.

Figura 25 - Hidrograma das Vazões Médias Diárias do Rio Atibaia nos Postos Fluviométricos Atibaia, Bairro da Ponte, Desembargador e Acima Paulínea

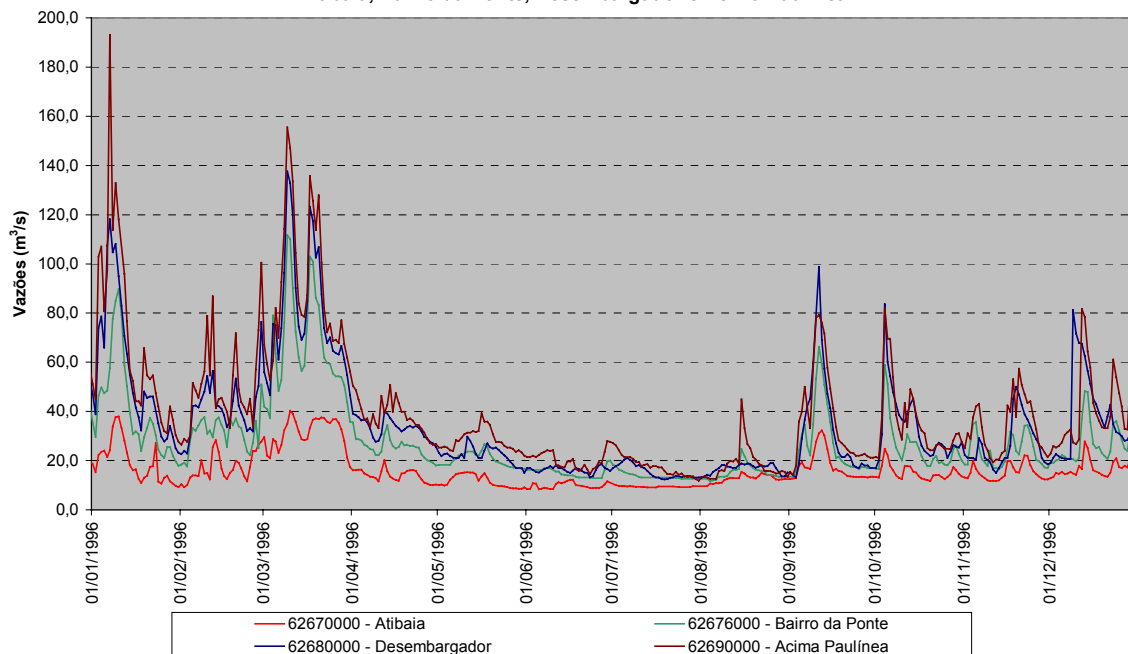


Figura 26 - Hidrograma das Vazões Médias Diárias do Rio Jaguari nos Postos Fluviométricos Faz. Buenópolis, Jaguariuna e Usina Estér

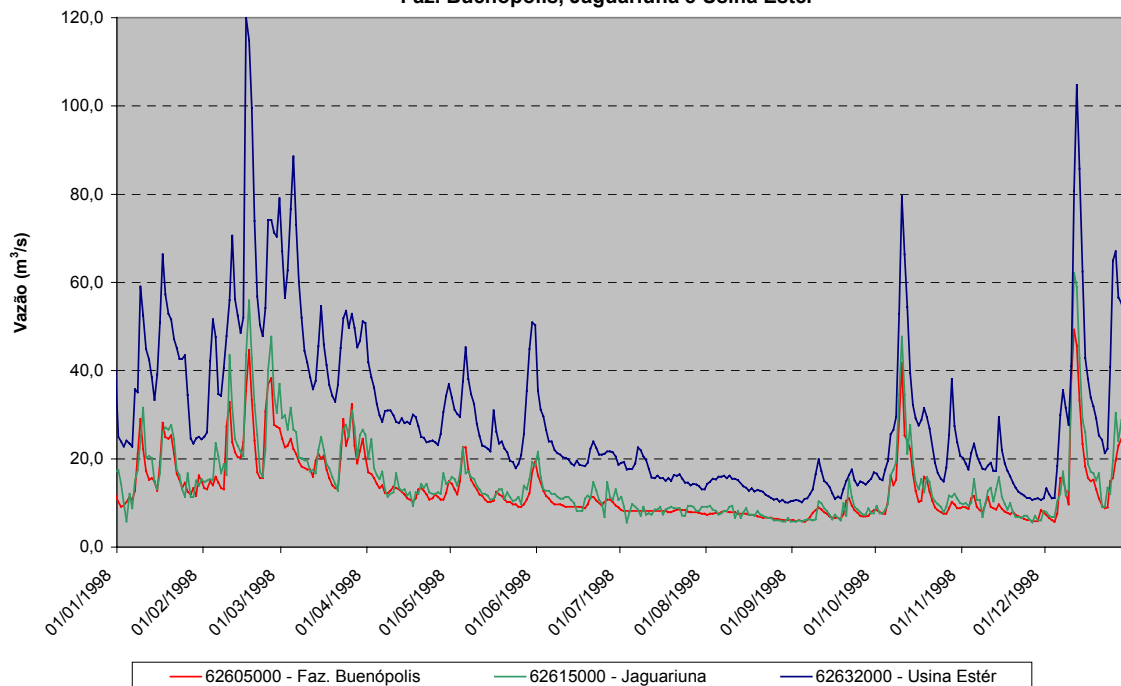
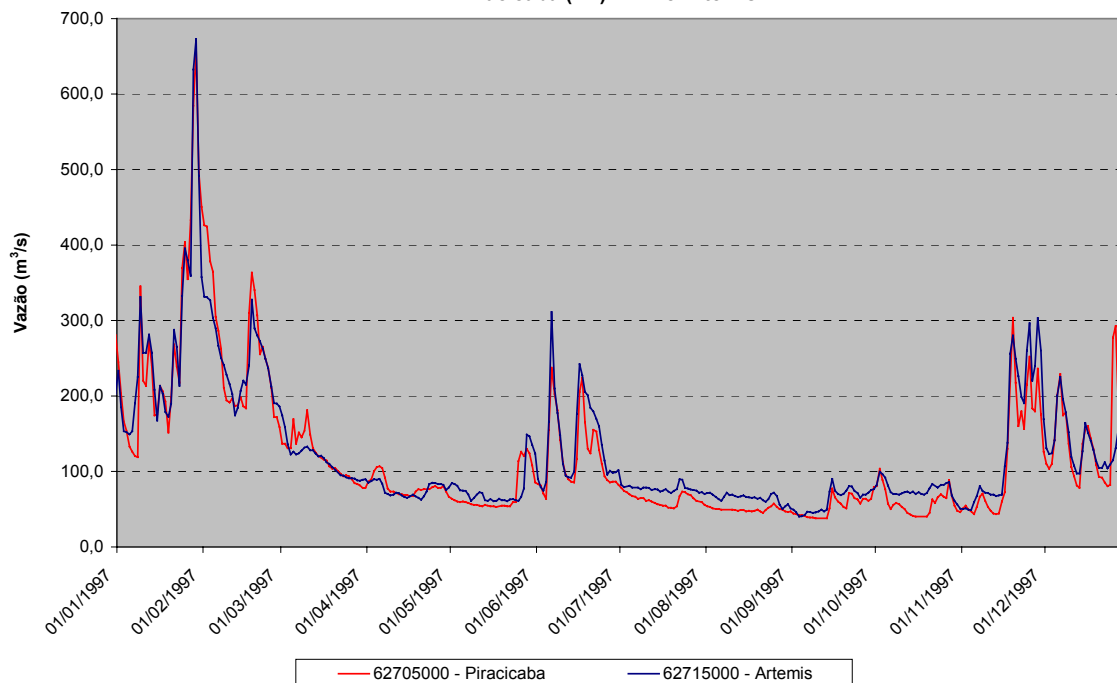


Figura 27 - Hidrograma das Vazões Médias Diárias do Rio Piracicaba nos Postos Fluviométricos Piracicaba (FB) - PIR e Artemis



6.3 DETERMINAÇÃO DAS SÉRIES DE VAZÕES NATURAIS NOS POSTOS

Inicialmente foram determinadas as séries de vazões médias mensais dos rios Jaguari, Atibaia e Piracicaba nos postos fluviométricos através da média aritmética das respectivas vazões médias diárias de cada mês. Qualquer falha na série de vazões médias diárias resultou em falha na respectiva vazão média mensal.

Para a reconstituição das vazões naturais médias mensais foi utilizada a seguinte relação:

$$Q_{\text{natural},t} = Q_{\text{observada},t} + Q_{\text{natural do aproveitamento},t} - Q_{\text{efluente do aproveitamento},t} + Q_{\text{usos consumptivos}}$$

onde:

$Q_{\text{natural},t}$ é a vazão natural média mensal do mês t no posto fluviométrico;

$Q_{\text{observada},t}$ é a vazão observada média mensal do mês t no posto fluviométrico;

$Q_{\text{natural do aproveitamento},t}$ é a vazão natural média mensal do mês t no aproveitamento de montante. No caso do rio Atibaia, este parâmetro corresponde à soma das vazões naturais médias mensais dos aproveitamentos Cachoeira e Atibainha no mês t ;

$Q_{\text{efluente do aproveitamento},t}$ é a vazão efluente média mensal do mês t no aproveitamento de montante. No caso do rio Atibaia, este parâmetro corresponde à soma das vazões efluentes médias mensais dos aproveitamentos Cachoeira e Atibainha no mês t ;

$Q_{\text{usos consumptivos}}$ é o uso consumptivo acumulado até o local do posto, considerado constante no período de Janeiro de 1994 a Dezembro de 2003.

A Tabela 10 apresenta as vazões correspondentes aos usos consumptivos utilizados na reconstituição de vazões naturais médias mensais dos rios Jaguari, Atibaia e Piracicaba nos postos fluviométricos. Estas vazões foram determinadas a partir da localização do posto fluviométrico em relação as seções de vazões outorgadas no cadastro do DAEE-SP, considerando os retornos ou lançamentos.

TABELA 10 – USOS CONSUMPTIVOS CONSIDERADOS NA RECONSTITUIÇÃO DE VAZÕES NATURAIS

Código	Nome	Código Adicional	Curso d'Água	AD (km ²)	Uso Consumptivo (m ³ /s)
62670000	ATIBAIA		Atibaia	1.137	0,14
62676000	BAIRRO DA PONTE 3D-006	3D-006	Atibaia	1.902	1,37
62680000	DESEMBARGADOR FURTADO 3D-003	3D-003	Atibaia		1,37
62690000	ACIMA DE PAULINEA 4D-009R	4D-009R	Atibaia	2.713	1,91
62605000	BUENOPOLIS 3D-009	3D-009	Jaguari	1.948	-0,22
62615000	JAGUARIUNA		Jaguari		-0,22
62632000	USINA ESTER 4D-001R	4D-001R	Jaguari	3.386	4,80
62705000	PIRACICABA (FB)-PIR	PC-001F	Piracicaba	8.869	-1,17
62715000	ARTEMIS 4D-007	4D-007	Piracicaba		0,50

A aplicação da equação acima permitiu a reconstituição das vazões naturais médias mensais dos rios Jaguari, Atibaia e Piracicaba nos postos fluviométricos para o período de Janeiro de 1994 a Dezembro de 2003. A análise das séries foi feita através da elaboração dos hidrogramas nos postos dos rios Jaguari, Atibaia e Piracicaba. As Figuras 28 a 30 apresentam alguns exemplos dos hidrogramas das vazões naturais médias mensais dos rios Jaguari, Atibaia e Piracicaba nos postos fluviométricos.

As falhas nas séries de vazões naturais médias mensais foram preenchidas através de correlações com as vazões naturais médias mensais dos postos fluviométricos adjacentes.

As séries de vazões naturais médias mensais do rio Piracicaba em Piracicaba, do rio Jaguari em Faz. Buenópolis e Usina Ester e do rio Atibaia em Atibaia, Bairro da Ponte e Acima Paulínea para o período de Janeiro de 1930 a Dezembro de 2003 são apresentadas no Anexo II.

Figura 28 - Hidrogramas das Vazões Médias Mensais do Rio Atibaia nos Postos Fluviométricos Atibaia, Bairro da Ponte, Desembargador e Acima Paulínia - Jan/1994 a Dez/2003

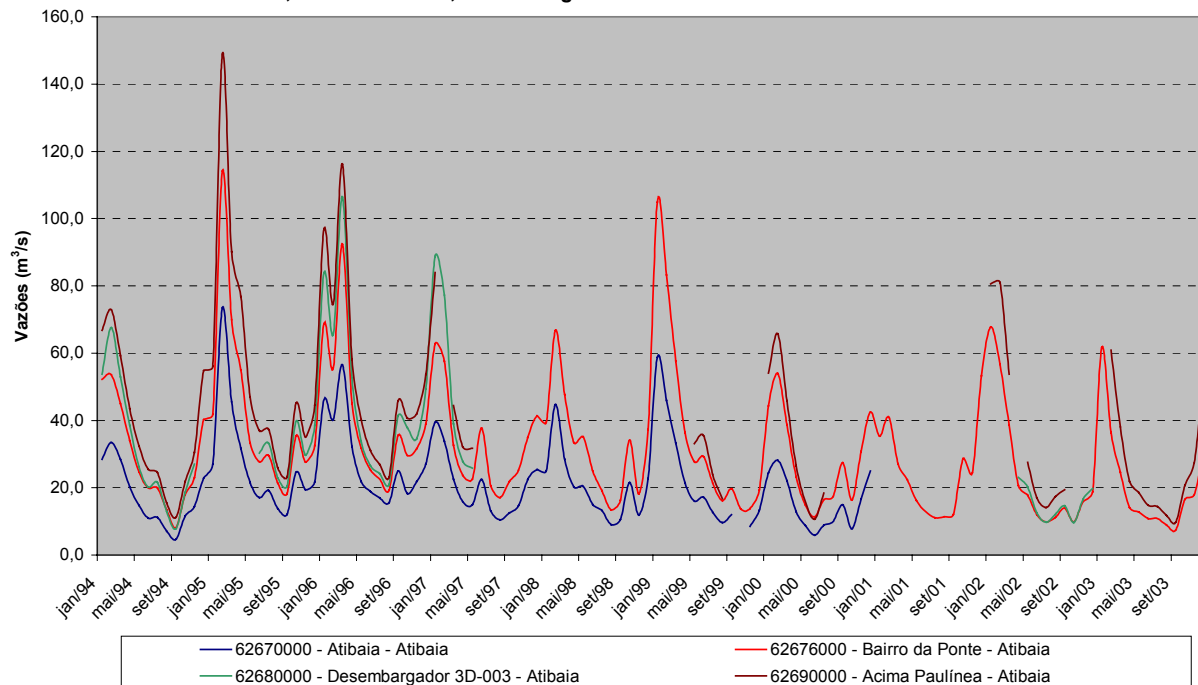


Figura 29 - Hidrogramas das Vazões Médias Mensais do Rio Jaguari nos Postos Fluviométricos Fazenda Buenópolis, Jaguariuna, Usina Estér - Jan/1994 a Dez/2003

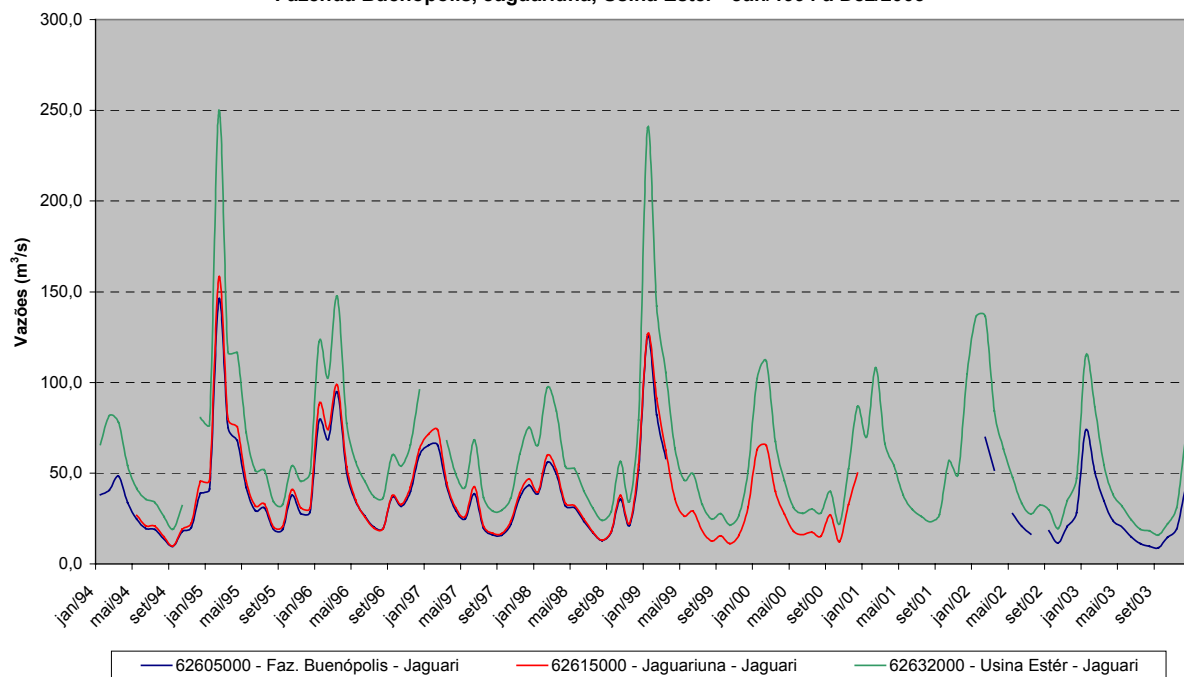
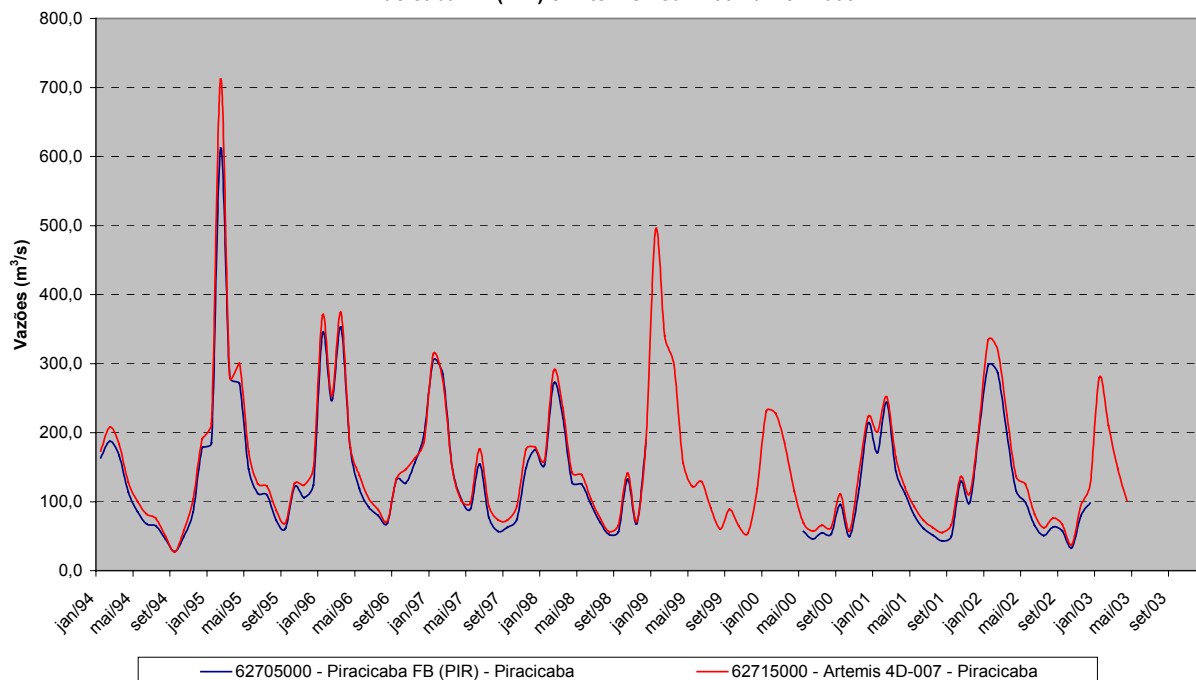


Figura 30 - Hidrogramas das Vazões Médias Mensais do Rio Piracicaba nos Postos Fluviométricos Piracicaba FB (PIR) e Artemis - Jan/1994 a Dez/2003



6.4 ANÁLISE DAS SÉRIES DE VAZÕES NATURAIS NOS POSTOS

Para a análise das séries de vazões naturais médias mensais do rio Piracicaba em Piracicaba, do rio Jaguari em Faz. Buenópolis e Usina Estér e do rio Atibaia em Atibaia, Bairro da Ponte e Acima Paulínea foram determinados os principais parâmetros hidrológico-estatísticos. A Tabela 11 apresenta, para cada posto fluviométrico selecionado, a área de drenagem da bacia hidrográfica, a vazão específica da bacia hidrográfica e os parâmetros estatísticos básicos.

É importante observar que as vazões específicas das bacias dos rios Jaguari, Atibaia e Piracicaba têm um suave decréscimo no sentido montante para jusante. Esta afirmativa é ainda mais exata quando são observadas as vazões específicas dos rios Jaguari, Cachoeira e Atibaia nos aproveitamentos, apresentadas na Tabela 8. Esta característica é usual em bacias em condições naturais devido ao decréscimo das precipitações no sentido do escoamento, resultado da diminuição do efeito orográfico e/ou do suprimento de umidade dos oceanos.

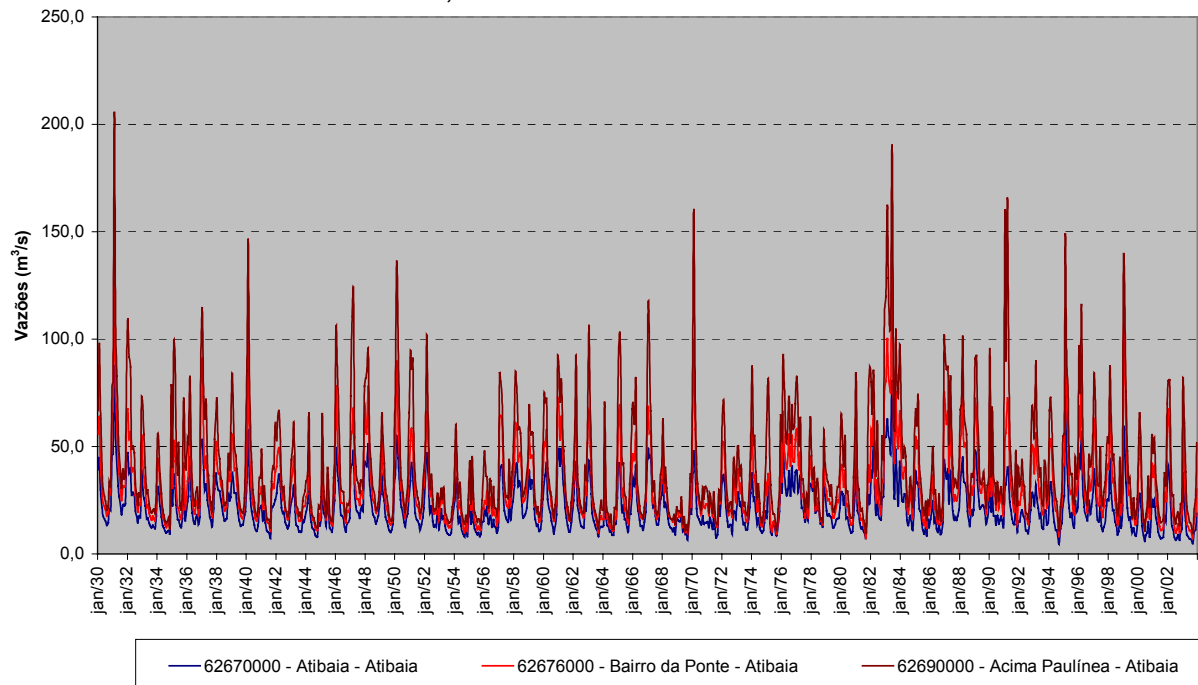
As Figuras 31 a 33 apresentam os hidrogramas das vazões naturais médias mensais do rio Piracicaba em Piracicaba, do rio Jaguari em Faz. Buenópolis e Usina Estér e do rio Atibaia em Atibaia, Bairro da Ponte e Acima Paulínea. As séries de vazões estão consistentes entre si, não apresentando qualquer característica que comprometa sua homogeneidade ou estacionariedade.

TABELA 11 – RESUMO ESTATÍSTICO DAS SÉRIES DE VAZÕES NATURAIS NOS POSTOS

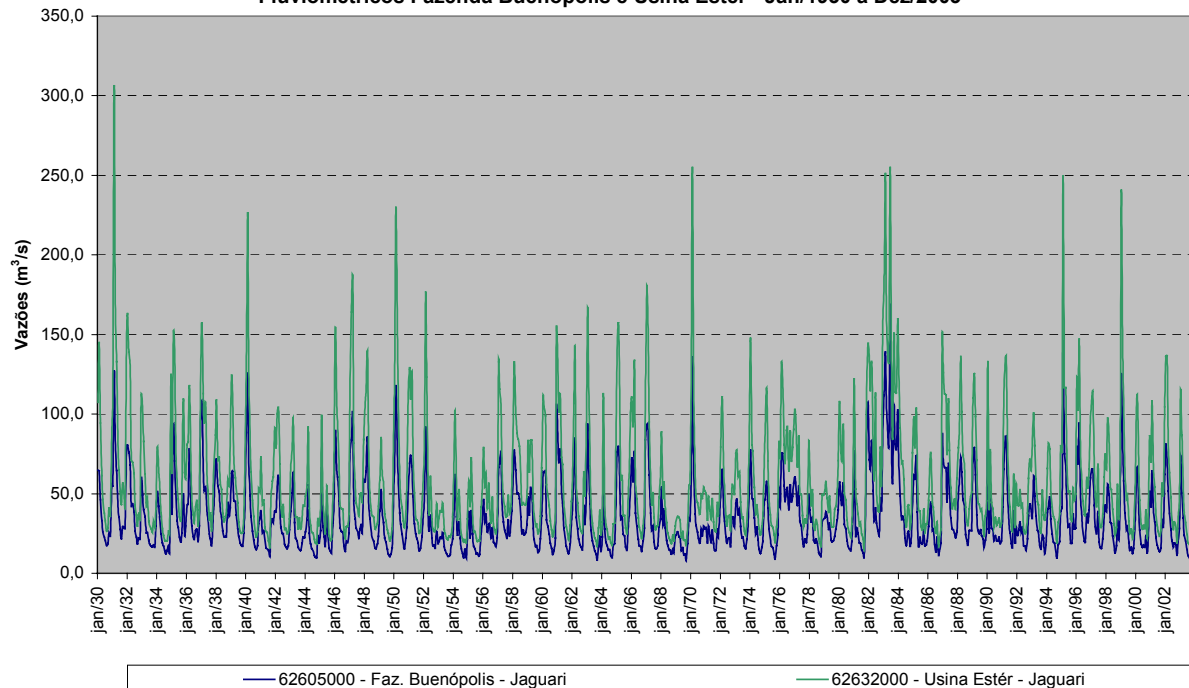
Parâmetros Hidrológico-Estatísticos	Vazões Naturais Médias Mensais de Janeiro de 1930 a Dezembro de 2003					
	62705000 - Piracicaba FB (PIR) - Piracicaba	62605000 - Faz. Buenópolis - Jaguari	62632000 - Usina Estér - Jaguari	62670000 - Atibaia - Atibaia	62676000 - Bairro da Ponte - Atibaia	62690000 - Acima Paulínea - Atibaia
Área de Drenagem (km ²)*	8.869	1.948	3.386	1.137	1.902	2.713
vazão específica (l/s/km ²)	14,8	18,2	17,5	19,2	16,5	15,3
média (m ³ /s)	131,4	35,4	59,1	21,8	31,4	41,5
máximo (m ³ /s)	658,0	168,9	306,0	87,8	135,5	205,8
mínimo (m ³ /s)	31,3	7,93	15,30	4,64	7,4	9,8
desvio-padrão (m ³ /s)	88,1	22,5	39,2	11,3	17,5	26,8
coef. de variação (%)	67	64	66	52	56	65
Permanência (%)	Vazões Garantidas (m ³ /s)					
1	393,3	108,7	181,5	55,1	90,1	136,4
2	353,0	93,9	160,9	49,7	76,0	112,3
3	329,8	86,2	149,8	47,5	70,8	103,7
5	304,6	79,3	135,1	44,6	66,0	91,8
10	268,8	67,4	113,0	38,5	56,0	80,6
15	221,0	59,1	101,2	34,0	50,3	68,5
20	193,0	50,3	84,3	30,1	43,4	59,7
25	170,7	44,3	75,6	27,4	38,9	52,8
30	149,1	39,9	66,6	25,0	35,4	46,9
35	134,1	36,2	59,4	22,5	32,5	42,1
40	120,1	33,2	54,0	21,4	30,2	37,9
45	108,6	30,0	49,6	20,0	28,0	35,1
50	101,6	27,9	45,5	18,6	26,1	32,8
55	95,0	26,1	42,4	17,5	24,5	30,7
60	87,1	24,3	39,8	16,4	23,0	28,4
65	79,5	22,5	36,3	15,4	21,8	26,2
70	73,4	21,2	34,1	14,6	20,3	24,1
75	68,3	19,3	31,6	13,6	19,0	22,4
80	63,2	17,8	29,3	12,7	17,7	21,0
85	57,8	16,8	27,4	11,8	16,2	19,2
90	53,0	15,0	25,3	10,5	14,9	17,6
95	46,2	12,7	21,8	9,0	12,9	15,5
98	39,9	11,0	19,4	7,8	10,9	13,5
100	31,3	7,9	15,3	4,6	7,4	9,8

* valores obtidos no "Plano Integrado de Aproveitamento e Controle dos Recursos Hídricos das Bacias Alto Tietê, Piracicaba e Baixada Santista", Consórcio HIDROPLAN, 1995

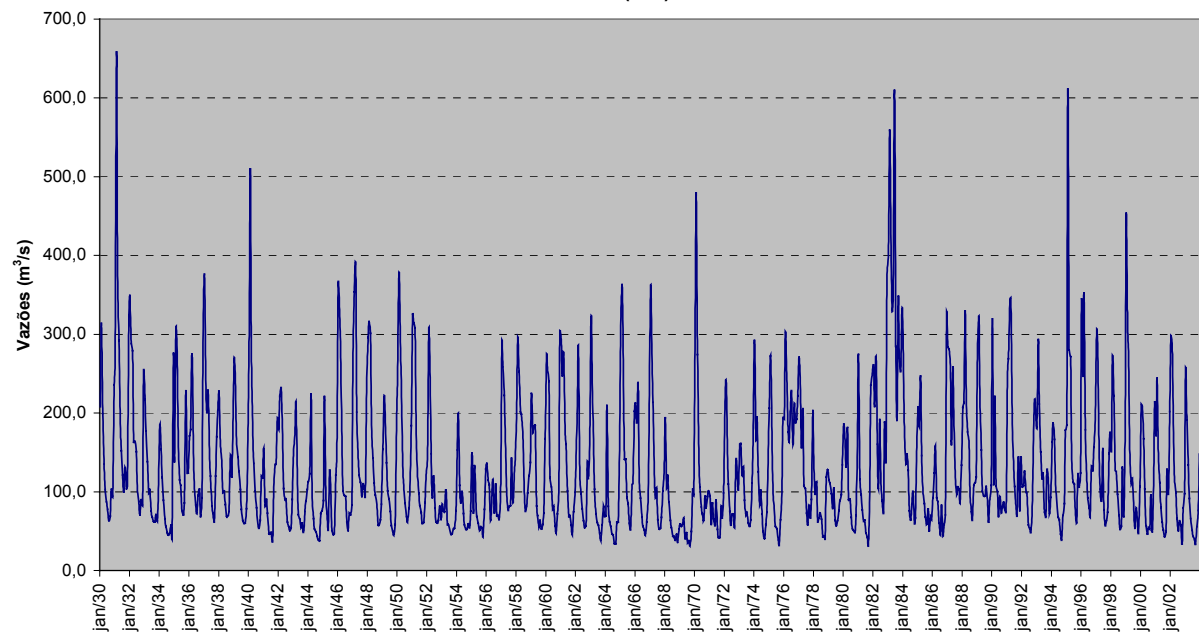
**Figura 31 - Hidrogramas das Vazões Naturais Médias Mensais do Rio Atibaia nos Postos
Fluviométricos Atibaia, Bairro da Ponte e Acima Paulínia - Jan/1930 a Dez/2003**



**Figura 32 - Hidrogramas das Vazões Naturais Médias Mensais do Rio Jaguari nos Postos
Fluviométricos Fazenda Buenópolis e Usina Estér - Jan/1930 a Dez/2003**



**Figura 33 - Hidrogramas das Vazões Naturais Médias Mensais do Rio Piracicaba no Posto
Fluviométrico Piracicaba FB (PIR) - Jan/1930 a Dez/2003**



7. CONCLUSÕES

Os estudos de demandas foram desenvolvidos a partir do cadastro de outorgas do DAEE-SP. Estes estudos permitiram determinar os usos consumptivos nas sub-bacias dos rios Jaguari, Atibaia e baixo Piracicaba, que totalizam 10,6 m³/s. O balanço entre as captações e lançamentos para cada sub-bacia e uso resultaram em:

Balanço Captação e Lançamento com base no cadastro do DAEE-SP (m³/s)

Bacia e Sub-Bacia	HUMANO e ANIMAL	INDUSTRIAL	AGRÍCOLA	Total
Atibaia	3,73	0,17	0,05	3,95
Jaguari	3,82	1,08	1,26	6,16
Baixo Piracicaba	-0,28	0,65	0,12	0,50
Piracicaba	7,28	1,90	1,43	10,61

Os estudos hidrológicos permitiram a complementação das séries de vazões naturais médias mensais dos rios Jaguari, Cachoeira, Atibainha e Juqueri nos aproveitamentos Jaguari-Jacareí, Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro, passando a cobrir o período de Janeiro de 1930 a Dezembro de 2003.

A análise das séries de vazões naturais médias mensais indicou que nas bacias dos rios Jaguari, Cachoeira e Atibainha foi observado um período de baixa disponibilidade hídrica que teve início em 1999 e perdurou até 2003 atingindo vazões médias de longo termo pouco acima do período crítico entre 1952 e 1955. O resumo dos principais parâmetros estatístico-hidrológicos é apresentado a seguir.

Parâmetros Hidrológico-Estatísticos	Vazões Naturais Médias Mensais de Janeiro de 1930 a Dezembro de 2003					
	Jaguari-Jacareí	Cachoeira	Atibainha	Paiva Castro	Jaguari + Cachoeira + Atibainha	Jaguari + Cachoeira + Atibainha e Paiva Castro
Área de Drenagem (km ²)*	1.230	392	312	369	1.934	2.303
Precipitação Média Anual (mm/ano)*	1.710	1.681	1.530	1.450	1.640	1.593
vazão específica (l/s/km ²)	20,6	22,3	19,6	12,5	20,8	19,5
coef. de escoamento superficial	0,38	0,42	0,40	0,27	0,40	0,39
média (m ³ /s)	25,4	8,7	6,1	4,6	40,2	44,8
máximo (m ³ /s)	118,0	33,9	27,5	19,9	165,7	181,5
mínimo (m ³ /s)	5,7	0,89	0,46	0,50	9,5	11,7

Os estudos hidrológicos permitiram a complementação das séries de vazões naturais médias mensais do rio Piracicaba em Piracicaba, do rio Jaguari em Faz. Buenópolis e Usina Estér e do rio Atibaia em Atibaia, Bairro da Ponte e Acima Paulínea, passando a cobrir o período de Janeiro de 1930 a Dezembro de 2003. O resumo dos principais parâmetros estatístico-hidrológicos é apresentado a seguir.

Parâmetros Hidrológico-Estatísticos	Vazões Naturais Médias Mensais de Janeiro de 1930 a Dezembro de 2003					
	62705000 - Piracicaba FB (PIR) - Piracicaba	62605000 - Faz. Buenópolis - Jaguari	62632000 - Usina Estér - Jaguari	62670000 - Atibaia - Atibaia	62676000 - Bairro da Ponte - Atibaia	62690000 - Acima Paulínea - Atibaia
Área de Drenagem (km ²)*	8.869	1.948	3.386	1.137	1.902	2.713
vazão específica (l/s/km ²)	14,8	18,2	17,5	19,2	16,5	15,3
média (m ³ /s)	131,4	35,4	59,1	21,8	31,4	41,5
máximo (m ³ /s)	658,0	168,9	306,0	87,8	135,5	205,8
mínimo (m ³ /s)	31,3	7,93	15,30	4,64	7,4	9,8

**ANEXO B-I – SÉRIES DE VAZÕES NATURAIS MÉDIAS MENSAIS NOS
APROVEITAMENTOS DO SISTEMA CANTAREIRA**

Vazões Médias Mensais do Rio Jaguarí no Aproveitamento Jaguarí-Jacaréi (m³/s)													
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Média
1930	47,7	47,3	34,0	24,3	19,2	16,7	15,2	12,9	13,8	18,8	17,3	41,8	25,8
1931	40,2	93,4	64,3	47,5	31,8	26,0	20,3	16,0	21,6	21,0	20,7	59,1	38,5
1932	59,2	55,8	50,0	31,1	32,2	28,7	19,7	16,7	13,7	16,3	15,9	43,5	31,9
1933	36,2	29,5	26,1	18,6	18,8	15,2	13,5	12,5	12,1	13,2	12,2	21,9	19,2
1934	37,7	31,1	26,2	18,2	14,1	12,7	10,5	9,1	10,6	12,8	9,3	54,1	20,5
1935	27,0	68,6	51,9	37,5	24,4	21,2	16,7	14,4	18,7	36,7	17,7	22,1	29,7
1936	31,7	32,0	57,5	31,3	22,0	16,9	15,6	20,0	20,3	14,8	22,0	67,9	29,3
1937	79,7	49,5	38,1	40,0	29,3	25,1	18,2	16,0	12,9	25,7	32,4	52,5	35,0
1938	52,7	40,4	37,9	29,2	26,0	19,6	16,9	16,9	17,0	32,6	26,3	30,2	28,8
1939	46,2	47,3	33,6	33,3	27,0	20,6	17,1	14,0	12,9	12,4	18,7	32,2	26,3
1940	65,1	92,6	54,4	35,9	26,3	19,5	15,4	12,3	10,9	12,8	23,0	25,7	32,8
1941	28,8	18,7	19,8	15,9	11,7	11,2	10,7	8,0	23,0	25,2	23,5	28,7	18,8
1942	28,6	38,9	45,1	31,2	21,3	18,6	18,2	13,4	12,2	11,4	12,6	20,1	22,6
1943	28,6	37,0	46,3	23,4	16,4	15,0	12,0	10,9	10,6	13,9	16,7	16,5	20,6
1944	19,2	24,8	40,9	18,5	13,6	11,4	10,5	8,2	7,5	7,2	17,4	14,0	16,1
1945	19,8	48,8	21,7	16,8	12,8	28,5	18,3	11,5	10,0	9,4	23,5	29,9	20,9
1946	65,7	48,1	44,4	33,5	21,1	19,4	18,9	12,9	10,2	14,8	14,2	18,6	26,8
1947	56,4	61,8	73,7	33,5	25,2	20,9	19,4	16,1	20,5	22,5	18,7	43,4	34,3
1948	42,4	47,1	63,2	34,7	25,3	19,7	16,3	14,8	11,8	11,4	13,7	17,1	26,5
1949	29,0	38,7	27,6	23,5	16,2	14,4	11,1	8,9	7,8	8,7	11,7	33,3	19,2
1950	49,8	87,0	57,5	43,5	27,9	22,6	18,1	13,7	11,4	16,2	21,2	37,4	33,9
1951	50,8	54,5	49,4	35,6	23,0	18,2	16,1	14,2	10,5	11,6	16,9	24,0	27,1
1952	35,7	67,6	49,6	28,1	19,1	26,8	16,3	12,8	13,0	11,7	19,3	13,8	26,1
1953	14,7	16,6	16,1	18,7	12,4	10,8	9,0	7,9	7,9	8,6	13,1	16,0	12,7
1954	29,7	45,6	26,2	17,3	23,6	16,2	11,5	9,0	7,3	11,1	7,2	17,2	18,5
1955	28,5	16,5	29,3	18,3	12,4	11,4	8,9	9,3	8,0	8,7	18,5	24,6	16,2
1956	34,0	23,4	27,4	19,1	22,5	23,0	16,1	21,1	14,4	13,8	12,4	16,5	20,3
1957	49,0	50,7	55,7	34,6	23,8	20,0	18,1	16,3	25,0	17,3	24,1	28,9	30,3
1958	48,1	56,8	47,7	36,8	37,0	34,5	26,2	18,3	20,0	17,7	18,8	22,5	32,0
1959	35,8	26,9	39,5	37,8	20,7	15,7	12,3	12,8	9,6	10,5	16,0	26,6	22,0
1960	46,8	46,7	47,4	24,7	21,7	18,1	14,0	11,5	8,7	10,7	16,3	76,4	28,6
1961	62,9	50,8	57,1	38,2	32,4	21,0	15,8	12,5	10,0	9,2	13,4	23,4	28,9
1962	30,4	48,1	62,0	25,8	20,6	15,8	13,1	12,2	11,0	31,3	22,6	34,8	27,3
1963	69,1	49,7	32,1	19,9	15,0	12,5	10,3	8,9	6,2	12,2	17,1	10,1	21,9
1964	16,8	49,0	20,3	14,3	12,8	10,7	10,9	8,2	7,3	13,0	13,7	34,5	17,6
1965	56,2	58,6	48,7	24,9	26,6	18,0	17,2	12,4	10,8	22,8	27,5	42,6	30,5
1966	53,3	42,4	56,3	27,9	21,8	15,7	12,7	12,3	10,1	15,0	21,0	61,7	29,2
1967	68,6	69,1	45,4	27,9	19,8	22,1	14,6	11,4	11,4	12,9	21,7	25,2	29,2
1968	39,7	22,1	29,5	20,8	15,2	13,0	11,0	10,7	8,9	11,4	9,4	17,2	17,4
1969	17,7	19,1	16,9	16,6	10,7	11,8	8,4	8,9	5,8	13,7	25,7	24,6	15,0
1970	47,5	100,4	50,4	27,4	22,2	19,0	16,1	14,1	20,8	17,3	21,7	20,5	31,4
1971	21,1	14,1	21,9	17,5	14,2	19,9	13,7	10,7	10,6	20,6	16,6	28,5	17,5
1972	36,3	48,0	32,2	24,0	16,8	13,9	16,1	16,4	12,5	26,0	25,8	21,4	24,1
1973	32,3	34,1	27,1	30,0	21,8	16,3	16,5	12,5	11,3	15,7	23,0	37,2	23,2
1974	57,0	34,6	34,3	25,6	18,0	21,4	15,5	11,0	9,1	12,1	14,7	33,4	23,9
1975	34,1	42,3	30,2	20,4	16,0	12,4	11,9	8,6	6,5	12,7	17,8	39,2	21,0
1976	30,5	55,3	55,4	40,4	33,1	38,7	39,5	29,3	41,1	32,9	35,4	41,5	39,4
1977	44,3	36,5	31,3	40,6	24,1	22,0	15,8	12,3	15,8	14,2	17,8	36,0	25,9
1978	29,3	23,6	25,8	15,3	14,0	15,7	14,0	9,6	8,5	7,5	23,4	24,9	17,6
1979	25,6	28,4	26,1	20,2	23,3	15,5	14,5	14,9	17,0	20,3	24,4	29,3	21,6
1980	42,2	33,8	31,4	41,8	22,5	20,7	15,0	12,4	11,1	10,3	14,6	32,9	24,1
1981	56,5	17,1	15,1	12,7	9,7	11,7	7,5	6,0	5,7	34,7	64,4	85,7	27,2
1982	51,1	44,4	58,8	36,2	23,3	27,9	21,4	22,9	16,8	31,2	28,8	58,3	35,1
1983	76,3	92,2	81,3	60,6	56,4	118,0	49,9	39,5	72,6	62,7	60,9	75,4	70,5
1984	51,9	35,7	24,8	26,4	24,6	14,9	11,7	16,1	15,6	10,5	11,7	23,7	22,3
1985	37,6	39,1	42,6	24,6	7,4	14,4	12,4	11,6	19,6	12,0	13,7	13,9	20,7
1986	20,4	28,3	30,2	18,8	18,0	11,4	8,9	15,0	7,5	9,1	12,0	54,8	19,5
1987	42,9	43,0	40,6	28,0	44,2	35,0	23,7	19,8	18,8	17,1	15,6	16,0	28,7
1988	36,8	40,9	49,5	42,7	29,6	27,5	16,2	14,5	12,7	18,3	18,5	18,2	27,1
1989	51,8	59,3	45,6	26,6	19,5	18,2	17,8	16,0	15,5	11,9	13,1	19,1	26,2
1990	52,2	16,9	33,2	19,6	18,0	13,2	16,0	14,9	14,4	16,5	13,4	14,8	20,3
1991	28,9	43,9	59,5	62,8	32,1	21,7	17,5	13,4	11,3	26,7	12,7	20,2	29,2
1992	17,7	19,9	21,2	17,3	19,5	11,5	11,5	9,5	14,9	26,5	31,9	28,8	19,2
1993	25,6	44,9	35,8	26,5	20,0	19,2	12,5	11,3	17,7	16,3	8,9	13,2	21,0
1994	23,8	25,4	31,2	23,3	17,0	13,1	12,4	9,2	6,9	12,2	12,3	23,0	17,5
1995	25,7	99,9	48,3	42,9	28,2	19,3	20,2	12,2	13,3	31,0	21,2	21,1	31,9
1996	59,3	50,5	66,5	37,1	24,5	19,0	14,0	13,2	25,0	21,2	27,5	45,2	33,6
1997	51,6	43,5	28,8	21,1	17,0	23,6	12,9	10,7	10,2	14,7	23,4	26,8	23,7
1998	24,7	34,7	31,2	21,5	20,4	15,3	11,3	7,9	12,2	24,4	15,2	36,3	21,2
1999	75,8	52,4	37,1	21,6	15,6	17,1	10,8	7,4	9,3	6,8	10,7	20,4	23,8
2000	45,3	41,3	25,9	18,7	12,4	11,3	11,1	10,0	15,8	6,9	18,6	30,6	20,7
2001	24,0	33,2	27,2	20,5	15,2	11,4	9,9	8,3	9,9	21,5	22,7	32,5	19,7
2002	45,3	44,5	34,5	28,0	18,7	14,0	10,7	13,6	12,7	8,0	15,7	21,4	22,3
2003	52,1	38,7	25,4	17,7	14,6	10,3	7,3	6,4	6,3	9,2	12,2	27,1	18,9
Média	41,3	44,5	39,6	27,9	21,4	19,6	15,3	13,1	13,8	17,0	19,5	31,4	25,4
Máximo	79,7	100,4	81,3	62,8	56,4	118,0	49,9	39,5	72,6	62,7	64,4	85,7	70,5
Mínimo	14,7	14,1	15,1	12,7	7,4	10,3	7,3	6,0	5,7	6,8	7,2	10,1	12,7

Vazões Médias Mensais do Rio Cachoeira no Aproveitamento Cachoeira (m ³ /s)													
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Média
1930	15,2	17,3	10,8	8,4	6,8	6,4	6,0	5,3	5,7	8,3	7,9	17,8	9,7
1931	18,0	33,9	22,0	16,4	12,4	10,4	8,6	7,2	8,9	8,8	9,1	18,1	14,5
1932	18,3	14,5	15,4	10,6	11,1	10,7	7,8	6,8	5,7	6,8	6,6	15,1	10,8
1933	11,5	10,0	8,7	6,4	6,6	5,7	5,3	4,8	5,3	4,9	4,7	6,9	6,7
1934	12,1	10,8	8,7	6,8	5,2	4,8	4,1	3,8	4,2	4,3	3,8	15,8	7,0
1935	8,6	14,3	11,9	8,9	6,4	6,2	5,2	4,8	6,5	11,7	6,2	7,2	8,1
1936	9,8	9,9	18,1	10,8	7,9	6,5	5,8	6,8	7,1	5,7	6,3	19,5	9,5
1937	28,7	16,0	12,3	13,0	10,0	8,9	7,1	6,0	4,9	8,9	11,1	20,3	12,3
1938	13,5	10,3	13,6	10,7	9,6	7,9	6,9	6,8	6,9	10,8	9,9	10,6	9,8
1939	15,8	14,3	13,5	13,4	10,0	8,3	6,9	5,7	5,4	5,2	7,2	9,1	9,6
1940	12,4	22,2	14,5	10,4	8,0	6,5	5,5	4,5	4,5	5,3	7,0	8,8	9,1
1941	8,7	7,1	7,6	5,7	4,2	4,0	4,1	2,9	8,2	7,8	8,9	9,2	6,5
1942	10,0	14,8	14,1	11,6	8,5	7,7	7,8	5,6	5,2	4,9	5,8	8,6	8,7
1943	9,8	11,4	11,9	7,8	6,1	5,6	4,6	4,6	4,2	6,3	5,6	8,1	7,2
1944	7,9	10,4	13,7	8,5	6,6	5,6	4,8	3,8	3,4	3,1	6,4	5,7	6,7
1945	8,2	16,6	8,9	7,7	6,1	10,7	7,3	5,2	4,9	4,7	7,7	9,1	8,1
1946	15,4	12,8	13,1	11,4	8,1	7,4	6,9	5,2	4,4	6,0	6,3	7,6	8,7
1947	17,9	16,3	21,7	11,9	9,5	9,0	8,4	7,4	8,7	8,7	8,7	18,3	12,2
1948	16,2	16,1	20,3	13,7	10,6	8,5	7,4	6,6	5,7	5,7	6,6	8,3	10,5
1949	11,5	14,8	10,7	9,8	7,1	6,4	5,5	4,5	4,0	4,4	5,2	11,9	8,0
1950	16,9	21,9	17,8	13,9	9,8	8,5	7,0	5,7	4,9	6,4	8,3	10,1	10,9
1951	11,8	15,6	14,5	11,4	8,0	6,8	6,3	5,6	4,5	5,2	6,4	7,2	8,6
1952	12,0	20,8	15,9	9,6	7,3	8,3	5,9	5,1	5,2	4,7	7,8	6,4	9,1
1953	5,9	6,8	6,2	7,3	5,5	4,6	3,8	3,6	3,6	3,9	5,8	6,8	5,3
1954	7,8	12,3	7,8	6,3	8,5	6,0	4,8	3,9	3,5	4,8	3,1	5,7	6,2
1955	9,0	6,1	11,5	8,3	6,0	5,3	4,4	4,6	3,6	3,9	6,6	8,2	6,5
1956	9,2	8,7	9,4	7,1	7,7	7,2	5,8	7,6	5,7	5,6	4,6	5,9	7,0
1957	17,0	16,2	15,0	12,6	9,0	7,8	7,1	6,5	9,8	6,8	9,0	11,0	10,7
1958	15,7	16,4	17,8	14,2	15,4	13,0	9,8	7,9	7,8	7,7	8,0	10,6	12,0
1959	14,1	10,9	15,2	13,5	9,0	7,1	6,0	6,0	5,1	4,7	6,9	7,9	8,9
1960	13,8	14,9	15,5	9,3	8,2	7,4	6,3	5,5	4,6	5,6	7,3	20,1	9,9
1961	23,1	18,3	23,9	14,9	13,2	9,8	7,9	6,6	5,5	4,9	6,2	9,7	12,0
1962	11,6	16,5	19,8	10,3	8,6	6,9	6,1	5,6	5,9	10,3	8,4	15,9	10,5
1963	17,2	17,2	12,1	8,8	7,1	6,1	5,2	4,6	3,6	5,6	5,7	5,1	8,2
1964	6,6	14,0	7,6	6,5	5,7	4,8	5,0	4,0	3,7	5,9	5,9	11,3	6,8
1965	17,5	16,2	12,8	8,8	9,1	7,0	6,8	5,4	5,0	8,3	8,1	13,4	9,9
1966	16,1	13,8	18,9	11,9	9,2	7,2	6,1	5,9	5,0	6,4	8,1	17,4	10,5
1967	23,0	22,5	19,7	12,8	9,7	9,8	7,3	5,9	5,8	7,1	8,8	11,2	12,0
1968	13,1	9,1	9,8	8,7	6,6	5,6	5,2	4,9	4,3	4,6	3,6	6,2	6,8
1969	6,6	6,6	6,4	6,6	4,6	4,7	3,6	3,8	3,1	6,0	9,7	8,3	5,8
1970	17,3	25,0	18,1	10,5	8,8	7,8	7,9	7,1	7,8	7,5	7,8	7,3	11,1
1971	6,3	6,0	7,6	6,6	5,5	7,6	5,5	4,5	4,4	9,9	9,1	14,5	7,3
1972	14,8	16,5	14,3	11,7	8,5	6,8	6,8	6,5	5,6	9,6	9,4	9,9	10,0
1973	13,4	14,7	11,5	12,6	10,1	7,8	7,5	5,7	5,7	7,0	9,3	13,2	9,9
1974	17,3	11,6	13,6	10,8	8,1	9,2	6,7	5,2	4,7	5,2	5,1	11,5	9,1
1975	9,4	12,3	12,3	8,2	7,8	7,1	5,4	4,7	3,5	4,3	6,8	12,6	7,9
1976	11,9	19,7	18,2	15,4	13,6	12,3	12,1	8,8	13,1	9,2	9,6	12,3	13,0
1977	13,3	9,2	11,0	14,5	8,9	8,1	6,6	5,4	5,9	5,4	12,9	7,4	9,1
1978	14,6	12,4	12,4	8,4	7,4	8,0	6,8	5,2	4,5	4,3	9,1	9,3	8,5
1979	8,7	9,1	8,2	7,5	8,1	5,8	5,7	6,0	6,8	7,0	8,7	10,4	7,7
1980	13,4	13,2	11,7	13,2	9,2	9,4	7,3	6,1	4,4	4,6	8,7	10,4	9,3
1981	18,5	9,0	9,2	7,4	6,1	4,7	4,5	3,5	3,0	6,3	10,0	10,2	7,7
1982	16,2	16,9	30,7	14,4	9,6	10,8	8,1	6,8	5,2	8,7	8,5	16,9	12,7
1983	18,6	26,9	20,0	20,0	18,2	28,2	15,8	11,8	19,7	15,3	12,6	16,7	18,6
1984	15,0	12,0	12,4	13,7	12,0	7,8	6,5	6,9	6,5	5,3	4,9	11,0	9,5
1985	19,7	15,1	15,5	10,7	8,8	7,0	5,6	4,9	5,7	4,2	5,3	4,6	8,9
1986	6,9	8,0	9,6	6,2	5,8	4,6	4,2	5,2	3,8	3,8	5,2	15,3	6,6
1987	11,9	12,7	15,0	12,4	15,0	12,3	8,4	6,9	6,9	6,6	7,4	7,0	10,2
1988	12,4	15,0	16,0	13,3	13,8	11,7	8,6	7,1	6,2	8,1	7,5	7,3	10,6
1989	13,6	18,0	15,6	10,9	9,9	9,4	9,5	8,6	8,5	6,7	6,6	10,2	10,6
1990	12,4	7,4	9,3	7,3	7,0	5,7	5,9	5,6	6,0	6,9	6,6	5,6	7,1
1991	8,7	9,4	10,8	12,1	9,2	7,7	6,5	5,5	5,4	7,2	4,8	5,2	7,7
1992	5,5	6,9	6,5	5,9	6,3	4,4	4,3	3,8	5,3	6,9	9,0	7,5	6,0
1993	7,2	9,4	8,9	8,3	6,9	6,4	5,2	4,9	6,1	5,5	4,2	4,5	6,5
1994	5,3	7,5	11,1	6,7	5,8	4,1	2,5	1,6	0,9	3,1	4,0	7,7	5,0
1995	8,6	26,8	16,6	10,7	7,7	6,5	7,3	5,0	4,2	10,0	6,8	8,0	9,8
1996	17,5	13,8	20,5	10,9	5,2	3,4	2,4	4,1	5,0	5,1	7,2	7,8	8,6
1997	11,5	10,7	7,6	5,3	4,2	7,3	4,5	3,3	3,1	4,3	5,9	8,2	6,3
1998	7,6	12,5	8,4	5,9	6,6	3,0	2,5	2,8	1,7	5,9	4,2	6,4	5,6
1999	22,2	14,5	13,4	9,7	6,1	6,4	5,5	3,2	4,7	3,1	1,9	3,4	7,8
2000	6,2	8,3	9,3	5,8	3,1	1,4	3,0	3,5	4,0	2,2	5,7	8,3	5,1
2001	6,5	6,3	2,9	3,6	2,1	1,9	1,7	2,5	2,4	4,9	3,0	7,5	3,8
2002	10,8	10,8	6,8	2,8	2,4	1,4	1,1	1,5	1,4	1,9	3,2	3,1	3,9
2003	11,9	6,7	4,1	1,3	1,4	1,3	2,2	2,2	1,7	3,7	2,0	5,2	3,6
Média	12,9	13,7	13,1	9,9	8,1	7,3	6,1	5,3	5,4	6,2	6,9	10,0	8,7
Máximo	28,7	33,9	30,7	20,0	18,2	28,2	15,8	11,8	19,7	15,3	12,9	20,3	18,6
Mínimo	5,3	6,0	2,9	1,3	1,4	1,3	1,1	1,5	0,9	1,9	1,9	3,1	3,6

Vazões Médias Mensais do Rio Atibainha no Aproveitamento Atibainha (m ³ /s)													
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Média
1930	12,4	14,0	8,8	6,8	5,6	5,2	4,9	4,3	4,7	6,7	6,4	14,4	7,8
1931	14,6	27,5	17,9	13,3	10,0	8,5	7,0	5,8	7,2	7,1	7,4	14,7	11,7
1932	14,8	11,8	12,5	8,7	9,0	8,7	6,4	5,6	4,7	5,6	5,4	12,2	8,8
1933	9,4	8,2	7,0	5,2	5,3	4,6	4,3	3,9	4,3	4,0	3,8	5,6	5,5
1934	9,8	8,8	7,1	5,5	4,2	3,9	3,4	3,1	3,4	3,5	3,1	12,8	5,7
1935	6,9	11,7	9,7	7,2	5,2	5,0	4,2	3,9	5,3	9,5	5,0	5,8	6,6
1936	6,6	6,8	12,7	7,3	5,4	4,4	4,0	4,6	4,8	3,9	4,3	13,1	6,5
1937	19,5	10,9	8,4	8,8	6,8	6,1	4,8	4,1	3,3	6,1	7,6	13,8	8,4
1938	9,3	7,0	9,3	7,2	6,5	5,4	4,7	4,6	4,7	7,3	6,8	7,2	6,7
1939	10,7	9,7	9,2	9,1	6,8	5,6	4,7	3,9	3,6	3,5	4,9	6,2	6,5
1940	8,4	15,1	9,8	7,1	5,4	4,4	3,7	3,0	3,0	3,6	4,8	6,0	6,2
1941	5,9	4,8	5,1	3,9	2,8	2,7	2,8	2,0	5,6	5,3	6,1	6,3	4,4
1942	6,8	10,0	9,6	7,9	5,8	5,2	5,3	3,8	3,5	3,3	4,0	5,8	5,9
1943	6,7	7,8	8,1	5,3	4,2	3,8	3,1	3,2	2,8	4,3	3,8	5,5	4,9
1944	5,4	7,1	9,3	5,8	4,5	3,8	3,3	2,6	2,3	2,1	4,3	3,9	4,5
1945	5,6	11,3	6,1	5,2	4,2	7,2	5,0	3,5	3,3	3,2	5,2	6,2	5,5
1946	10,5	8,7	8,9	7,8	5,5	5,5	4,7	3,5	3,0	4,1	4,3	5,3	6,0
1947	12,2	11,1	14,8	8,1	6,4	6,1	5,7	5,0	5,9	5,9	5,9	12,5	8,3
1948	11,0	11,0	13,8	9,3	7,2	5,8	5,0	4,5	3,9	3,9	4,5	5,6	7,1
1949	7,8	10,0	7,2	6,6	4,8	4,3	3,7	3,0	2,7	3,0	3,5	8,1	5,4
1950	11,5	14,9	12,1	9,4	6,7	5,8	4,8	3,9	3,3	4,3	5,6	6,9	7,4
1951	8,0	10,6	9,8	7,8	5,4	4,6	4,3	3,8	3,0	3,5	4,3	4,9	5,8
1952	8,2	14,1	10,8	6,5	5,0	5,6	4,0	3,5	4,3	3,9	5,4	4,2	6,3
1953	3,9	5,7	4,4	4,4	3,6	3,1	2,8	2,7	2,6	2,9	4,8	5,1	3,8
1954	5,9	8,6	5,5	4,1	4,9	3,8	3,1	2,6	2,4	3,3	2,2	4,0	4,2
1955	5,7	3,5	4,5	3,7	2,9	2,7	2,3	2,8	2,3	2,5	3,8	4,2	3,4
1956	5,6	5,0	5,8	3,9	4,7	5,1	3,5	4,5	3,8	3,8	2,8	3,7	4,4
1957	9,4	10,5	11,4	8,0	5,6	4,9	4,6	4,5	7,1	5,1	6,5	6,9	7,0
1958	7,8	8,4	10,8	8,0	9,0	7,9	5,9	4,8	5,0	5,0	6,4	8,3	7,3
1959	11,1	9,4	10,2	8,4	6,1	5,0	4,2	4,5	3,8	3,8	4,7	5,7	6,4
1960	7,4	10,4	11,0	7,7	6,3	5,7	4,8	4,4	3,7	4,6	6,1	11,0	6,9
1961	11,5	10,8	13,4	9,7	8,4	6,4	5,3	4,6	4,0	4,1	5,0	6,6	7,5
1962	7,8	11,7	11,8	6,4	5,6	4,6	4,3	4,2	4,1	6,8	6,1	9,3	6,9
1963	10,8	13,0	8,3	5,5	4,7	4,2	3,8	3,5	2,9	3,8	3,5	4,3	5,7
1964	4,0	7,8	4,0	3,5	3,3	2,8	3,1	2,7	2,4	4,0	3,7	7,4	4,1
1965	11,5	10,4	8,5	5,0	6,3	4,5	4,5	3,4	3,5	5,2	4,9	7,5	6,3
1966	9,8	9,1	11,8	7,4	5,7	4,6	4,0	4,2	3,8	5,2	5,7	8,2	6,6
1967	12,0	12,5	14,1	9,6	6,9	7,0	5,5	4,3	4,6	5,4	7,3	7,8	8,1
1968	10,4	6,5	6,5	5,9	4,4	3,9	3,7	3,5	3,2	3,6	3,4	5,5	5,0
1969	4,4	4,2	4,7	5,7	3,1	3,0	2,4	2,6	2,2	4,1	7,5	5,0	4,1
1970	12,2	16,1	12,7	7,5	6,7	5,6	5,2	4,4	5,6	4,9	5,5	5,6	7,7
1971	5,2	4,7	5,6	4,6	4,0	5,6	4,1	1,2	3,5	6,7	4,9	7,2	4,8
1972	9,1	10,6	8,9	6,9	4,9	4,1	4,4	4,5	1,5	6,5	5,1	4,3	5,9
1973	6,6	8,0	6,5	6,8	5,2	4,0	4,3	3,5	3,6	4,8	6,7	8,0	5,7
1974	9,9	6,4	8,0	5,9	4,2	5,3	3,9	3,1	3,0	3,4	3,7	3,6	5,0
1975	3,2	9,2	4,3	0,9	0,5	1,3	2,6	1,5	2,4	3,5	4,8	9,3	3,6
1976	4,8	9,6	8,3	7,2	7,7	6,7	10,2	8,2	9,7	8,2	9,9	12,1	8,6
1977	12,5	7,5	9,2	8,7	5,3	5,3	4,6	4,2	5,3	4,2	6,0	9,9	6,9
1978	7,9	6,7	6,9	4,4	5,1	6,1	5,0	3,7	4,4	4,1	8,9	6,5	5,8
1979	6,2	4,6	6,4	6,7	4,8	3,9	4,2	4,8	5,5	4,7	3,6	5,8	5,1
1980	8,3	8,3	5,7	7,6	4,0	4,3	3,7	3,2	3,1	3,6	4,9	9,1	5,5
1981	11,1	4,8	4,6	3,8	3,2	3,4	2,3	2,3	1,6	7,0	6,6	5,6	4,7
1982	9,0	7,9	10,0	6,0	3,8	6,1	4,3	4,6	2,6	6,2	6,3	14,0	6,7
1983	13,2	12,7	12,3	12,2	12,0	19,5	9,5	6,2	12,5	8,1	7,0	10,5	11,3
1984	9,5	5,7	5,6	7,2	8,2	3,9	3,8	5,3	4,6	3,2	3,0	5,6	5,5
1985	9,6	8,9	6,7	4,5	5,1	3,5	2,8	2,2	3,3	2,3	7,2	4,6	5,1
1986	5,3	7,2	8,2	4,3	7,0	4,2	3,5	3,7	2,6	3,2	4,9	10,4	5,4
1987	11,3	7,8	9,1	3,0	10,3	7,7	5,5	3,8	4,5	3,8	4,9	7,2	6,6
1988	8,7	12,9	12,3	10,9	8,8	7,7	5,6	4,4	3,4	6,1	5,1	7,1	7,7
1989	12,0	10,8	8,9	6,0	5,9	5,8	6,2	6,7	5,6	4,3	5,2	5,4	6,9
1990	9,2	5,8	8,3	5,2	5,6	3,5	5,2	3,5	4,5	6,0	5,1	3,6	5,4
1991	10,2	7,8	14,8	11,2	7,1	5,6	4,0	3,9	4,0	7,1	2,9	4,9	7,0
1992	5,0	7,6	6,4	6,1	5,5	3,3	3,4	3,2	5,1	6,3	7,0	6,1	5,4
1993	6,8	9,5	7,2	5,7	3,7	5,7	3,1	2,9	7,0	6,9	5,0	3,0	5,5
1994	8,1	7,6	7,3	5,0	3,4	2,0	2,7	2,0	1,8	3,5	5,5	7,5	4,7
1995	8,1	18,7	12,7	7,2	5,9	4,2	4,9	4,3	4,9	7,8	7,2	7,4	7,8
1996	12,6	12,5	14,8	12,6	10,1	8,6	8,0	5,5	10,3	5,9	7,5	10,0	9,9
1997	12,7	7,2	6,7	4,1	4,6	6,1	3,4	3,2	4,7	5,1	7,7	6,7	6,0
1998	7,2	11,5	7,6	6,9	5,5	5,6	5,7	2,2	3,2	5,9	3,0	5,1	5,8
1999	13,6	11,1	7,1	4,2	3,2	3,6	2,0	2,4	2,7	2,0	1,6	4,0	4,8
2000	6,9	7,7	5,0	2,6	2,6	1,6	2,4	2,9	5,0	2,4	4,3	7,1	4,2
2001	5,2	4,9	5,0	5,0	3,8	2,4	2,4	2,4	2,9	6,7	5,4	8,0	4,5
2002	9,7	8,2	6,4	3,3	2,7	2,3	1,5	1,8	3,4	2,4	3,9	4,6	4,2
2003	9,2	5,0	3,8	3,0	3,4	3,1	2,2	2,1	1,6	4,3	4,3	3,9	3,8
Média	8,9	9,4	8,8	6,5	5,5	5,0	4,3	3,7	4,1	4,8	5,2	7,2	6,1
Máximo	19,5	27,5	17,9	13,3	12,0	19,5	10,2	8,2	12,5	9,5	9,9	14,7	11,7
Mínimo	3,2	3,5	3,8	0,9	0,5	1,3	1,5	1,2	1,5	2,0	1,6	3,0	3,4

**ANEXO B-II – SÉRIE DE VAZÕES NATURAIS MÉDIAS MENSAIS NOS POSTOS
FLUVIOMÉTRICOS DA BACIA DO RIO PIRACICABA**

Vazões Médias Mensais do Rio Juqueri no Aproveitamento Paiva Castro (m ³ /s)													
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Média
1930	6,7	8,5	5,6	4,4	4,0	3,7	3,4	3,2	3,3	4,2	5,5	12,2	5,4
1931	8,1	19,9	13,9	7,6	4,8	4,5	3,3	4,2	5,6	4,8	4,7	11,3	7,7
1932	10,2	6,8	9,5	5,6	5,6	5,2	4,5	4,1	3,3	4,5	3,9	9,5	6,1
1933	8,2	6,5	5,1	4,5	4,1	3,9	3,5	3,2	3,3	3,4	2,8	3,3	4,3
1934	5,9	5,5	3,8	3,6	2,7	2,6	2,2	2,2	2,4	2,5	2,3	8,7	3,7
1935	4,6	6,5	4,9	4,3	3,6	3,7	2,9	2,8	4,1	6,2	3,7	3,7	4,2
1936	4,9	4,4	8,9	4,3	3,6	2,9	2,4	3,6	3,8	3,0	3,2	6,5	4,3
1937	11,5	5,1	4,2	5,2	4,4	3,9	3,2	3,2	2,2	4,0	6,3	7,1	5,0
1938	6,9	4,7	4,0	3,7	3,1	2,9	3,3	3,2	4,9	4,7	6,7	6,7	4,6
1939	7,5	7,8	4,5	3,6	3,8	3,4	2,4	1,9	2,1	2,1	4,1	3,7	3,9
1940	6,6	19,6	7,3	4,3	3,6	3,0	2,4	2,2	2,2	3,1	3,6	4,0	5,2
1941	6,6	4,3	5,3	4,1	3,2	2,3	1,9	1,7	3,9	3,8	3,3	4,0	3,7
1942	5,0	5,5	5,3	4,3	3,3	3,2	4,0	2,4	2,4	2,1	2,9	4,3	3,7
1943	5,1	5,1	5,5	3,4	2,3	2,2	2,0	2,0	2,0	3,3	3,2	3,1	3,3
1944	3,7	5,6	7,7	3,4	2,4	2,2	2,2	1,9	1,7	1,7	2,2	2,1	3,1
1945	2,3	9,2	3,3	2,3	2,0	3,9	3,1	2,2	2,1	1,9	2,3	3,4	3,2
1946	8,4	8,7	7,7	4,3	3,2	3,3	3,2	2,4	2,0	2,4	3,0	2,1	4,2
1947	7,7	8,4	11,9	4,5	3,9	3,2	3,2	3,2	3,5	3,7	3,7	10,3	5,6
1948	8,5	8,8	12,0	9,4	7,0	4,9	4,2	3,9	3,1	3,4	3,4	3,6	6,0
1949	6,5	8,3	6,3	5,2	3,6	3,2	2,4	2,1	1,8	1,7	1,8	4,3	3,9
1950	8,7	14,6	10,2	8,0	5,0	4,2	3,6	2,8	2,2	4,5	4,1	4,2	6,0
1951	9,5	7,7	6,8	4,5	3,4	3,1	3,1	2,8	1,9	3,0	3,1	3,6	4,4
1952	4,4	8,8	7,6	4,1	2,4	3,3	2,2	2,1	2,1	2,3	3,3	2,2	3,7
1953	2,4	5,4	3,1	4,2	2,3	2,2	2,0	2,1	2,1	2,1	2,3	3,6	2,8
1954	5,1	7,1	4,8	3,0	3,0	2,4	1,8	1,6	1,4	2,4	1,5	3,1	3,1
1955	7,8	3,0	2,4	2,0	1,8	1,8	1,3	1,5	1,4	1,3	2,2	3,3	2,5
1956	2,3	2,2	3,5	2,2	3,6	5,1	3,0	3,8	2,3	2,1	1,7	1,7	2,8
1957	9,1	8,5	8,5	5,4	3,8	3,3	3,3	3,0	5,4	3,6	3,9	4,0	5,2
1958	5,3	8,7	8,8	4,5	5,2	5,2	4,2	3,1	3,3	3,3	4,2	6,3	5,2
1959	8,4	6,8	7,7	7,2	3,9	3,2	2,9	3,3	2,2	2,3	3,3	5,6	4,7
1960	9,3	7,3	6,9	3,7	3,8	3,3	2,8	2,2	2,0	2,3	3,7	13,2	5,0
1961	11,7	9,5	12,1	7,8	6,9	4,7	3,9	3,3	2,8	2,3	3,2	4,7	6,1
1962	5,5	8,6	10,2	4,9	4,1	3,5	3,1	2,9	3,0	5,0	4,1	8,2	5,3
1963	9,2	8,9	6,4	4,2	3,6	3,1	2,4	2,2	1,8	2,9	2,9	2,3	4,2
1964	3,1	7,4	3,8	3,3	3,0	2,3	2,3	1,9	1,8	3,0	3,0	5,4	3,4
1965	9,0	8,2	6,8	4,3	4,4	3,5	3,4	2,8	2,3	4,0	4,0	7,1	5,0
1966	8,1	6,7	9,7	6,4	4,4	3,6	3,1	3,0	2,3	3,2	4,0	9,1	5,3
1967	11,4	11,3	10,0	6,7	4,6	4,7	3,6	3,1	3,0	3,5	4,2	5,3	6,0
1968	6,8	4,4	4,7	4,2	3,4	2,9	2,4	2,3	2,0	2,6	2,1	3,4	3,4
1969	2,6	2,1	2,2	3,1	1,5	1,8	1,3	1,1	1,1	2,6	6,3	2,5	2,4
1970	10,1	13,5	8,4	4,9	4,3	3,7	3,2	2,9	4,0	3,3	2,4	3,2	5,3
1971	3,3	2,8	5,3	3,7	3,0	3,8	2,6	1,4	0,7	2,3	2,1	3,2	2,9
1972	7,5	7,1	4,1	3,3	2,5	3,8	1,2	2,5	2,2	3,4	4,0	3,0	3,7
1973	2,8	4,6	3,8	1,5	2,3	4,2	4,2	3,2	2,8	1,4	0,8	3,1	2,9
1974	5,7	3,2	3,6	4,2	3,4	3,2	2,7	2,4	2,4	2,8	3,4	4,8	3,5
1975	3,4	8,3	4,0	2,6	1,7	1,5	2,1	1,2	0,6	2,1	2,5	7,1	3,1
1976	5,4	11,3	4,7	5,5	5,7	5,4	7,8	6,4	6,4	5,4	8,0	8,1	6,7
1977	11,9	10,1	4,7	5,7	3,0	3,5	1,3	0,9	2,5	1,9	3,2	6,9	4,6
1978	2,3	2,3	3,6	1,0	1,7	2,6	2,3	0,9	0,9	0,7	6,6	3,0	2,3
1979	3,8	4,6	2,1	1,7	2,2	1,3	1,3	1,9	2,3	1,9	3,6	2,6	2,4
1980	5,3	4,8	3,4	2,8	1,1	0,8	0,5	1,4	2,2	2,9	4,5	9,9	3,3
1981	8,3	5,4	4,5	3,7	3,5	3,8	3,2	2,7	2,3	5,0	6,6	5,9	4,6
1982	7,1	8,4	5,9	5,2	4,3	6,6	4,4	4,0	4,4	6,4	6,2	12,0	6,2
1983	14,6	5,8	13,3	12,4	11,8	15,8	11,5	10,0	12,6	12,4	9,6	11,2	11,8
1984	11,7	7,7	5,6	7,7	8,1	5,8	5,2	5,5	6,9	5,9	4,9	5,7	6,7
1985	6,4	8,9	10,5	6,0	5,7	3,3	4,1	3,9	3,3	2,0	3,1	1,9	4,9
1986	3,3	5,5	5,3	3,2	3,2	1,7	1,7	2,9	2,1	1,5	2,3	8,8	3,5
1987	16,3	11,6	10,3	6,3	9,1	10,3	6,6	5,7	5,9	6,2	3,9	4,5	8,1
1988	7,0	6,8	9,9	8,6	9,3	7,9	5,2	4,6	3,8	5,5	4,9	8,0	6,8
1989	13,4	12,5	9,6	6,6	5,5	5,6	6,7	4,5	4,1	2,8	3,1	3,7	6,5
1990	6,6	4,0	6,8	4,5	4,2	3,2	3,8	3,9	3,8	2,9	2,7	3,3	4,2
1991	7,5	8,9	12,0	8,0	6,0	5,2	4,6	3,7	3,5	7,5	3,5	4,9	6,3
1992	3,2	3,6	5,2	3,1	2,4	2,4	1,2	1,2	2,7	3,1	5,9	6,8	3,4
1993	6,1	8,9	5,0	4,7	4,7	4,8	2,5	2,4	4,7	2,2	3,0	4,6	4,5
1994	6,4	8,3	7,1	6,1	5,3	5,2	4,6	4,0	2,5	3,1	2,5	5,6	5,0
1995	3,4	12,7	7,0	6,1	3,6	3,6	3,8	2,5	0,6	1,5	2,1	4,2	4,3
1996	7,4	4,8	14,1	2,8	3,3	3,4	1,9	1,8	5,5	5,1	2,7	5,7	4,9
1997	10,0	9,1	5,5	4,9	4,2	5,4	3,7	2,6	3,0	3,7	3,7	5,1	5,1
1998	4,1	8,3	5,9	1,9	3,3	2,3	1,5	3,8	3,4	6,2	4,9	4,9	4,2
1999	10,7	11,2	8,9	4,6	5,6	5,6	4,5	3,8	4,2	3,5	2,6	2,7	5,7
2000	8,1	7,2	6,1	4,3	2,0	3,0	3,2	2,9	3,7	2,5	5,2	6,6	4,6
2001	5,3	9,0	5,1	3,4	2,7	2,0	1,8	1,1	2,0	3,7	2,9	6,2	3,8
2002	9,6	8,4	7,2	5,3	5,3	3,4	3,5	2,6	2,5	2,3	3,0	3,4	4,7
2003	6,2	4,6	4,6	2,7	2,0	1,8	2,2	1,3	2,2	1,7	3,4	3,9	3,1
Média	7,0	7,6	6,7	4,7	4,0	3,8	3,2	2,9	3,0	3,4	3,7	5,4	4,6
Máximo	16,3	19,9	14,1	12,4	11,8	15,8	11,5	10,0	12,6	12,4	9,6	13,2	11,8
Mínimo	2,3	2,1	2,1	1,0	1,1	0,8	0,5	0,9	0,6	0,7	0,8	1,7	2,3

Vazões Médias Mensais do Rio Atibaia no Posto Atibaia (m ³ /s)													
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Média
1930	39,3	44,5	27,9	21,6	17,5	16,3	15,2	13,3	14,5	21,1	20,3	46,0	24,8
1931	46,5	87,8	57,2	42,3	31,8	26,7	22,0	18,3	22,8	22,5	23,3	46,7	37,3
1932	47,2	37,5	39,9	27,4	28,6	27,5	20,1	17,4	14,6	17,5	16,9	38,8	27,8
1933	29,7	25,8	22,3	16,2	16,8	14,4	13,3	12,1	13,3	12,5	11,8	17,6	17,2
1934	31,2	27,9	22,4	17,3	13,1	12,1	10,5	9,7	10,5	10,9	9,5	40,7	18,0
1935	22,0	37,1	30,7	22,8	16,2	15,8	13,2	12,3	16,5	30,1	15,7	18,3	20,9
1936	24,4	26,9	45,2	26,7	19,0	15,2	13,9	16,9	18,2	13,5	17,3	52,9	24,2
1937	53,2	39,1	29,6	32,6	25,1	22,2	17,2	15,8	12,8	21,3	30,4	37,5	28,1
1938	32,7	29,7	29,2	25,4	22,1	18,3	15,3	16,2	16,4	28,0	24,8	26,4	23,7
1939	37,7	35,3	28,4	28,4	23,5	18,9	15,5	13,0	13,6	13,4	18,0	19,6	22,1
1940	33,4	58,0	37,8	25,8	19,8	16,4	13,4	11,3	10,7	13,2	19,9	21,8	23,5
1941	22,6	15,4	20,2	14,6	10,8	10,4	9,8	7,5	21,2	22,1	23,0	25,3	16,9
1942	28,3	33,3	37,1	31,5	21,5	18,8	19,6	14,7	13,2	11,9	13,2	20,3	22,0
1943	24,3	27,3	31,9	19,7	13,5	12,7	10,4	10,5	10,2	16,0	14,7	17,1	17,4
1944	19,6	23,7	37,9	20,4	14,7	12,2	11,4	9,2	8,2	7,9	14,7	13,1	16,1
1945	16,9	38,1	19,0	17,7	13,0	24,5	19,7	12,0	11,1	10,3	19,8	25,0	18,9
1946	49,2	39,3	34,2	26,1	18,1	17,7	16,5	12,3	10,2	14,2	14,7	16,7	22,4
1947	40,3	41,7	48,0	29,6	22,0	19,8	19,2	16,6	20,5	22,6	20,0	42,9	28,6
1948	41,9	40,7	51,2	35,8	27,2	21,9	18,4	17,1	14,0	15,3	17,6	21,8	26,9
1949	27,9	37,2	27,7	24,8	17,3	15,4	13,0	11,1	10,1	11,0	14,2	31,8	20,1
1950	37,4	55,0	44,5	36,4	25,3	21,8	18,4	14,5	12,6	17,6	18,7	27,2	27,5
1951	34,1	42,5	35,8	28,3	19,0	16,0	15,3	13,8	11,1	13,8	17,0	21,2	22,3
1952	33,3	46,9	44,7	26,9	18,9	22,3	15,1	12,6	13,6	12,6	19,9	11,4	23,2
1953	14,7	20,9	16,2	17,8	13,0	10,9	9,4	9,0	8,8	9,8	16,4	20,9	14,0
1954	26,2	35,8	22,1	14,1	17,4	12,9	10,3	8,9	8,1	11,5	8,2	15,0	15,9
1955	22,6	13,6	21,2	15,0	11,6	10,3	8,9	9,9	8,2	9,1	14,9	15,1	13,4
1956	20,6	17,9	22,7	14,1	16,6	17,8	12,5	15,9	13,0	12,2	9,8	12,5	15,5
1957	36,6	40,6	41,4	30,7	20,1	17,1	15,8	14,9	25,0	15,6	22,2	24,4	25,4
1958	32,0	38,2	42,1	31,4	34,1	31,6	22,5	16,7	17,5	18,5	21,5	29,1	27,9
1959	39,3	30,1	34,4	33,5	20,9	16,2	13,0	13,8	10,5	11,3	15,4	25,4	22,0
1960	33,5	36,5	42,3	25,4	21,3	19,2	15,3	12,5	9,4	13,1	18,4	46,4	24,4
1961	49,1	40,9	49,0	35,7	30,3	21,4	16,7	13,2	10,4	10,4	14,3	21,1	26,0
1962	24,9	40,5	42,6	22,7	19,2	15,4	13,0	12,6	12,2	23,4	20,4	34,1	23,4
1963	43,5	40,8	28,0	18,9	15,3	13,5	11,8	11,1	8,2	12,2	12,7	12,4	19,0
1964	13,2	33,2	16,9	13,3	12,7	10,2	10,8	8,9	8,8	14,2	14,1	26,2	15,2
1965	42,3	42,2	32,7	19,5	22,7	16,1	16,1	12,5	10,4	18,8	18,5	28,1	23,3
1966	35,8	31,7	41,3	25,5	20,2	15,7	12,9	13,1	11,0	14,9	19,6	35,9	23,1
1967	48,9	44,7	45,9	29,1	21,7	22,8	17,6	13,7	13,6	16,1	25,4	27,5	27,3
1968	34,6	21,9	24,0	21,3	16,4	13,7	12,1	12,0	10,4	12,0	9,0	16,1	17,0
1969	15,9	15,2	15,1	18,2	10,6	11,8	8,9	9,5	6,5	15,1	25,8	18,6	14,3
1970	37,8	48,3	38,5	21,1	17,5	16,1	14,8	13,7	17,8	14,1	14,6	14,5	22,4
1971	15,0	12,3	17,1	14,4	11,5	17,0	11,7	7,4	8,9	22,5	17,7	26,6	15,2
1972	34,0	36,8	30,0	21,7	15,1	12,4	13,5	13,6	9,2	19,9	19,4	16,2	20,1
1973	27,0	28,8	22,5	24,1	17,8	13,7	14,6	11,4	11,3	14,6	21,8	28,4	19,7
1974	37,6	25,0	26,5	19,2	13,4	16,7	12,3	10,9	9,7	10,9	14,6	20,0	18,1
1975	17,0	34,2	19,6	10,3	8,9	14,6	13,5	9,0	8,7	13,9	19,8	45,0	17,9
1976	28,2	54,9	37,7	30,0	27,2	30,2	38,6	26,9	41,2	31,8	29,0	38,1	34,5
1977	38,8	28,7	31,8	36,3	21,5	21,5	17,2	15,0	19,1	15,7	27,7	32,5	25,5
1978	31,6	29,3	30,6	19,1	20,1	23,9	20,0	14,0	14,3	12,6	32,3	27,3	22,9
1979	20,1	17,8	18,6	17,4	16,9	12,3	12,4	13,8	16,0	16,5	16,6	21,4	16,6
1980	28,9	27,9	22,4	27,3	16,5	17,0	13,6	11,5	9,7	10,5	18,1	29,7	19,4
1981	49,1	20,1	18,3	14,3	11,8	12,6	10,5	9,1	7,3	21,4	28,0	23,4	18,8
1982	38,6	35,9	51,3	26,6	18,0	24,9	18,4	16,3	15,9	26,1	26,7	53,8	29,4
1983	54,5	63,1	55,8	52,8	46,8	80,7	41,8	25,6	48,6	36,1	22,4	42,6	47,6
1984	35,7	24,7	24,1	27,9	27,1	15,8	13,3	17,1	17,9	11,9	11,1	25,0	21,0
1985	38,4	32,9	33,1	21,0	19,7	14,2	11,0	9,3	12,3	8,5	16,0	12,4	19,1
1986	16,1	20,0	24,6	14,4	16,9	11,5	10,0	13,7	9,0	9,8	14,7	43,5	17,0
1987	39,5	34,9	39,3	23,4	38,5	30,2	20,0	15,7	17,2	15,6	17,5	20,6	26,0
1988	32,5	38,1	45,1	33,5	33,1	29,4	19,9	15,4	12,9	20,3	18,0	20,6	26,6
1989	48,1	45,9	34,4	24,6	21,1	21,9	22,8	22,2	19,1	13,7	16,6	21,8	26,0
1990	38,7	19,4	28,8	17,7	17,5	13,4	17,9	13,9	15,5	17,5	15,6	12,4	19,0
1991	31,4	32,3	40,3	40,4	24,1	20,2	16,3	14,1	13,7	22,4	10,0	15,3	23,4
1992	14,9	19,2	20,4	17,5	16,8	10,8	10,8	9,5	14,9	20,4	28,5	26,4	17,5
1993	22,4	32,5	25,9	21,4	16,5	18,7	12,3	11,6	20,4	19,9	13,6	14,4	19,1
1994	28,4	33,5	28,5	20,3	14,7	11,0	11,2	7,2	4,6	11,6	14,4	22,9	17,4
1995	27,0	73,5	45,6	31,8	21,5	17,1	19,2	13,8	12,1	24,7	19,4	21,8	27,3
1996	46,2	40,2	56,6	32,2	21,9	18,9	17,0	15,5	25,0	18,3	21,9	27,1	28,4
1997	39,5	33,9	22,6	15,8	15,0	22,5	13,2	10,5	12,5	14,7	22,5	25,4	20,7
1998	25,0	44,7	28,5	20,2	20,5	15,0	13,2	9,0	10,5	21,6	11,9	22,8	20,2
1999	58,8	45,9	33,2	21,4	16,1	17,2	12,7	9,7	12,0	8,7	8,5	13,3	21,5
2000	24,4	28,2	22,0	12,9	8,7	5,9	8,9	9,9	15,0	7,8	16,7	25,0	15,5
2001	21,9	25,3	16,9	14,0	10,3	8,3	7,2	7,3	7,8	17,9	15,2	32,8	15,4
2002	41,6	34,9	23,9	13,0	11,3	7,7	6,4	7,2	8,9	6,4	10,1	11,8	15,3
2003	37,9	22,5	15,4	9,0	8,2	7,1	7,0	5,9	4,9	10,5	11,3	18,8	13,2
Média	32,9	34,9	32,0	23,7	19,2	17,9	15,0	12,9	13,7	16,0	17,9	25,7	21,8
Máximo	58,8	87,8	57,2	52,8	46,8	80,7	41,8	26,9	48,6	36,1	32,3	53,8	47,6
Mínimo	13,2	12,3	15,1	9,0	8,2	5,9	6,4	5,9	4,6	6,4	8,2	11,4	13,2

Vazões Médias Mensais do Rio Atibaia no Posto Bairro da Ponte (m ³ /s)													
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Média
1930	55,8	63,4	39,0	29,7	23,7	22,0	20,4	17,6	19,3	29,0	27,8	65,6	34,4
1931	66,3	127,0	82,1	60,2	44,7	37,2	30,3	24,9	31,6	31,1	32,3	66,6	52,9
1932	67,4	53,2	56,7	38,3	40,1	38,5	27,5	23,6	19,5	23,8	22,9	55,0	38,9
1933	41,6	35,9	30,8	21,8	22,7	19,2	17,5	15,8	17,5	16,4	15,3	23,9	23,2
1934	43,9	39,0	31,0	23,5	17,3	15,8	13,5	12,3	13,5	14,0	11,9	57,8	24,5
1935	30,4	52,6	43,1	31,6	21,8	21,2	17,4	16,1	22,2	42,2	21,1	24,9	28,7
1936	33,9	37,6	64,4	37,2	25,9	20,3	18,5	22,9	24,7	17,9	23,4	75,7	33,5
1937	90,7	55,0	40,0	45,3	33,9	29,4	22,6	21,1	17,1	28,9	43,7	52,3	40,0
1938	42,1	37,6	37,4	32,3	29,7	24,0	20,0	21,5	22,1	38,8	33,8	35,1	31,2
1939	55,4	53,4	38,9	39,8	32,5	25,8	21,5	17,9	16,8	16,5	22,7	24,9	30,5
1940	52,0	108,0	53,7	35,9	28,2	23,1	19,3	16,4	15,3	18,4	27,9	28,1	35,5
1941	31,2	21,0	28,7	21,2	15,3	14,5	14,2	11,0	29,7	32,5	30,7	38,2	24,0
1942	40,7	47,4	49,3	41,0	29,0	25,6	27,8	20,3	18,3	15,9	18,0	27,2	30,0
1943	33,9	38,7	45,2	28,4	19,6	18,6	15,5	15,2	15,6	21,7	22,2	22,2	24,7
1944	26,6	28,0	50,0	26,3	19,2	16,2	15,4	12,5	11,2	11,1	19,0	15,6	20,9
1945	20,9	50,3	23,4	21,2	16,1	32,9	26,5	15,8	14,4	13,2	27,2	35,6	24,8
1946	78,3	53,9	43,8	34,1	24,0	23,8	23,3	17,1	14,6	19,8	19,5	22,1	31,2
1947	53,6	56,7	67,5	37,5	28,7	25,6	25,6	22,7	27,9	29,4	26,2	68,0	39,1
1948	56,7	55,9	77,9	47,6	35,5	29,1	25,0	23,7	19,4	19,9	23,1	26,2	36,7
1949	33,8	51,9	37,4	34,4	23,9	21,2	18,2	14,8	13,6	14,4	18,0	40,5	26,8
1950	47,2	90,0	59,4	49,0	31,4	29,4	25,1	19,5	16,7	25,5	24,8	37,6	38,0
1951	52,8	58,4	50,2	38,1	27,1	22,8	22,1	20,1	16,4	19,9	25,8	32,3	32,2
1952	43,0	65,9	62,8	37,3	26,7	31,0	22,2	18,6	19,9	18,9	27,0	15,6	32,4
1953	21,0	29,3	23,6	26,1	14,3	16,0	13,4	12,3	12,9	12,4	20,3	25,6	18,9
1954	37,9	48,6	30,2	21,3	24,6	19,2	15,3	11,6	9,9	15,2	10,6	22,8	22,3
1955	33,0	20,0	28,1	19,4	15,1	13,5	11,2	13,0	11,4	11,0	21,4	20,8	18,2
1956	24,7	23,4	29,2	19,6	23,5	26,2	17,8	23,2	18,2	17,2	12,9	17,7	21,1
1957	63,4	64,3	62,3	43,5	29,1	24,3	22,6	21,5	35,4	22,5	31,5	33,7	37,8
1958	43,9	60,8	58,3	43,2	45,5	47,1	33,4	24,2	25,0	26,0	30,9	39,0	39,8
1959	54,8	44,8	45,9	45,7	28,3	22,6	18,9	20,0	14,9	16,5	22,6	36,7	31,0
1960	51,8	50,2	57,5	35,1	30,2	28,0	22,4	19,0	15,2	19,3	29,1	72,5	35,9
1961	68,4	52,7	64,0	46,4	39,0	29,3	23,2	18,7	16,0	15,5	20,6	26,6	35,0
1962	31,8	55,5	63,0	31,1	24,9	20,7	19,2	18,3	16,9	31,5	28,0	51,6	32,7
1963	67,0	56,4	37,9	25,4	20,4	18,1	15,8	13,4	9,9	16,2	17,8	16,1	26,2
1964	16,2	48,0	22,4	16,4	15,7	12,1	13,3	10,9	10,8	17,4	16,6	34,3	19,5
1965	61,9	69,1	47,5	26,6	30,5	20,5	21,2	16,5	14,3	25,5	26,0	42,4	33,5
1966	46,9	43,7	56,4	31,6	24,2	19,3	17,1	16,8	16,2	19,8	25,0	50,4	30,6
1967	69,0	56,0	56,8	33,9	24,0	26,2	19,0	16,2	18,0	20,2	33,1	32,9	33,8
1968	52,0	29,0	34,7	28,6	20,6	17,8	16,4	16,1	15,0	17,8	13,4	20,4	23,5
1969	19,3	17,1	17,9	21,8	12,5	14,7	10,2	12,2	9,7	17,0	31,8	22,5	17,2
1970	72,1	100,0	58,0	31,2	27,3	23,6	21,6	18,6	27,2	21,9	21,3	23,1	37,2
1971	23,2	17,9	24,7	22,1	17,3	24,8	16,6	13,3	12,5	28,4	23,5	33,7	21,5
1972	52,3	51,8	40,7	30,6	21,4	17,9	20,2	20,4	17,2	34,8	28,3	24,5	30,0
1973	38,9	39,5	28,2	32,9	24,0	19,3	19,9	15,7	14,9	19,7	31,8	40,7	27,1
1974	58,7	35,8	36,6	28,0	19,3	25,0	18,1	13,6	12,8	15,3	22,2	33,2	26,5
1975	27,4	37,4	25,9	12,9	10,3	14,9	15,2	10,8	9,3	16,4	23,1	53,0	21,4
1976	33,3	66,2	49,1	42,5	39,6	46,4	55,8	41,0	55,5	43,1	43,0	53,1	47,4
1977	58,1	46,0	39,4	47,2	26,4	27,8	21,0	16,6	22,9	17,1	32,3	45,4	33,3
1978	37,7	31,2	34,7	20,2	21,3	25,8	21,1	15,1	15,5	13,8	42,1	32,1	25,9
1979	29,2	25,1	25,5	23,2	23,8	17,0	16,7	19,1	22,4	25,1	24,1	30,7	23,5
1980	41,5	39,2	31,2	38,9	22,2	22,9	18,3	15,4	13,6	14,6	26,0	47,7	27,6
1981	62,9	26,2	22,9	18,1	15,9	16,5	12,9	10,8	7,7	25,2	41,5	33,7	24,5
1982	58,0	50,4	66,0	35,7	24,0	34,8	25,0	21,9	18,5	34,6	33,5	76,7	39,9
1983	80,3	100,7	84,9	77,7	75,2	135,5	64,3	42,0	75,5	56,7	49,2	66,7	75,7
1984	55,6	37,1	35,1	40,2	39,3	23,2	18,6	25,8	29,8	17,8	16,5	40,1	31,6
1985	54,6	48,7	52,5	31,4	29,9	20,6	15,6	13,2	18,1	11,9	22,3	18,0	28,1
1986	22,9	28,5	36,6	21,2	24,1	16,2	14,1	22,2	13,6	14,8	22,9	74,9	26,0
1987	68,5	60,4	66,0	37,6	61,8	48,2	30,6	24,5	27,5	24,7	26,9	31,9	42,4
1988	52,5	56,1	74,6	50,0	51,7	47,3	29,8	22,4	18,6	31,1	27,5	31,6	41,1
1989	71,0	63,6	51,7	38,1	29,5	28,4	32,0	33,0	26,9	18,1	24,7	29,4	37,2
1990	61,2	26,9	49,5	27,4	27,7	20,6	28,3	20,9	24,4	28,5	22,0	18,1	29,6
1991	53,2	56,5	72,7	70,7	37,8	31,0	27,1	21,2	19,7	36,7	14,0	24,5	38,7
1992	22,8	27,6	33,8	27,4	25,7	16,3	16,2	14,0	23,0	33,1	50,6	48,9	28,3
1993	37,3	56,6	43,2	34,4	27,0	30,4	19,4	18,4	33,4	33,2	21,3	26,5	31,8
1994	52,2	53,6	45,0	34,0	24,7	20,1	19,9	13,4	8,1	18,0	23,0	40,3	29,3
1995	41,9	114,1	70,0	55,0	33,3	27,8	29,6	21,3	18,3	35,4	27,7	32,6	42,2
1996	68,7	55,5	92,4	45,0	31,8	25,3	22,6	19,3	35,6	29,6	31,6	39,0	41,4
1997	62,7	57,6	32,6	23,7	22,5	37,7	20,5	17,1	21,8	25,2	35,0	41,4	33,2
1998	39,4	66,8	47,6	33,5	35,2	25,0	19,2	13,4	16,3	34,1	18,2	37,3	32,2
1999	104,9	83,3	57,7	36,4	27,8	29,3	21,4	16,2	19,7	13,7	13,8	19,3	37,0
2000	44,3	54,0	38,8	23,2	14,9	11,4	16,4	17,3	27,4	16,4	30,8	42,5	28,1
2001	35,4	41,0	27,2	22,4	16,2	12,9	11,1	11,3	12,1	28,7	24,4	53,3	24,7
2002	67,8	56,7	38,6	20,7	17,8	12,0	9,8	11,2	13,9	9,9	16,0	18,8	24,4
2003	61,7	36,4	24,6	14,1	12,8	10,9	10,9	8,9	7,4	16,6	17,9	30,2	21,0
Média	48,8	51,3	46,0	33,4	27,0	25,5	21,1	18,2	19,6	22,8	25,5	37,2	31,4
Máximo	104,9	127,0	92,4	77,7	75,2	135,5	64,3	42,0	75,5	56,7	50,6	76,7	75,7
Mínimo	16,2	17,1	17,9	12,9	10,3	10,9	9,8	8,9	7,4	9,9	10,6	15,6	17,2

Vazões Médias Mensais do Rio Atibaia no Posto Acima Paulínia (m ³ /s)													
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Média
1930	66,7	97,8	62,9	39,1	30,4	26,8	24,4	20,3	22,3	33,8	31,4	77,2	44,4
1931	81,6	205,8	112,1	82,7	57,7	46,4	37,3	30,7	39,7	35,0	36,7	91,7	71,4
1932	109,4	91,7	87,0	48,9	50,1	47,1	32,7	27,9	22,7	28,4	26,7	73,0	53,8
1933	68,9	55,5	40,3	28,4	29,8	23,3	21,0	19,1	20,1	20,8	18,9	29,1	31,3
1934	55,6	47,9	37,3	28,2	20,5	18,1	15,4	14,2	15,3	17,2	12,4	78,7	30,1
1935	40,0	98,6	88,7	52,8	37,0	52,0	22,2	20,6	30,4	72,8	40,6	39,3	49,6
1936	53,9	50,9	82,6	47,4	32,6	25,1	22,4	28,7	31,1	21,4	28,5	89,0	42,8
1937	114,7	73,2	62,8	71,6	43,5	36,6	26,4	24,1	20,0	36,3	53,3	64,9	52,3
1938	72,0	48,3	44,2	35,1	33,8	27,5	22,7	23,7	25,0	46,5	39,0	56,2	39,5
1939	83,8	71,3	49,4	45,9	39,5	31,7	25,1	20,6	19,3	19,2	26,0	45,7	39,8
1940	85,2	146,8	89,8	56,3	42,7	29,7	24,0	19,6	17,5	21,0	35,7	35,4	50,3
1941	48,8	25,5	31,5	24,1	16,4	15,8	16,0	12,2	33,6	40,7	39,8	60,8	30,4
1942	52,9	63,6	66,4	50,7	33,8	29,5	31,1	21,8	19,6	17,4	19,2	30,6	36,4
1943	44,0	51,2	61,1	35,7	22,8	21,3	17,6	19,3	16,9	24,7	27,1	29,5	30,9
1944	33,8	36,2	65,7	31,2	21,7	17,9	16,8	14,1	12,6	12,4	22,7	21,1	25,5
1945	26,5	65,6	29,2	23,4	17,8	39,7	32,5	17,3	15,5	15,2	35,4	43,9	30,2
1946	105,1	84,4	71,2	45,4	30,3	29,3	28,8	19,8	16,5	23,2	22,7	26,3	41,9
1947	73,6	110,5	122,9	54,4	40,6	34,4	33,0	28,2	34,1	34,1	30,5	78,2	56,2
1948	81,9	85,4	95,0	59,7	44,2	35,4	30,4	28,0	20,6	20,7	23,7	28,8	46,2
1949	45,5	65,8	52,8	42,1	30,0	26,9	22,3	17,8	15,7	15,5	19,6	54,6	34,1
1950	78,2	136,2	99,4	73,7	40,1	34,2	28,4	22,7	19,1	27,5	31,6	65,8	54,8
1951	94,3	85,6	90,7	51,5	35,7	29,0	26,1	23,5	18,9	21,1	30,0	38,6	45,4
1952	48,0	101,2	79,4	45,2	29,8	37,0	25,2	20,3	20,7	20,8	28,2	21,8	39,8
1953	25,2	30,8	25,3	31,0	19,4	18,1	15,9	14,3	14,8	15,9	21,9	26,2	21,6
1954	50,3	60,0	34,8	25,7	33,3	22,7	18,1	14,9	13,9	18,0	14,8	25,2	27,7
1955	43,3	23,2	45,3	25,8	19,4	17,4	14,7	16,3	15,5	13,3	25,0	38,9	24,8
1956	47,8	36,2	35,9	21,5	34,7	34,0	22,1	31,2	21,6	21,1	18,0	25,2	29,1
1957	84,3	80,4	72,9	52,8	33,0	26,5	26,8	25,9	43,9	26,8	38,0	43,2	46,2
1958	65,3	84,9	76,1	58,1	59,2	56,3	36,9	26,8	28,5	30,7	37,8	44,8	50,4
1959	69,6	55,4	56,7	56,4	29,8	24,4	19,7	21,9	17,3	19,2	25,1	48,7	37,0
1960	74,8	70,6	72,3	39,7	34,4	28,9	26,5	20,3	16,5	22,8	33,7	92,0	44,4
1961	86,8	70,3	81,2	54,6	48,1	32,8	24,1	21,9	18,3	15,7	23,9	32,5	42,5
1962	40,4	67,6	91,9	37,1	30,0	24,4	21,6	19,3	19,2	40,9	34,8	58,0	40,4
1963	106,3	80,6	47,7	31,2	23,2	20,0	18,2	15,0	12,0	19,1	24,8	20,7	34,9
1964	20,4	70,9	26,3	19,5	18,5	14,7	18,4	11,9	11,7	21,6	21,0	50,7	25,5
1965	87,1	103,6	88,4	41,9	42,1	27,5	26,4	19,1	17,0	32,5	39,6	67,5	49,4
1966	70,4	60,5	82,0	37,1	28,9	22,4	19,2	18,2	16,7	21,5	30,3	61,3	39,0
1967	116,5	103,2	66,7	40,3	29,0	34,0	22,1	18,2	19,7	23,9	37,0	41,9	46,0
1968	62,8	33,7	40,3	30,7	21,8	18,9	16,5	16,3	16,1	18,3	13,9	21,7	25,9
1969	20,1	20,0	19,1	26,4	14,1	17,2	11,0	13,6	10,9	18,2	37,5	33,9	20,2
1970	96,5	160,5	78,4	41,8	32,8	26,7	24,0	20,8	31,4	25,6	31,1	30,8	50,0
1971	29,3	18,8	28,2	23,3	19,1	28,8	17,9	14,3	14,0	29,7	24,7	35,6	23,6
1972	62,9	71,5	50,0	35,9	25,0	19,8	23,9	23,9	19,2	44,3	36,6	31,3	37,0
1973	49,8	50,4	36,6	41,2	28,7	22,5	23,9	19,2	17,9	22,0	36,5	51,5	33,3
1974	87,4	51,1	55,1	38,2	25,8	32,6	23,5	16,9	14,5	19,5	26,3	44,9	36,3
1975	62,6	81,6	49,3	32,0	23,9	18,6	18,3	13,3	11,1	21,0	31,8	64,7	35,7
1976	53,5	92,0	78,6	54,7	51,5	64,2	73,1	51,8	69,8	58,1	59,3	69,9	64,7
1977	82,6	67,1	50,2	63,6	34,6	34,8	24,7	19,6	28,3	22,1	43,5	63,7	44,6
1978	45,6	34,8	40,0	22,2	33,4	35,0	23,8	16,1	16,7	14,9	57,2	41,4	31,8
1979	36,9	33,7	31,6	27,0	32,2	20,8	19,5	22,0	26,3	31,3	31,2	42,5	29,6
1980	65,3	50,7	40,7	55,3	28,5	29,2	22,4	18,2	16,8	17,0	35,7	58,0	36,5
1981	84,1	35,5	30,0	23,7	20,0	20,9	15,7	13,5	10,0	33,5	74,1	87,0	37,3
1982	80,0	65,2	85,4	47,5	36,2	62,2	35,1	28,1	23,5	55,0	44,7	112,8	56,3
1983	119,7	162,6	128,4	103,8	104,8	190,3	86,5	57,1	104,4	80,2	73,0	97,4	109,0
1984	83,9	52,5	44,3	49,7	45,3	27,0	22,1	31,4	35,6	26,4	22,0	52,9	41,1
1985	67,8	59,7	74,2	43,6	35,2	27,1	21,3	18,3	24,5	15,6	24,9	22,2	36,2
1986	29,7	39,2	49,5	28,3	29,7	20,0	16,2	27,9	15,6	18,6	25,5	101,2	33,4
1987	91,2	86,0	87,3	50,7	83,1	62,4	39,7	31,4	34,9	32,7	30,7	42,7	56,1
1988	67,2	69,2	101,3	66,4	60,3	55,6	34,3	26,1	22,3	37,3	35,8	39,6	51,3
1989	90,8	92,3	67,0	48,4	34,0	32,5	34,9	38,3	30,7	21,5	32,0	36,0	46,5
1990	95,6	35,9	68,2	34,5	33,1	23,2	33,6	25,1	28,4	31,1	26,0	23,4	38,2
1991	159,5	89,9	165,6	114,6	57,6	40,9	34,5	26,0	23,6	48,0	22,1	40,3	68,6
1992	31,7	35,0	43,9	32,3	31,4	19,1	18,5	16,4	26,1	45,5	68,5	62,3	35,9
1993	54,7	90,2	62,5	46,2	35,6	39,9	23,9	22,5	43,1	39,4	25,1	31,8	42,9
1994	66,7	72,9	59,3	43,5	32,4	25,5	24,5	15,5	11,1	21,9	30,5	54,8	38,2
1995	56,1	148,9	90,2	76,8	47,0	37,0	37,4	25,9	23,3	45,2	35,0	44,5	55,6
1996	96,9	74,6	116,2	58,1	40,4	31,1	27,0	23,1	45,9	40,7	41,9	53,7	54,1
1997	83,9	75,7	44,4	32,1	31,7	49,7	27,1	22,6	28,8	33,3	46,1	54,4	44,2
1998	51,9	87,7	62,6	44,1	46,3	33,0	25,3	17,8	21,5	44,9	24,0	49,1	42,4
1999	137,7	109,3	75,7	47,9	33,2	35,5	23,9	16,8	26,1	16,2	18,4	25,6	47,2
2000	54,1	65,8	45,9	26,5	15,9	10,7	18,4	22,9	36,1	21,7	40,6	55,9	34,5
2001	46,6	53,9	35,8	29,6	21,5	17,2	14,7	15,1	16,1	37,8	32,2	70,0	32,5
2002	80,6	81,0	53,8	27,3	27,5	17,0	14,1	17,4	19,4	13,2	23,2	24,8	33,3
2003	81,1	60,8	38,1	22,0	18,6	14,8	14,4	11,7	9,8	20,8	27,3	51,8	30,9
Média	69,2	73,1	64,2	43,7	34,5	32,2	25,4	21,7	23,6	28,3	32,4	49,7	41,5
Máximo	159,5	205,8	165,6	114,6	104,8	190,3	86,5	57,1	104,4	80,2	74,1	112,8	109,0
Mínimo	20,1	18,8	19,1	19,5	14,1	10,7	11,0	11,7	9,8	12,4	12,4	20,7	20,2

Vazões Médias Mensais do Rio Jaguarí no Posto Fazenda Buenópolis(m ³ /s)													
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Média
1930	64,8	64,3	46,3	33,1	26,1	22,7	20,6	17,5	18,8	25,6	23,5	56,8	35,0
1931	54,6	126,9	87,4	64,6	43,3	35,4	27,6	21,8	29,3	28,5	28,1	80,3	52,3
1932	80,5	75,9	67,9	42,2	43,7	39,0	26,7	22,6	18,6	22,1	21,6	59,2	43,3
1933	49,2	40,1	35,5	25,3	25,5	20,6	18,4	17,0	16,5	18,0	16,5	29,7	26,0
1934	51,2	42,2	35,6	24,8	19,2	17,2	14,3	12,3	14,5	17,3	12,6	73,5	27,9
1935	36,7	93,2	70,6	51,0	33,2	28,8	22,7	19,6	25,4	49,9	24,0	30,0	40,4
1936	43,1	43,5	78,2	42,5	29,9	22,9	21,3	27,2	27,5	20,1	29,8	92,2	39,8
1937	108,2	67,3	51,8	54,3	39,8	34,1	24,7	21,7	17,6	35,0	44,0	71,4	47,5
1938	71,6	55,0	51,5	39,6	35,3	26,7	23,0	23,0	23,1	44,3	35,7	41,0	39,1
1939	62,8	64,2	45,7	45,2	36,6	28,0	23,3	19,0	17,5	16,9	25,4	43,8	35,7
1940	88,4	125,8	73,9	48,8	35,7	26,5	20,9	16,7	14,8	17,4	31,2	34,9	44,6
1941	39,1	25,4	26,9	21,5	15,9	15,2	14,5	10,9	31,3	34,3	31,9	39,1	25,5
1942	38,8	52,9	61,3	42,4	28,9	25,2	24,7	18,2	16,6	15,5	17,2	27,3	30,7
1943	38,8	50,3	63,0	31,8	22,2	20,3	16,4	14,8	14,5	18,9	22,7	22,4	28,0
1944	26,1	33,7	55,6	25,1	18,5	15,5	14,2	11,1	10,2	9,8	23,6	19,1	21,9
1945	26,9	66,3	29,5	22,8	17,5	38,7	24,8	15,7	13,6	12,8	31,9	40,7	28,4
1946	89,3	65,3	60,4	45,5	28,7	26,3	25,7	17,5	13,9	20,1	19,3	25,2	36,4
1947	76,6	84,0	100,2	45,5	34,2	28,4	26,3	21,9	27,9	30,5	25,4	59,0	46,7
1948	57,6	64,0	85,9	47,1	34,3	26,8	22,2	20,1	16,0	15,5	18,6	23,2	36,0
1949	39,4	52,6	37,4	31,9	22,1	19,6	15,0	12,0	10,6	11,8	15,8	45,3	26,1
1950	67,7	118,2	78,1	59,1	37,9	30,8	24,6	18,6	15,5	22,1	28,9	50,8	46,0
1951	69,1	74,1	67,1	48,4	31,2	24,7	21,9	19,3	14,2	15,8	23,0	32,6	36,8
1952	48,5	91,9	67,3	38,1	26,0	36,4	22,1	17,3	17,7	15,8	26,2	18,7	35,5
1953	20,0	22,6	21,9	25,5	16,8	14,6	12,3	10,7	10,7	11,7	17,8	21,8	17,2
1954	40,4	62,0	35,6	23,5	32,1	22,0	15,6	12,2	9,9	15,0	9,7	23,4	25,1
1955	38,7	22,4	39,8	24,8	16,9	15,5	12,1	12,7	10,8	11,8	25,1	33,5	22,0
1956	46,2	31,8	37,2	25,9	30,6	31,2	21,9	28,7	19,6	18,8	16,8	22,4	27,6
1957	66,6	68,8	75,7	47,0	32,3	27,1	24,6	22,2	33,9	23,5	32,8	39,3	41,2
1958	65,3	77,2	64,9	50,0	50,3	46,8	35,5	24,9	27,1	24,0	25,5	30,6	43,5
1959	48,7	36,5	53,7	51,3	28,1	21,4	16,7	17,3	13,1	14,3	21,7	36,2	29,9
1960	63,6	63,5	64,4	33,6	29,4	24,6	19,0	15,7	11,9	14,5	22,2	103,9	38,8
1961	85,4	69,1	77,6	51,9	44,0	28,6	21,5	17,0	13,6	12,6	18,2	31,7	39,3
1962	41,4	65,4	84,2	35,1	27,9	21,5	17,8	16,5	14,9	42,5	30,7	47,3	37,1
1963	93,9	67,5	43,7	27,1	20,4	17,0	14,1	12,1	8,5	16,6	23,2	13,8	29,8
1964	22,8	66,6	27,6	19,5	17,4	14,5	14,8	11,1	9,9	17,7	18,6	46,9	23,9
1965	76,4	79,6	66,1	33,8	36,2	24,5	23,4	16,8	14,6	30,9	37,4	57,9	41,5
1966	72,4	57,6	76,5	37,9	29,6	21,3	17,3	16,7	13,7	20,3	28,5	83,9	39,6
1967	93,1	93,9	61,6	37,9	26,9	30,0	19,8	15,5	15,5	17,5	29,5	34,2	39,6
1968	54,0	30,0	40,1	28,3	20,7	17,7	14,9	14,5	12,1	15,5	12,7	23,4	23,6
1969	24,0	26,0	23,0	22,6	14,5	16,1	11,4	12,1	7,9	18,7	34,9	33,4	20,4
1970	64,5	136,4	68,5	37,2	30,2	25,8	21,9	19,1	28,2	23,6	29,5	27,9	42,7
1971	28,6	19,2	29,8	23,7	19,3	27,1	18,6	14,5	14,4	28,0	22,6	38,7	23,7
1972	49,3	65,3	43,8	32,6	22,9	18,8	21,9	22,2	17,0	35,3	35,0	29,1	32,8
1973	43,9	46,4	36,9	40,7	29,6	22,2	22,5	17,0	15,4	21,3	31,2	50,6	31,5
1974	77,4	47,0	46,6	34,8	24,4	29,0	21,0	15,0	12,4	16,4	19,9	45,3	32,5
1975	46,4	57,6	41,1	27,9	21,8	16,9	16,2	11,8	9,0	17,4	24,3	53,4	28,7
1976	41,5	75,2	75,4	55,0	45,1	52,6	53,7	40,0	56,1	44,9	48,3	56,5	53,7
1977	60,3	49,7	42,6	55,3	32,8	30,0	21,5	16,8	21,6	19,4	24,3	49,1	35,3
1978	39,9	32,2	35,1	21,0	19,1	21,4	19,1	13,2	11,7	10,4	31,9	33,9	24,1
1979	34,8	38,7	35,6	27,6	31,8	21,1	19,7	20,4	23,2	27,7	33,3	39,9	29,5
1980	57,4	46,0	42,7	56,9	30,7	28,1	20,4	16,9	15,2	14,1	20,1	44,8	32,8
1981	76,9	23,3	28,5	24,9	19,1	18,8	14,7	12,7	9,8	41,0	83,1	107,4	38,4
1982	71,5	65,2	83,2	51,9	32,6	41,2	31,6	26,9	23,8	47,8	39,9	85,7	50,1
1983	112,0	139,0	106,9	86,5	79,5	168,9	72,5	56,2	105,5	81,1	77,9	102,7	99,1
1984	70,7	48,6	33,8	36,0	33,5	22,2	17,5	25,1	26,2	17,1	19,0	42,1	32,6
1985	61,6	59,1	73,5	38,5	17,0	22,5	18,9	18,5	27,2	17,5	17,8	20,2	32,7
1986	29,5	39,3	44,4	26,8	27,9	17,9	13,4	22,6	11,5	14,4	19,0	86,0	29,4
1987	69,4	66,4	66,2	44,8	69,2	53,9	34,9	28,0	27,2	25,1	22,5	26,2	44,5
1988	49,8	56,8	73,0	63,6	46,2	41,7	24,4	20,7	17,8	27,0	26,9	26,9	39,6
1989	72,3	79,0	62,0	36,5	27,0	25,0	27,3	23,7	21,8	16,0	20,9	27,8	36,6
1990	79,1	25,3	51,1	28,3	27,5	20,1	23,6	20,5	20,2	22,5	18,8	20,1	29,8
1991	41,8	65,4	85,9	86,0	48,8	31,9	25,6	18,7	16,1	39,3	18,6	29,3	42,3
1992	23,8	27,4	32,3	25,6	28,9	17,1	17,1	14,4	21,8	36,1	43,4	39,2	27,2
1993	34,8	61,1	48,7	36,0	27,2	26,1	17,0	15,4	24,1	22,2	12,1	18,0	28,5
1994	38,0	40,7	48,4	33,9	24,7	19,5	19,0	13,6	9,7	17,8	20,1	39,0	27,0
1995	41,2	145,9	75,1	68,0	42,2	29,3	30,8	18,9	19,0	37,7	27,7	28,4	47,0
1996	78,7	68,6	94,8	50,3	34,4	26,3	20,2	19,5	36,9	31,8	39,7	60,1	46,8
1997	65,4	65,3	42,6	29,3	24,9	38,7	19,6	16,1	15,8	21,8	36,8	43,2	35,0
1998	38,8	55,9	49,6	32,0	31,1	23,4	17,1	12,8	17,5	35,7	21,1	51,6	32,2
1999	125,4	82,2	58,2	37,8	27,4	29,4	19,3	14,5	16,3	12,5	15,7	30,4	39,1
2000	60,8	66,6	40,1	27,2	18,2	16,4	17,8	16,5	23,6	12,8	31,0	51,6	31,9
2001	41,6	64,4	39,4	32,2	22,5	17,8	15,4	13,6	15,9	33,7	29,2	62,2	32,3
2002	81,3	69,7	51,7	37,6	27,6	20,7	16,4	19,1	18,1	11,4	20,5	28,3	33,5
2003	73,8	50,7	34,8	23,9	20,2	14,9	11,1	9,7	9,0	14,8	19,3	43,2	27,1
Média	57,6	62,1	55,3	38,9	30,1	27,6	21,5	18,3	19,3	23,5	26,8	43,8	35,4
Máximo	125,4	145,9	106,9	86,5	79,5	168,9	72,5	56,2	105,5	81,1	83,1	107,4	99,1
Mínimo	20,0	19,2	21,9	19,5	14,5	14,5	11,1	9,7	7,9	9,8	9,7	13,8	17,2

Vazões Médias Mensais do Rio Jaguarí no Posto Usina Estér (m ³ /s)													
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Média
1930	107,3	145,0	94,5	61,4	46,5	37,8	33,2	26,4	28,6	41,6	36,0	90,6	62,4
1931	107,0	306,0	177,0	133,0	84,5	64,9	51,5	43,3	56,8	47,7	41,4	148,0	105,1
1932	163,0	139,0	129,0	70,9	69,7	62,8	42,5	36,5	29,6	37,7	34,0	112,0	77,2
1933	104,0	82,9	62,4	42,2	47,6	32,8	29,8	28,0	25,8	33,0	28,8	40,4	46,5
1934	79,0	64,3	55,9	37,7	28,2	23,8	20,6	20,3	20,4	26,7	24,8	125,0	43,9
1935	62,7	151,0	138,0	80,0	56,5	46,4	35,2	33,0	50,8	110,0	63,2	59,2	73,8
1936	80,9	82,5	118,0	68,8	47,6	36,7	31,7	42,1	45,4	29,6	39,9	111,5	61,2
1937	158,0	113,0	93,7	107,0	64,3	51,8	33,7	38,3	26,6	52,4	69,8	87,0	74,6
1938	109,0	71,0	72,9	55,8	52,7	37,6	32,4	35,7	38,0	59,1	55,1	84,3	58,6
1939	124,0	110,0	71,0	60,0	52,5	44,3	32,0	26,2	25,2	25,5	36,8	70,5	56,5
1940	128,0	227,0	135,0	84,1	63,7	45,8	35,7	27,9	22,7	26,0	53,4	51,1	75,0
1941	73,2	43,0	46,1	28,9	26,3	25,6	20,4	16,3	45,1	57,8	60,4	91,2	44,5
1942	79,0	100,0	104,0	68,7	41,6	35,5	43,5	27,5	28,1	24,9	26,1	34,3	51,1
1943	66,3	79,1	97,0	51,6	35,3	35,2	27,4	35,3	27,8	34,5	42,8	42,1	47,9
1944	48,7	54,1	92,0	40,8	30,1	25,7	25,2	21,4	19,2	18,5	34,1	30,1	36,7
1945	42,9	99,5	45,7	34,1	25,5	54,9	40,0	23,5	20,7	21,5	49,5	66,0	43,7
1946	154,1	107,7	93,8	67,6	42,1	40,7	40,2	27,3	21,8	29,3	29,4	37,4	57,6
1947	114,4	164,1	185,1	81,8	55,9	44,0	40,7	36,0	49,7	50,3	45,0	84,2	79,3
1948	106,4	115,1	139,4	85,8	50,4	39,3	36,1	35,2	28,0	28,7	31,4	42,2	61,5
1949	58,6	85,2	61,9	56,7	37,3	33,1	27,3	25,3	20,3	22,4	28,1	82,6	44,9
1950	119,3	229,9	156,9	111,2	62,5	48,3	41,2	33,0	28,9	37,2	56,6	110,2	86,3
1951	129,2	109,7	126,4	78,1	50,5	34,3	33,2	31,5	25,2	26,4	43,7	54,1	61,9
1952	82,5	176,3	123,2	55,7	36,8	60,9	34,2	27,9	26,3	27,2	43,9	29,1	60,3
1953	35,2	39,3	38,4	43,9	27,5	24,9	21,9	21,1	23,5	22,7	24,6	35,6	29,9
1954	76,0	101,9	52,9	33,5	52,5	34,3	24,3	21,6	19,6	21,2	19,2	34,2	40,9
1955	58,2	41,7	72,4	40,0	26,1	26,3	22,2	20,1	20,8	20,4	41,7	55,6	37,1
1956	79,0	54,3	63,0	40,4	57,0	42,1	31,5	47,7	29,2	27,3	25,0	33,3	44,2
1957	133,0	115,8	104,3	68,3	46,8	41,9	35,2	36,1	49,5	37,3	42,4	57,6	64,0
1958	100,2	132,7	102,7	87,9	84,3	79,9	59,7	43,1	44,3	43,3	42,9	48,3	72,4
1959	83,7	63,6	83,5	83,7	45,3	37,0	29,7	31,0	24,9	27,1	35,9	66,2	51,0
1960	111,3	104,2	99,0	55,7	48,9	42,6	32,8	27,3	22,9	26,0	41,3	152,8	63,7
1961	131,1	101,2	112,1	72,9	68,5	43,9	34,5	29,3	24,7	21,0	30,1	45,2	59,5
1962	60,8	106,7	141,6	55,5	44,1	35,9	28,9	26,5	25,1	63,7	48,6	87,2	60,4
1963	166,4	123,8	73,1	43,2	31,6	25,4	22,2	20,4	16,9	28,7	39,7	24,1	51,3
1964	32,3	113,3	43,3	30,2	27,8	21,7	22,8	19,2	17,6	31,0	31,7	87,9	39,9
1965	136,2	157,8	126,5	58,7	61,2	36,4	36,4	28,7	25,2	51,9	66,5	106,7	74,4
1966	110,5	92,5	133,5	57,6	46,6	34,8	29,0	25,7	21,8	29,6	44,3	111,9	61,5
1967	179,9	163,7	95,1	59,6	42,5	50,4	35,0	27,6	29,4	30,2	47,8	62,9	68,7
1968	89,0	48,0	57,5	40,5	31,8	25,4	22,4	20,6	18,8	24,2	20,5	29,7	35,7
1969	33,3	35,6	35,0	33,7	22,6	26,3	21,0	20,8	17,6	29,4	55,4	56,4	32,2
1970	132,0	254,8	118,4	63,8	48,3	44,3	41,3	37,2	49,5	47,0	54,3	51,7	78,6
1971	50,1	33,4	48,7	39,4	33,7	46,8	32,2	26,9	26,1	44,8	35,5	54,7	39,4
1972	79,4	110,7	71,2	53,3	35,7	29,7	35,9	36,5	27,3	55,7	54,4	49,9	53,3
1973	75,5	77,4	60,6	63,8	44,8	34,3	35,3	26,4	24,1	32,1	50,7	85,0	50,8
1974	147,5	80,8	76,7	53,9	36,7	43,0	35,8	27,9	24,0	29,5	34,9	70,6	55,1
1975	90,3	116,1	70,5	47,3	36,8	30,1	28,8	24,2	19,4	29,2	41,3	82,7	51,4
1976	72,9	131,6	119,3	80,8	69,1	89,8	92,0	64,3	90,0	70,7	79,1	90,4	87,5
1977	102,9	84,4	66,8	86,6	49,8	49,6	36,3	29,0	33,9	31,6	36,4	82,4	57,5
1978	65,8	42,6	52,5	29,6	27,1	33,8	30,8	21,8	19,4	16,7	49,6	48,9	36,6
1979	51,7	57,6	47,0	38,2	48,5	31,6	29,1	29,3	40,1	42,0	50,6	70,7	44,7
1980	107,9	75,8	70,4	93,8	50,6	46,3	33,3	28,5	25,4	22,6	31,0	71,6	54,8
1981	122,3	52,9	43,5	37,4	29,8	32,1	24,6	21,4	15,3	55,3	110,9	143,8	57,4
1982	135,2	114,9	132,3	78,9	59,4	113,1	52,3	39,3	38,6	79,4	56,7	154,1	87,9
1983	181,0	251,1	164,3	135,0	131,9	254,8	115,4	84,3	150,8	114,0	113,4	160,1	154,7
1984	129,8	91,1	69,1	70,6	58,9	36,8	29,1	42,0	42,8	27,4	32,4	75,8	58,8
1985	98,2	78,9	103,6	70,3	39,6	39,1	29,5	27,3	40,5	25,3	31,0	31,1	51,2
1986	45,8	70,9	75,5	44,5	41,6	28,5	25,1	32,4	16,8	22,3	27,5	149,2	48,3
1987	126,0	112,8	112,0	74,1	109,4	77,3	53,8	40,6	43,1	46,7	40,4	59,7	74,7
1988	78,9	89,4	136,2	101,5	73,9	68,2	41,6	32,2	30,2	40,5	48,4	51,0	66,0
1989	110,1	125,4	98,4	71,0	44,5	43,3	39,4	40,5	31,4	23,3	36,1	45,6	59,1
1990	132,9	40,9	78,2	44,4	40,7	28,6	35,2	30,1	31,9	34,6	29,0	31,3	46,5
1991	66,6	109,6	135,1	136,5	78,7	52,1	41,7	29,7	26,5	62,7	28,3	56,4	68,7
1992	42,8	42,5	52,6	41,0	43,8	27,1	24,9	25,9	37,8	59,5	71,6	64,6	44,5
1993	82,2	100,8	80,3	59,5	44,9	43,1	28,1	25,4	52,6	36,6	33,3	39,3	52,2
1994	65,8	81,6	78,0	54,2	41,6	35,6	33,8	25,9	19,1	32,1	37,4	80,6	48,8
1995	76,7	249,8	116,6	116,5	72,5	51,4	51,6	34,1	32,6	53,8	45,5	49,8	79,2
1996	122,3	102,7	147,4	77,5	56,3	45,6	37,0	36,4	59,9	53,8	65,5	95,9	75,0
1997	111,0	114,4	67,7	49,4	42,4	68,4	36,6	29,1	29,5	36,3	60,5	75,3	60,1
1998	65,6	97,2	84,3	53,7	52,5	40,2	30,6	24,0	28,8	56,4	34,4	79,3	53,9
1999	240,3	142,1	105,5	63,6	46,3	49,6	32,7	24,7	27,7	21,4	26,7	51,3	69,3
2000	102,2	111,8	67,5	45,9	30,9	27,8	30,2	28,1	39,9	21,9	52,3	86,8	53,8
2001	70,0	108,2	66,3	54,3	38,1	30,2	26,2	23,2	27,1	56,9	49,2	104,6	54,5
2002	136,5	136,6	84,4	63,3	47,8	33,5	27,5	32,3	29,7	19,4	34,8	47,2	57,8
2003	114,6	86,6	54,7	38,3	31,8	24,3	19,1	18,2	16,0	22,1	31,0	71,1	44,0
Média	99,3	108,5	92,0	63,5	48,8	44,9	35,1	30,6	32,3	38,2	43,9	72,2	59,1
Máximo	240,3	306,0	185,1	136,5	131,9	254,8	115,4	84,3	150,8	114,0	113,4	160,1	154,7
Mínimo	32,3	33,4	35,0	28,9	22,6	21,7	19,1	16,3	15,3	16,7	19,2	24,1	29,9

Vazões Médias Mensais do Rio Piracicaba no Posto Piracicaba (m³/s)													
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Média
1930	208,0	314,0	199,0	135,0	103,0	87,1	77,8	63,1	69,0	104,0	93,6	236,0	140,8
1931	261,0	658,0	392,0	292,0	194,0	152,0	121,0	100,0	131,0	103,0	109,0	324,0	236,4
1932	349,0	288,0	279,0	163,0	164,0	151,0	103,0	87,7	70,7	89,9	82,8	251,0	173,3
1933	217,0	177,0	138,0	98,0	103,0	75,4	68,0	62,5	62,0	71,0	63,0	94,0	102,4
1934	184,0	154,0	118,0	89,5	65,2	56,1	47,8	45,1	47,4	57,6	40,8	276,0	98,5
1935	138,0	306,0	271,0	166,0	115,0	108,2	75,9	70,5	85,7	229,0	124,0	124,0	151,1
1936	171,1	179,1	275,1	158,1	108,1	82,8	72,6	95,3	103,1	68,3	92,5	271,1	139,7
1937	376,1	252,1	200,1	228,1	146,1	120,1	82,1	73,4	62,6	120,1	170,1	210,1	170,0
1938	226,1	162,1	137,1	99,0	101,1	83,6	68,6	69,2	75,2	146,1	118,1	178,1	122,0
1939	269,1	246,1	164,1	144,1	126,1	103,1	77,8	63,3	59,9	60,0	78,7	141,1	127,7
1940	270,1	510,1	284,1	179,1	136,1	101,1	79,7	63,3	53,8	63,9	120,1	117,1	164,8
1941	155,1	82,2	90,4	72,7	47,3	46,4	48,6	37,4	100,1	134,1	135,1	193,1	95,2
1942	179,1	221,1	231,1	164,1	104,1	89,6	91,2	61,6	55,7	50,8	54,2	90,3	116,0
1943	149,1	176,1	213,1	118,1	71,1	65,5	54,0	60,1	48,7	75,0	88,3	103,1	101,8
1944	113,1	123,1	224,1	98,1	65,7	52,7	49,5	43,7	39,0	38,0	72,2	75,7	82,9
1945	89,0	222,1	96,2	68,2	52,7	126,1	105,1	50,6	45,2	47,7	121,1	142,1	97,1
1946	363,1	327,1	283,1	157,1	101,1	95,4	94,2	61,7	50,5	72,8	70,8	83,1	146,6
1947	260,1	354,1	388,1	201,1	148,1	121,1	112,1	93,1	110,1	104,1	93,8	233,1	184,9
1948	296,1	316,1	301,1	194,1	143,1	111,1	96,1	87,0	57,5	57,7	64,4	84,1	150,7
1949	154,1	221,1	194,1	137,1	101,1	91,1	75,2	57,3	49,6	44,9	58,6	191,1	114,6
1950	244,1	378,1	299,1	232,1	139,1	106,1	85,4	68,4	61,3	78,8	99,7	184,1	164,6
1951	325,1	314,1	308,1	184,1	124,1	98,0	82,3	73,9	59,9	60,9	86,4	120,1	153,0
1952	145,1	305,3	263,1	148,1	92,1	120,1	79,3	61,8	60,4	63,9	81,4	65,0	123,8
1953	84,4	75,5	74,5	102,1	57,9	58,5	52,1	45,8	46,8	53,2	53,5	75,7	65,0
1954	153,1	199,1	108,1	85,1	100,1	72,4	58,1	52,3	52,3	59,5	54,7	75,6	89,2
1955	149,1	71,8	134,1	92,2	68,6	60,4	50,8	55,7	54,2	43,1	77,5	129,1	82,2
1956	136,1	115,1	108,8	63,2	99,7	115,1	73,4	110,1	69,4	69,8	64,8	92,3	93,1
1957	289,3	258,3	222,3	172,3	100,3	76,8	81,2	82,3	142,3	86,2	120,3	145,3	148,1
1958	202,3	295,3	252,3	201,3	198,3	171,3	105,3	75,7	81,7	98,6	120,3	137,3	161,7
1959	225,3	175,3	183,3	184,3	81,8	69,8	54,4	63,8	52,8	58,5	72,7	167,3	115,8
1960	273,3	254,3	240,3	118,3	106,3	77,5	81,9	56,6	47,7	71,8	105,3	303,3	144,7
1961	292,3	246,3	275,3	175,3	160,3	101,3	68,3	69,6	57,8	45,1	74,7	99,3	138,8
1962	137,3	218,3	283,3	120,3	97,4	78,4	63,2	54,5	56,8	137,3	116,3	169,3	127,7
1963	322,3	249,3	156,3	103,3	72,1	60,8	57,4	47,6	38,3	58,0	82,5	68,5	109,7
1964	69,4	210,3	81,7	62,0	56,4	46,3	45,4	33,9	33,8	61,3	61,4	167,9	77,5
1965	298,4	362,9	293,4	141,2	141,5	93,0	84,9	60,0	52,1	108,9	110,9	202,4	162,5
1966	212,9	188,0	237,9	116,5	92,0	67,9	56,4	51,5	44,9	61,8	92,5	192,4	117,9
1967	358,4	308,6	213,4	129,6	92,3	105,1	64,3	52,7	53,7	67,7	100,9	129,0	139,7
1968	194,1	105,6	120,5	86,9	63,4	54,4	43,4	43,4	38,4	46,1	35,7	52,6	73,7
1969	58,7	56,4	59,6	66,1	40,4	47,9	35,1	37,9	31,3	49,7	104,2	96,0	56,9
1970	306,2	479,4	274,2	143,3	105,9	80,5	72,4	63,5	95,1	79,6	94,0	101,0	157,9
1971	94,8	57,4	86,7	65,4	57,3	89,3	52,2	41,7	42,0	82,1	66,3	98,4	69,5
1972	184,8	241,8	156,6	110,1	75,2	57,6	71,7	71,6	55,9	140,1	119,8	103,5	115,7
1973	159,9	161,3	120,7	131,1	89,5	69,8	74,0	60,3	56,3	64,4	111,1	170,6	105,7
1974	291,9	167,5	195,7	125,7	83,5	101,9	71,6	49,8	40,4	58,6	74,1	145,3	117,1
1975	206,3	272,2	163,7	103,1	73,8	56,2	53,1	39,6	32,5	64,6	105,1	194,5	113,7
1976	192,5	302,6	246,1	175,7	163,1	209,8	226,8	159,6	212,3	187,8	192,3	222,0	207,6
1977	270,7	221,2	155,0	205,8	107,6	104,1	72,9	57,8	83,1	66,7	90,4	203,3	136,6
1978	136,1	97,4	112,0	62,0	66,5	73,4	65,6	42,8	43,8	39,9	118,5	128,1	82,2
1979	114,7	110,9	97,8	78,8	104,6	63,7	56,6	63,2	76,1	88,7	96,3	134,3	90,5
1980	185,9	160,9	130,8	182,4	90,0	90,9	67,7	53,4	50,5	48,6	70,2	171,7	108,6
1981	274,7	115,9	96,5	77,2	62,5	64,0	47,7	41,8	31,7	111,7	235,2	248,0	117,3
1982	259,9	208,2	271,8	160,5	103,9	192,8	115,2	88,8	74,1	188,7	141,2	370,9	181,3
1983	402,0	559,7	443,1	329,3	343,2	610,3	284,5	189,9	348,0	269,3	253,5	333,6	363,9
1984	292,7	177,3	135,4	147,7	127,2	75,8	64,3	89,8	99,9	59,1	66,9	161,4	124,8
1985	208,2	183,3	247,5	146,2	100,8	84,9	68,0	59,1	78,0	49,3	69,8	64,4	113,3
1986	92,4	123,7	158,1	92,4	87,5	60,3	45,1	82,8	44,3	56,1	70,8	324,8	103,2
1987	283,9	281,7	255,0	160,0	259,0	193,0	123,5	96,3	106,6	102,7	86,0	133,8	173,5
1988	207,2	213,2	330,5	217,6	176,0	162,2	98,4	74,6	65,1	108,6	111,4	118,8	157,0
1989	279,9	322,4	217,4	153,0	100,6	94,4	95,0	107,0	86,6	61,5	91,9	108,2	143,2
1990	319,5	109,4	221,0	107,2	100,3	67,7	94,2	73,3	80,2	86,6	76,5	74,0	117,5
1991	248,8	268,8	343,6	345,9	197,5	133,3	106,7	79,3	69,8	145,1	74,8	144,7	179,8
1992	106,2	107,6	125,9	99,0	98,4	57,9	53,7	48,4	74,0	146,4	216,7	192,4	110,5
1993	181,3	293,7	211,3	150,5	116,0	124,2	74,0	68,2	127,2	115,1	71,9	92,9	135,5
1994	163,5	187,4	166,7	114,1	85,3	67,8	64,5	46,0	39,4	70,3	84,9	178,3	105,7
1995	185,0	611,8	279,9	271,6	147,2	112,1	109,8	73,0	61,4	121,5	105,8	123,7	183,6
1996	343,6	246,5	352,6	178,5	118,9	92,2	80,1	68,5	132,5	127,0	156,4	198,8	174,6
1997	305,3	284,1	151,7	103,5	89,4	154,8	77,2	57,0	62,8	74,0	148,7	175,2	140,3
1998	153,1	271,2	221,7	127,7	125,5	96,6	70,1	52,4	56,1	132,1	68,4	185,6	130,0
1999	452,5	311,5	272,5	141,6	110,1	116,7	81,4	53,4	79,8	57,2	47,9	107,0	152,6
2000	210,7	208,0	167,4	103,6	56,7	46,1	55,0	52,6	95,8	49,2	118,4	214,0	114,8
2001	171,0	244,0	144,3	111,4	80,4	61,5	51,2	42,7	49,8	128,7	98,7	201,8	115,5
2002	297,4	286,4	198,0	115,4	99,1	65,9	50,6	63,3	57,7	33,0	79,3	97,7	120,3
2003	255,4	191,5	134,1	91,5	65,8	51,0	43,6	39,0	33,6	55,9	76,1	147,8	98,8
Média	222,1	240,0	206,5	141,5	108,7	99,8	77,8	66,1	71,0	86,3	98,0	158,9	131,4
Máximo	452,5	658,0	443,1	345,9	343,2	610,3	284,5	189,9	348,0	269,3	253,5	370,9	363,9
Mínimo	58,7	56,4	59,6	62,0	40,4	46,1	35,1	33,9	31,3	33,0	35,7	52,6	56,9

Agência Nacional de Águas - ANA
Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE

**PARTE C - ESTUDOS SOBRE A DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO
SISTEMA CANTAREIRA E A DEFINIÇÃO DAS CONDIÇÕES DE
OPERAÇÃO DE SEUS RESERVATÓRIOS**

Relatório Final
Julho 2004 – V 1.1

ÍNDICE

1. OBJETIVOS E DEFINIÇÕES	003
2. DADOS DO SISTEMA CANTAREIRA	004
2.1. Séries de Vazões Naturais Médias Mensais	004
2.2. Relações Cota x Volume dos Reservatórios	004
2.3. Níveis de Água e Volumes dos Reservatórios	004
3. SIMULAÇÃO DA OPERAÇÃO DO SISTEMA CANTAREIRA	007
3.1. Modelagem Matemática e Computacional	007
3.2. Simulação da Operação do Sistema Cantareira	008
3.3. Síntese dos Resultados	011
4. CONCEPÇÃO DO MODELO DE OPERAÇÃO DO SISTEMA CANTAREIRA	014
4.1. Introdução	014
4.2. Curvas de Aversão a Risco	015
4.3. Concepção do Modelo de Operação	016
4.4. Modelagem Matemática e Computacional do Modelo de Operação	018
5. SIMULAÇÃO DA OPERAÇÃO DO SISTEMA EQUIVALENTE CONSIDERANDO A CAR E AS PRIORIDADES DE ATENDIMENTO	020
5.1. Alternativa Operacional Seleccionada	020
5.2. Resultados da Simulação da Alternativa Seleccionada	023
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	025
ANEXO C-I MEMÓRIA DA REUNIÃO REALIZADA NA ANA EM 13 DE JULHO DE 2004	
ANEXO C-II LIMITES DE VAZÃO DE RETIRADA EM FUNÇÃO DO ARMAZENAMENTO DO SISTEMA EQUIVALENTE	

1. OBJETIVOS E DEFINIÇÕES

Nesta parte C da Nota Técnica são apresentados os estudos referentes à disponibilidade hídrica do Sistema Cantareira e a definição das condições de operação de seus reservatórios. São apresentados os seguintes elementos:

- os dados do Sistema Cantareira necessários para a simulação da operação de seus reservatórios;
- a modelagem matemática e computacional desenvolvida para a simulação da operação dos reservatórios do Sistema Cantareira;
- a simulação da operação do Sistema Cantareira;
- a síntese dos resultados das simulações, indicando os riscos e garantias associadas, os impactos na bacia do rio Piracicaba e os benefícios para o suprimento da Região Metropolitana de São Paulo-RMSP;
- concepção do modelo de operação do Sistema Cantareira;
- o detalhamento da alternativa operacional selecionada com a definição dos seus critérios;
- os resultados das simulações considerando a alternativa operacional selecionada;
- conclusões e recomendações quanto às condições de operação a serem adotadas;
- recomendações a serem contempladas na Resolução/Portaria para melhorar a disponibilidade de dados e a operação do Sistema Equivalente.

Conforme descrito na Parte A deste relatório, o Sistema Cantareira é formado por uma série de reservatórios, túneis e canais, que captam e desviam água de alguns dos cursos de água da bacia do rio Piracicaba, para o rio Juqueri, na bacia do Alto Tietê, donde, no reservatório de Paiva Castro, as águas são bombeadas para o reservatório de Águas Claras, tendo como finalidade o abastecimento de parte da Região Metropolitana de São Paulo

Para fins de definição das condições de operação dos reservatórios, tendo em vista que os reservatórios Jaguari–Jacaré, Cachoeira e Atibainha são os únicos que permitem uma regularização das vazões para período de tempo significativo e serem os reservatórios do Sistema localizados na bacia do Piracicaba, ficam definidos os seguintes conceitos:

- Sistema Equivalente: representa a soma dos armazenamentos dos reservatórios de Jaguari-Jacaré, Cachoeira e Atibainha;
- demanda RMSP: representa a demanda requerida no túnel 5 que transfere as águas da bacia do rio Piracicaba para a bacia do Alto Tietê, desagando no reservatório Paiva Castro;
- demanda da bacia do rio Piracicaba: representa a demanda requerida na bacia do rio Piracicaba, que deverá ser suprida pela soma das vazões efluentes dos reservatórios Jaguari-Jacaré, Cachoeira e Atibainha.

O reservatório de Paiva Castro, em função da sua localização, já na bacia do Alto Tietê, e do seu tamanho, deve ser operado em tempo real, de modo a otimizar a utilização dos recursos hídricos do Sistema Cantareira.

2. DADOS DO SISTEMA CANTAREIRA

2.1 Séries de Vazões Naturais Médias Mensais

Os estudos hidrológicos desenvolvidos em 1995 pelo consórcio HIDROPLAN no âmbito do “Plano Integrado de Aproveitamento e Controle dos Recursos Hídricos das Bacias Alto Tietê, Piracicaba e Baixada Santista” permitiram a definição das séries de vazões naturais médias mensais dos rios Jaguari e Jacareí, Cachoeira e Atibainha nos aproveitamentos homônimos, bem como do rio Juqueri no aproveitamento Paiva Castro. Essas séries de vazões foram determinadas para o período de janeiro de 1930 a dezembro de 1993.

Os estudos hidrológicos apresentados na parte B deste relatório permitiram a complementação das séries de vazões naturais médias mensais para o período de janeiro de 1994 a dezembro de 2003. Esta complementação mostrou-se fundamental para as análises operacionais, uma vez que o período de 1998 a 2003 caracterizou-se pela baixa disponibilidade de recursos hídricos.

As séries de vazões naturais médias mensais são apresentadas no Anexo I da parte B deste relatório e resultam em uma vazão média de longo termo de 40,2 m³/s para a bacia do Piracicaba, nos aproveitamentos do Sistema Cantareira, e de 44,8 m³/s, quando incluída a bacia do rio Juqueri em Paiva Castro.

2.2 Relações Cota x Volume dos Reservatórios

A SABESP forneceu as relações cota x volume dos reservatórios que compõem o Sistema Cantareira. As Figuras 1 a 4 apresentam as curvas cota x volume dos reservatórios Jaguari-Jacareí, Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro, respectivamente.

2.3 Níveis de Água e Volumes dos Reservatórios

A SABESP forneceu o documento intitulado “7. Tabelas “Resumo” – 7.1 Características Notáveis dos Mananciais”, indicando os níveis de água mínimos e máximos operacionais e os respectivos volumes mínimos, máximos e úteis dos reservatórios do Sistema Cantareira. A Tabela 1 apresenta estes dados.

TABELA 1 – NÍVEIS DE ÁGUA MÍNIMOS E MÁXIMOS OPERACIONAIS E VOLUMES DOS RESERVATÓRIOS DO SISTEMA CANTAREIRA

Reservatórios	NA mínimo	NA máximo	Volume Mínimo (hm ³)	Volume Máximo (hm ³)	Volume Útil (hm ³)
Jaguari-Jacareí	820,80	844,00	229,49	1.037,35	807,86
Cachoeira	811,72	821,78	44,05	114,60	70,55
Atibainha	781,88	786,86	201,35	301,51	100,16
Paiva Castro	743,80	745,61	18,1	27,6	9,44
Total com Paiva Castro:			493,01	1.481,03	988,02
Total sem Paiva Castro:			474,89	1.453,46	978,57

Atualmente a SABESP adota como nível de água mínimo normal de Jaguari-Jacareí a cota 829m, que corresponde ao denominado nível de água mínimo operacional 1 e que permite uma vazão de transferência de $29 \text{ m}^3/\text{s}$, pelo túnel 7. Contudo, durante os anos de 2003 e 2004 a SABESP operou abaixo dessa cota de 829m. Neste estudo adotou-se como nível de água mínimo normal à cota correspondente ao nível mínimo operacional 2, em função do stress hídrico que já se encontra a bacia. Essa cota permite uma vazão de transferência, pelo túnel 7, de $21,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Em função desse limite de vazão pelo túnel 7, é necessário que se adote uma operação dos reservatórios que transfira a água do reservatório de Jaguari-Jacareí, para os reservatórios de Atibainha e Cachoeira, em situações de baixo armazenamento no Sistema Equivalente.

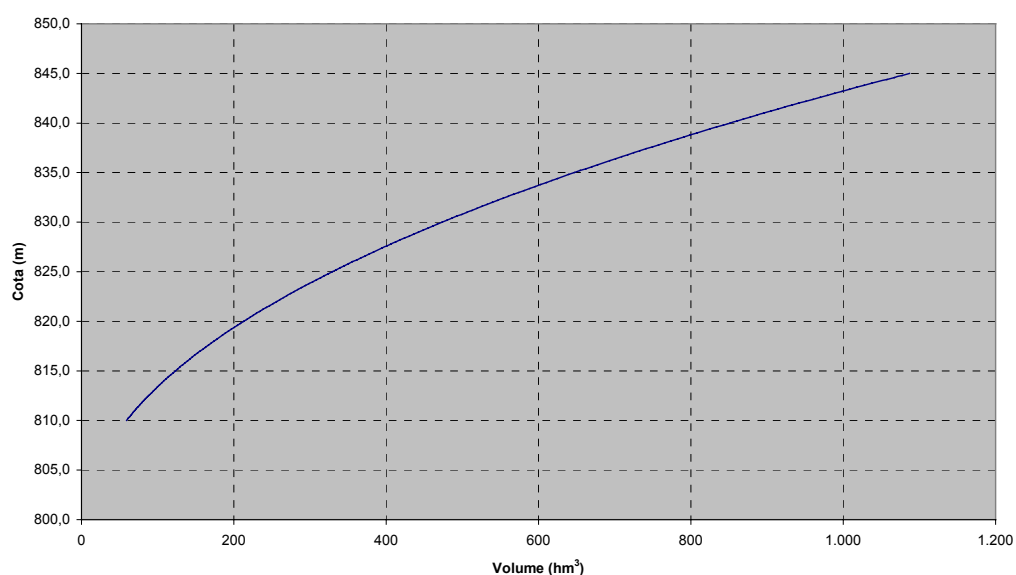


Figura 1 – Relação Cota x Volume do Reservatório Jaguari-Jacareí

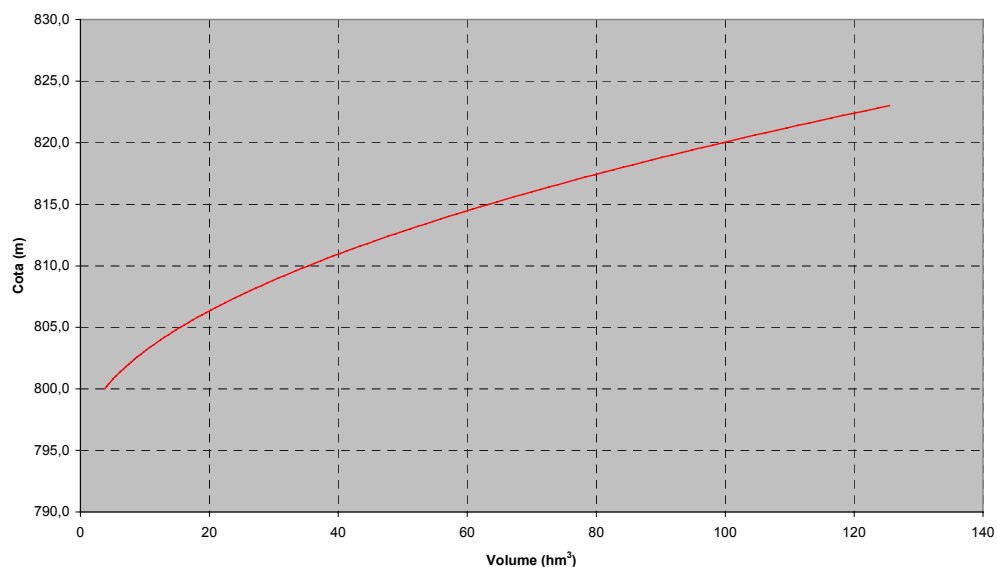


Figura 2 – Relação Cota x Volume do Reservatório Cachoeira

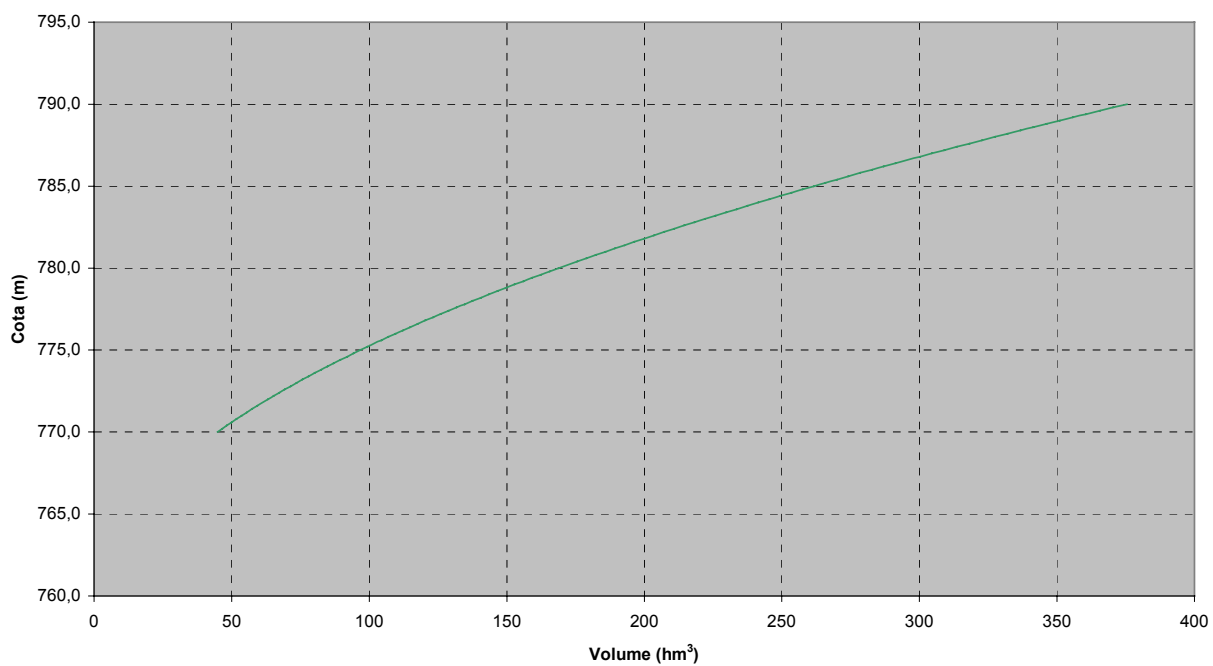


Figura 3 – Relação Cota x Volume do Reservatório Atibainha

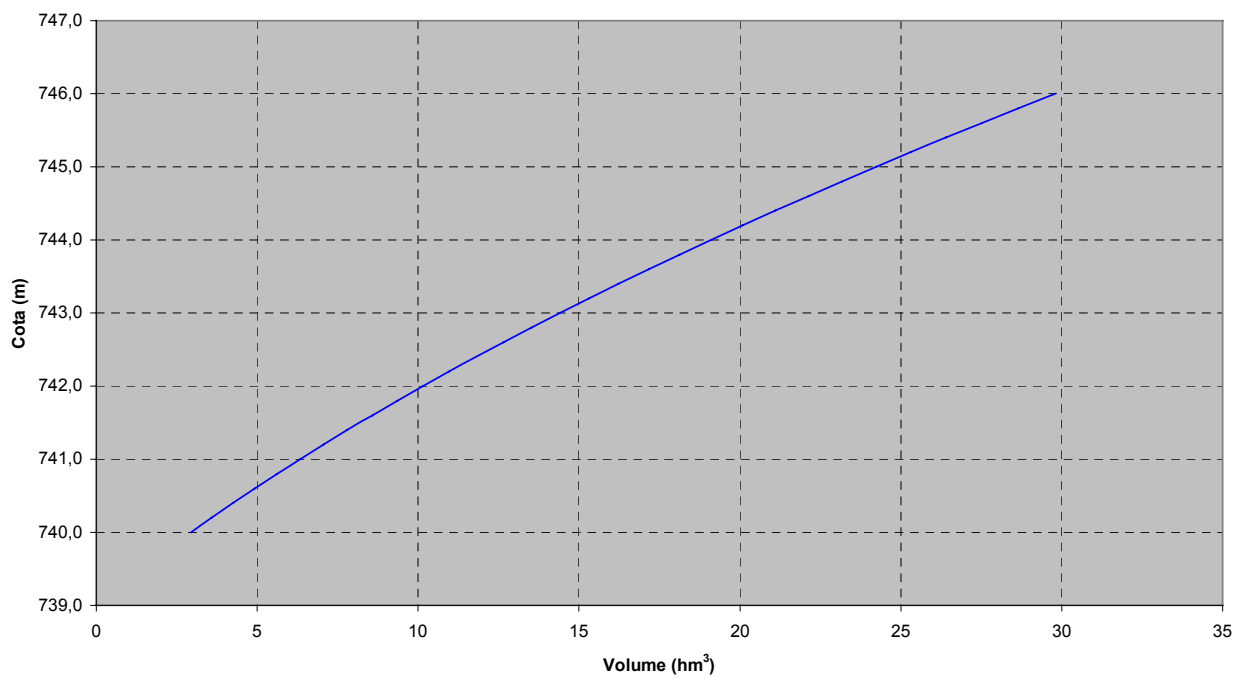


Figura 4 – Relação Cota x Volume do Reservatório Paiva Castro

3. SIMULAÇÃO DA OPERAÇÃO DO SISTEMA CANTAREIRA

3.1 Modelagem Matemática e Computacional

Para a avaliação da disponibilidade hídrica do Sistema Cantareira, isto é, da vazão que pode ser regularizada por cada um dos seus reservatórios e pelo conjunto de reservatórios, para diferentes níveis de garantia, procedeu-se à modelagem matemática e computacional. Para isso, foi utilizado o modelo de rede de fluxo denominado **AcquaNet**, desenvolvido pelo Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões da Escola Politécnica da USP (LabSid). A decisão pela utilização desse modelo teve como critérios:

- a sua versatilidade, que facilita a inclusão, exclusão e modificação dos diferentes elementos que compõem o Sistema;
- a utilização pela SABESP do modelo ModSimP32, desenvolvido pelo LabSid, com características similares ao AcquaNet;
- a sua consistência, que vem sendo testado em diversos sistemas, incluindo os sistemas operados pela SABESP para abastecimento da RMSP.

O módulo AlocaLS do modelo AcquaNet foi utilizado para a simulação das diversas alternativas operacionais do Sistema Cantareira. O Sistema foi representado por uma rede de fluxo, composta por nós – reservatórios, nós de passagem sem armazenamento ou nós de demanda – e arcos ou elos – canais naturais ou artificiais (Figura 5). Os dados do Sistema Cantareira, como as séries de vazões afluentes, as curvas cota x volume, os volumes máximo e mínimo, a capacidade hidráulica dos túneis, as demandas e a respectiva prioridade, dentre outros, foram fornecidos como entrada do modelo.

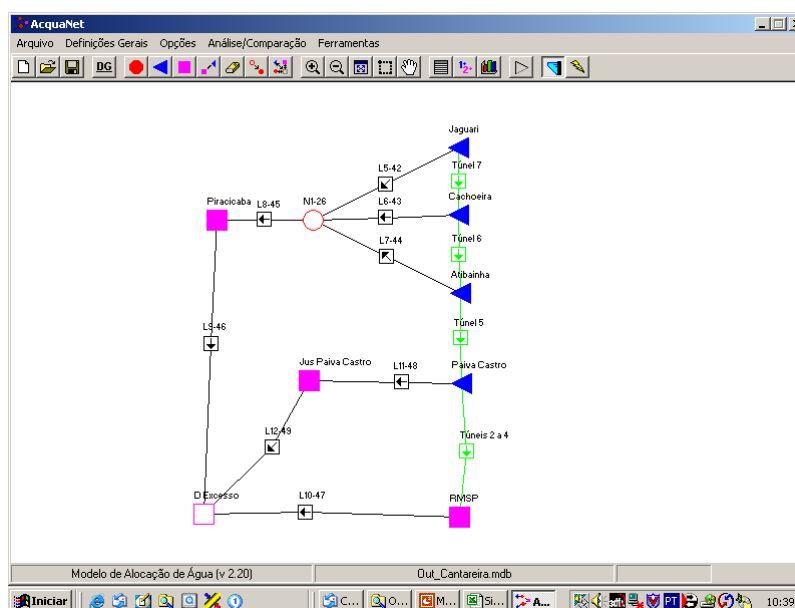


Figura 5 – Representação da Rede de Fluxo do Sistema Cantareira

As transferências de vazões através dos túneis estão relacionadas aos custos, determinados a partir de um custo unitário por unidade de vazão definido pelo usuário. Por sua vez, as demandas associadas a cada nó recebem índices que representam a prioridade de atendimento, a partir da qual pode-se obter o respectivo custo utilizando uma relação linear.

O sistema é resolvido a cada mês, dentro do período das séries de vazões fornecidas. A solução é obtida através do algoritmo de otimização denominado Out-of-Kilter que procura minimizar o custo de operação do sistema, resultado da somatória do produto entre o custo unitário de cada elemento e a respectiva vazão aduzida. A descrição detalhada da modelagem matemática e computacional, bem como do algoritmo de solução, pode ser obtida através de Roberto, A.N.¹

Para as demandas que compõem o Sistema foram atribuídas prioridades, enquanto para os túneis de interligação foram arbitrados custos unitários fixos e iguais. Para cada variante operacional do sistema foram feitas diversas simulações, variando-se o valor total das demandas para a RMSP a ser atendido pelo Sistema Cantareira e para a bacia do rio Piracicaba, esta entendida como a soma das vazões defluentes dos aproveitamentos do Sistema Cantareira. A simulação de cada variante operacional permitiu obter a respectiva garantia, considerada como a percentagem dos meses do histórico de vazões em que a demanda foi atendida.

Nas simulações foram adotados os mesmos custos para as transferências entre os túneis, variando-se apenas as prioridades e a magnitude das demandas para a bacia do rio Piracicaba e para o abastecimento da RMSP.

3.2 Simulação da Operação do Sistema Cantareira

As demandas consideradas nas simulações do Sistema Cantareira como um todo foram:

- RMSP: demanda fixada em 33 m³/s;
- Piracicaba: as demandas variaram entre 4 e 7 m³/s;
- vazão mínima a ser descarregada do reservatório Paiva Castro para o rio Juqueri: fixada em 0,5 m³/s.

A prioridade da demanda a jusante do reservatório Paiva Castro foi fixada em 1, o que representa máxima prioridade. As prioridades das demandas da RMSP e da bacia do rio Piracicaba receberam valores de 1 ou 3.

As simulações foram feitas com passo mensal, para o período de janeiro de 1930 a dezembro de 2003, correspondendo ao histórico de vazões naturais médias mensais dos reservatórios do Sistema Cantareira. Os reservatórios foram considerados com armazenamento pleno no início das simulações, uma vez que os regimes hidrológicos e de operação permitem restabelecer seus volumes.

¹ Roberto, A.N. “Modelos de Rede de Fluxo para Alocação da Água entre Múltiplos Usos de uma Bacia Hidrográfica”, dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia, Agosto de 2.002

As Figuras 6 e 7 apresentam as vazões aduzidas pelo Sistema Cantareira para a RMSP e para a bacia do rio Piracicaba considerando prioridades iguais a um para essas demandas. Verifica-se, nas Figuras 6 e 7, a ocorrência de dois períodos de déficits: de novembro de 1954 a dezembro de 1956 e de novembro de 2002 a novembro de 2003. O primeiro período é mais prolongado; entretanto, apresenta déficits de menor magnitude. Para o caso particular da demanda da bacia do rio Piracicaba, de 7 m³/s, ocorre um déficit adicional no período de outubro a novembro de 1945.

É importante notar que, em simulações como estas, que não consideram cenários hidrológicos futuros ou previsões de afluências, os déficits são concentrados mas com grande magnitude. A Figura 8 apresenta a soma dos volumes dos reservatórios do Sistema Cantareira, expressa em percentagens do volume útil. Verifica-se que nos períodos mencionados no parágrafo anterior os reservatórios atingem o volume nulo, passando a aduzir somente as vazões afluentes, operando a fio de água.

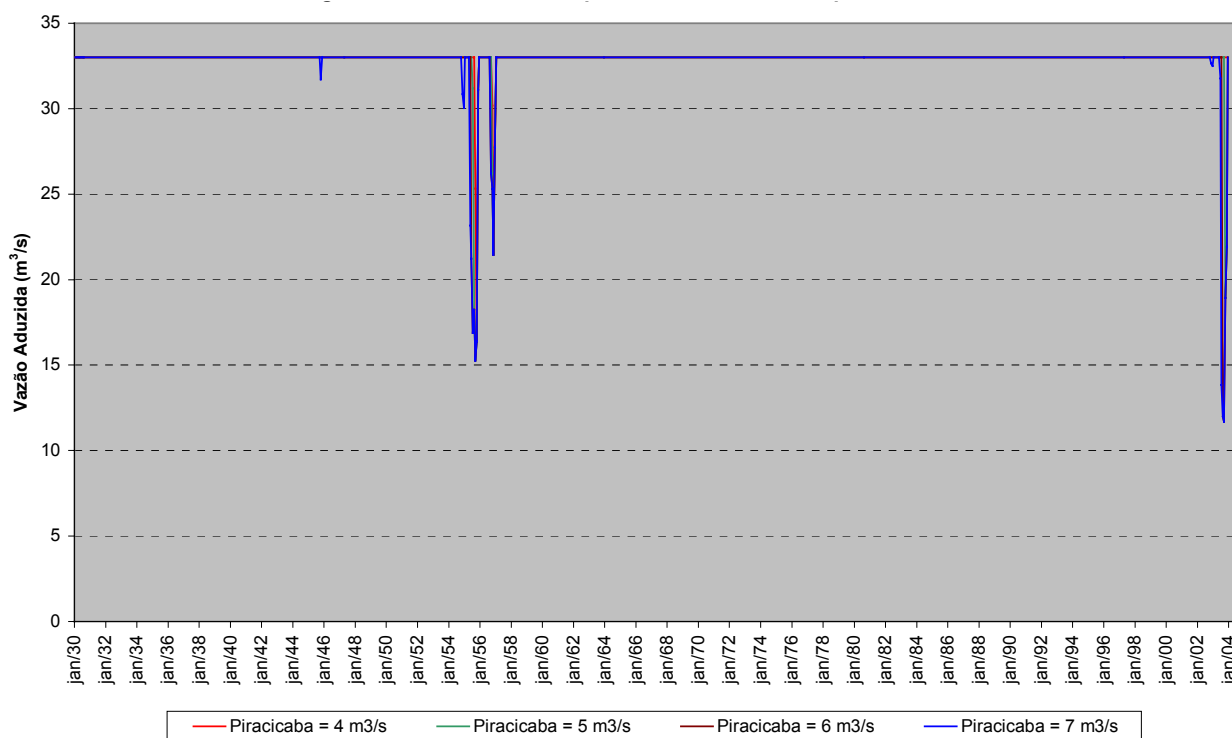


Figura 6 – Vazões de retirada do Sistema Cantareira para a RMSP

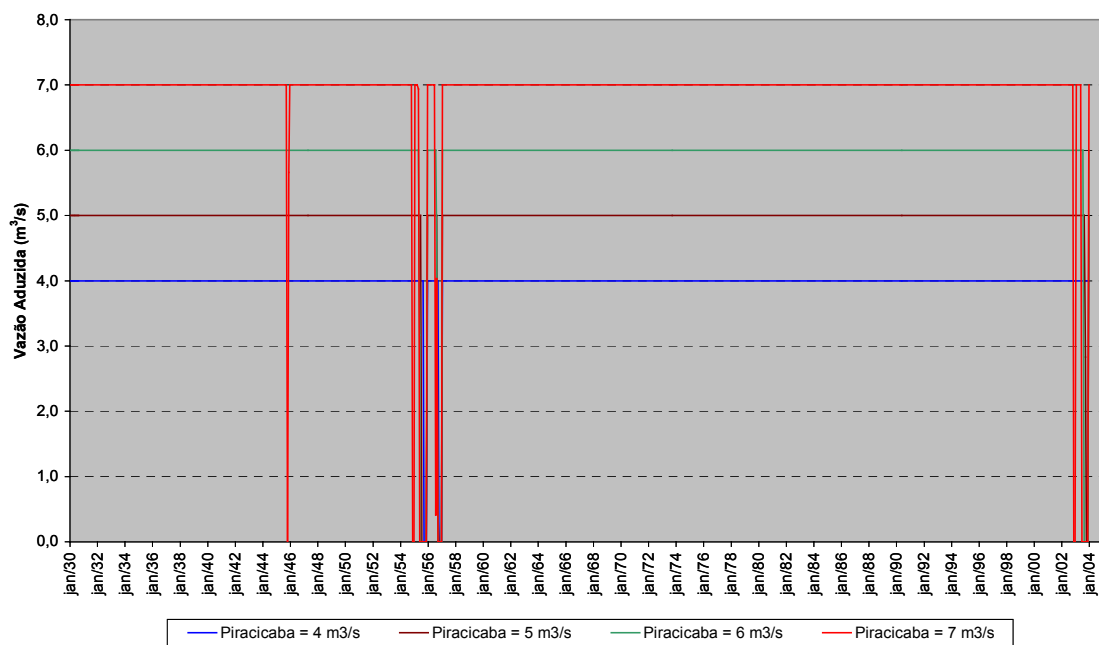


Figura 7 – Vazões de retirada do Sistema Cantareira para a bacia do rio Piracicaba sem considerar os vertimentos

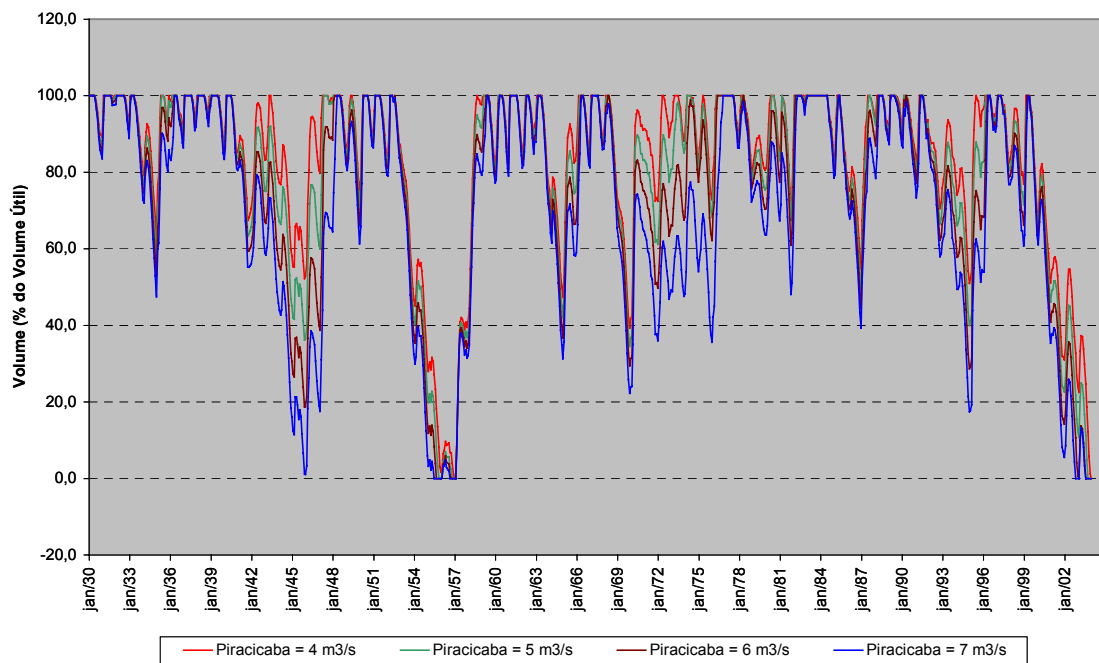


Figura 8 – Volumes dos Reservatórios do Sistema Cantareira

3.3 Síntese dos Resultados

Os resultados obtidos foram analisados quanto à garantia de atendimento das demandas. As Tabelas 2 a 4 apresentam as garantias de atendimento das demandas para as diferentes prioridades consideradas. Verifica-se que as garantias para a RMSP são pouco sensíveis às prioridades, havendo apenas variações nas magnitudes dos déficits.

TABELA 2 – GARANTIAS DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS PARA PRIORIDADES IGUAIS A UM PARA AMBAS AS DEMANDAS

Vazão Objetivo (m³/s)		Risco (%)		Garantia (%)	
Piracicaba	RMSP	Piracicaba	RMSP	Piracicaba	RMSP
3,30	33,00	0,0	0,0	100,0	100,0
4,00	33,00	0,7	0,7	99,3	99,3
5,00	33,00	1,4	1,1	98,7	98,9
6,00	33,00	1,8	1,6	98,2	98,4
7,00	33,00	2,8	2,5	97,2	97,5

TABELA 3 - GARANTIAS DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS PARA PRIORIDADE 1 NA RMSP E 3 NA BACIA DO RIO PIRACICABA

Vazão Objetivo (m³/s)		Risco (%)		Garantia (%)	
Piracicaba	RMSP	Piracicaba	RMSP	Piracicaba	RMSP
3,30	33,00	0,0	0,0	100,0	100,0
4,00	33,00	0,7	0,7	99,3	99,3
5,00	33,00	1,4	1,1	98,7	98,9
6,00	33,00	1,8	1,6	98,2	98,4
7,00	33,00	2,8	2,5	97,2	97,5

TABELA 4 - GARANTIAS DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS PARA PRIORIDADE 3 NA RMSP E 1 NA BACIA DO RIO PIRACICABA

Vazão Objetivo (m³/s)		Risco (%)		Garantia (%)	
Piracicaba	RMSP	Piracicaba	RMSP	Piracicaba	RMSP
3,30	33,00	0,0	0,0	100,0	100,0
4,00	33,00	0,0	0,7	100,0	99,3
5,00	33,00	0,0	1,4	100,0	98,7
6,00	33,00	0,0	1,8	100,0	98,2
7,00	33,00	0,0	3,0	100,0	97,0

A Figura 9 apresenta a variação das garantias de atendimento das demandas para a bacia do rio Piracicaba e para a RMSP em função das vazões defluentes do Sistema para a bacia do rio

Piracicaba. Os resultados indicam que as garantias estão acima de 95% para as alternativas consideradas. No entanto, do aspecto prático, esta operação resultaria em períodos com colapso de abastecimento, resultado de déficits de grande magnitude.

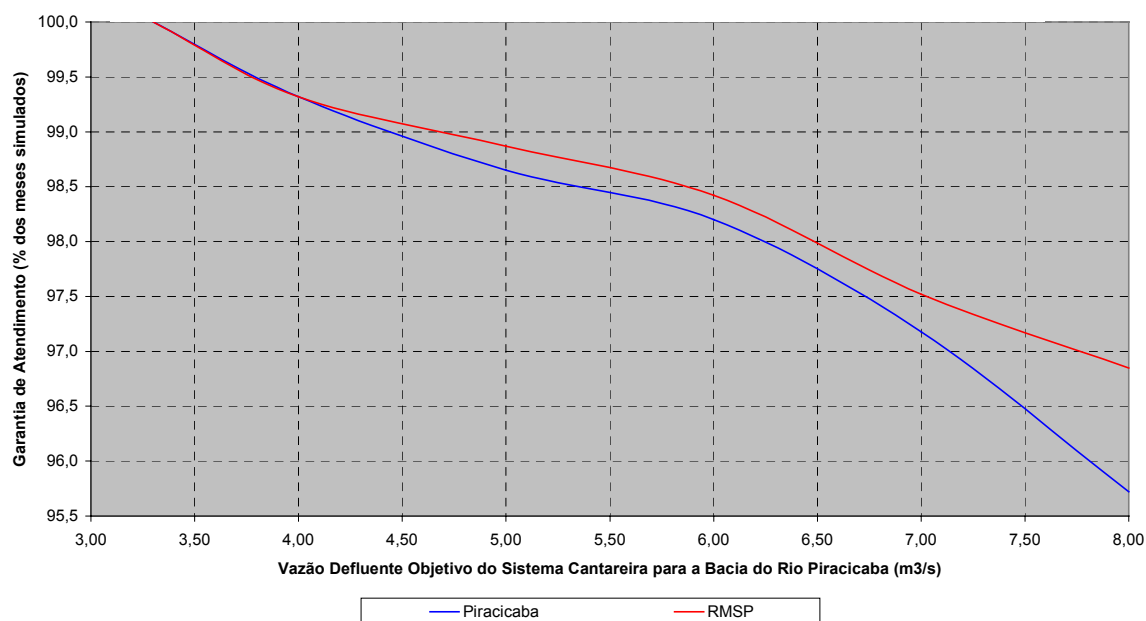


Figura 9 – Garantia de Atendimento das demandas da Bacia do Piracicaba e da RMSP

As Tabelas 2 a 4 indicam que a vazão regularizada pelo Sistema, com garantia de 100 %, resulta em 36,3 m³/s. Para verificar a influência da integração do Sistema Cantareira e, em particular, os ganhos propiciados pelo reservatório Paiva Castro, foram feitas simulações complementares, considerando os aproveitamentos em operação isolada e em operação integrada, sem a presença do aproveitamento Paiva Castro. Foram determinados, também, os ganhos de sinergia hídrica pela integração do Sistema Cantareira através dos túneis 5 a 7. A Tabela 5 apresenta a síntese dos resultados.

TABELA 5 – SÍNTESE DAS AVALIAÇÕES DAS VAZÕES REGULARIZADAS NO SISTEMA CANTAREIRA

Aproveitamentos	Vazão Regularizada (m ³ /s)
Jaguari-Jacareí em operação isolada	22,2
Cachoeira em operação isolada	4,1
Atibainha em operação isolada	4,6
Paiva Castro em operação isolada	1,8
Total isolado com Paiva Castro	32,7
Total isolado sem Paiva Castro	30,9
Total com Integração com Paiva Castro	36,3
Total com Integração sem Paiva Castro	33,6
Sinergia do sistema com Paiva Castro	3,6
Sinergia do sistema sem Paiva Castro	2,7
Sinergia do reservatório Paiva Castro	0,9

Os resultados indicaram que a vazão regularizada pelos reservatórios Jaguari-Jacareí, Cachoeira e Atibainha, em operação integrada, perfaz 33,6 m³/s. Desta forma, a inclusão do reservatório Paiva Castro no Sistema Cantareira resulta em um ganho de vazão regularizada de 2,7 m³/s, sendo 2,2 m³/s integrados ao abastecimento da RMSP e 0,5 m³/s mantidos como defluência mínima no rio Juqueri.

Verifica-se na Tabela 5 que a sinergia do Sistema Cantareira atinge 3,6 m³/s, que corresponde a 10,7 % da vazão regularizada total. O reservatório Paiva Castro em operação isolada teria uma vazão regularizada de 1,8 m³/s. Dessa forma, uma vez que a operação integrada do Sistema Cantareira resulta um ganho de sinergia de 2,7 m³/s, há um ganho hídrico de 0,90 m³/s.

4. CONCEPÇÃO DO MODELO DE OPERAÇÃO DO SISTEMA CANTAREIRA

4.1 Introdução

Pela Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, cabe à ANA, entre suas atribuições, definir e fiscalizar as condições de operação de reservatórios por agentes públicos e privados, visando a garantir o uso múltiplo dos recursos hídricos, conforme estabelecido nos planos de recursos hídricos das respectivas bacias hidrográficas.

No caso específico da alocação de água do Sistema Cantareira, pela sua importância, está sendo proposta a adoção de uma metodologia baseada em um mecanismo de representação de aversão ao risco de racionamento. O mecanismo adotado consiste no emprego de Curvas Bianaais de Aversão a Risco – CAR para o Sistema Equivalente formado pelos reservatórios de Jaguari-Jacareí, Cachoeira e Atibainha, as quais estabelecem níveis de água armazenada, em base mensal, adotados como referência de segurança para o atendimento das demandas. A Figura 10 a seguir apresenta os reservatórios do Sistema Cantareira e os quatro pontos de entrega das vazões de retirada do Sistema Equivalente.

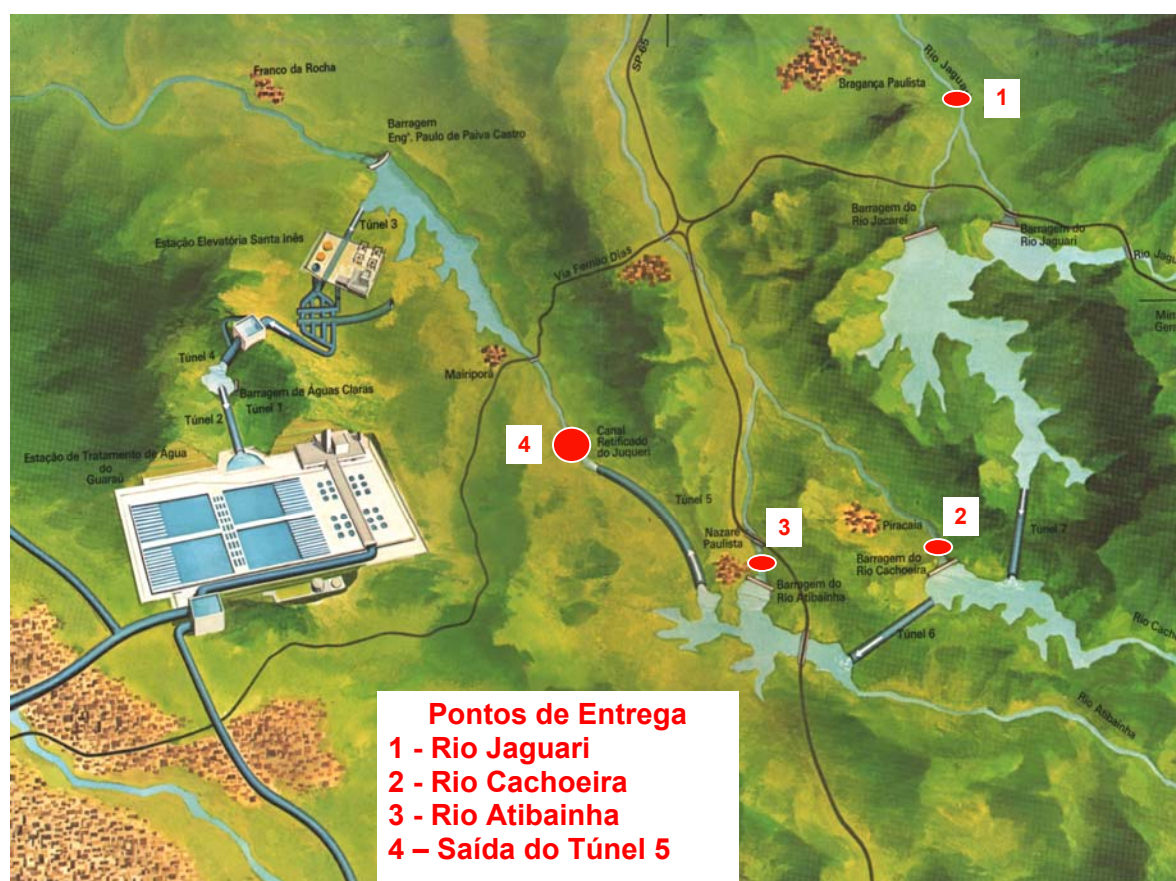


Figura 10 – Pontos de Entrega das Vazões de Retirada

4.2 Curvas de Aversão a Risco

O Sistema Cantareira atende cerca de 9 milhões de pessoas na RMSP. Os resultados apresentados no item 3 deste relatório indicam altas garantias de atendimento, mas com déficits de grande magnitude. Em função destes resultados e da grande dependência do abastecimento da RMSP das águas provenientes do Sistema Cantareira, há a necessidade de se contar com regras operativas que evitem o colapso de abastecimento das regiões envolvidas.

A alternativa metodológica selecionada para a operação do Sistema Cantareira foi a utilização de Curvas de Aversão a Risco-CAR. Esta metodologia tem como base a previsão de afluições nos meses subsequentes a partir de vazões observadas, julgadas representativas. Esta sequência de vazões é denominada de cenário hidrológico.

Na construção das Curvas de Aversão a Risco adotadas nesta Nota Técnica foi considerado que ao final do período de previsão representado pelo cenário hidrológico deveria haver no Sistema Equivalente, uma reserva estratégica, isto é, um volume mínimo desejável no final do biênio.

Como já foi comentado, o Sistema Equivalente representa a soma dos volumes úteis dos reservatórios Jaguari-Jacareí, Cachoeira e Atibainha. A demanda a ser atendida pelo Sistema Equivalente foi estimada em $31 \text{ m}^3/\text{s}$, pela diferença entre a demanda total da RMSP a ser atendida pelo Sistema Cantareira ($33 \text{ m}^3/\text{s}$) e o ganho de sinergia hídrica relativa ao reservatório de Paiva Castro ($2,7 \text{ m}^3/\text{s}$) reduzida da vazão a ser mantida a jusante do mesmo ($0,5 \text{ m}^3/\text{s}$).

A análise dos períodos críticos da alta bacia do rio Piracicaba e, em especial, o evento hidrológico do período de 1953 a 1954 indicaram a necessidade de os cenários hidrológicos terem período de 2 anos. Assim, a construção das Curvas de Aversão a Risco seguiu as seguintes etapas:

- é fixada uma vazão qualquer Q para a construção da Curva de Aversão a Risco, que representa a vazão de retirada para atendimento da bacia do rio Piracicaba e da RMSP;
- estabelece-se uma reserva estratégica (Vol_t) para o volume do Sistema Cantareira, desejável ao final do período de 2 anos;
- determina-se o volume requerido no final do mês antecedente ao último período da simulação (Vol_{t-1}) pela soma do volume da reserva estratégica (Vol_t) com a diferença entre o volume a ser aduzido ($Q \cdot \Delta t$) e o volume afluyente ($Q_{\text{afl}_t} \cdot \Delta t$), ou seja:

$$\text{Vol}_{t-1} = \text{Vol}_t + (Q - Q_{\text{afl}_t}) \cdot \Delta t$$

- o procedimento, então, é repetido até o início do período, determinando-se para cada mês t o volume requerido para adução da vazão Q , ou seja:

$$\text{Vol}_{t-2} = \text{Vol}_{t-1} + (Q - Q_{\text{afl}_{t-1}}) \cdot \Delta t$$

onde t é o índice que representa o mês e Δt é o intervalo de tempo representado pelo período de 1 mês;

O mencionado procedimento é repetido para diversas vazões de retirada – Q .

As Curvas de aversão a risco foram definidas considerando os reservatórios Jaguari-Jacareí, Cachoeira e Atibainha, perfazendo um volume útil de $978,57 \text{ hm}^3$. A Figura 11 apresenta, a título

ilustrativo, as Curvas de Aversão a Risco elaboradas para uma reserva estratégica de 5% e um cenário hidrológico do período bianual de mínima disponibilidade hídrica, correspondente ao biênio de 1953/1954.

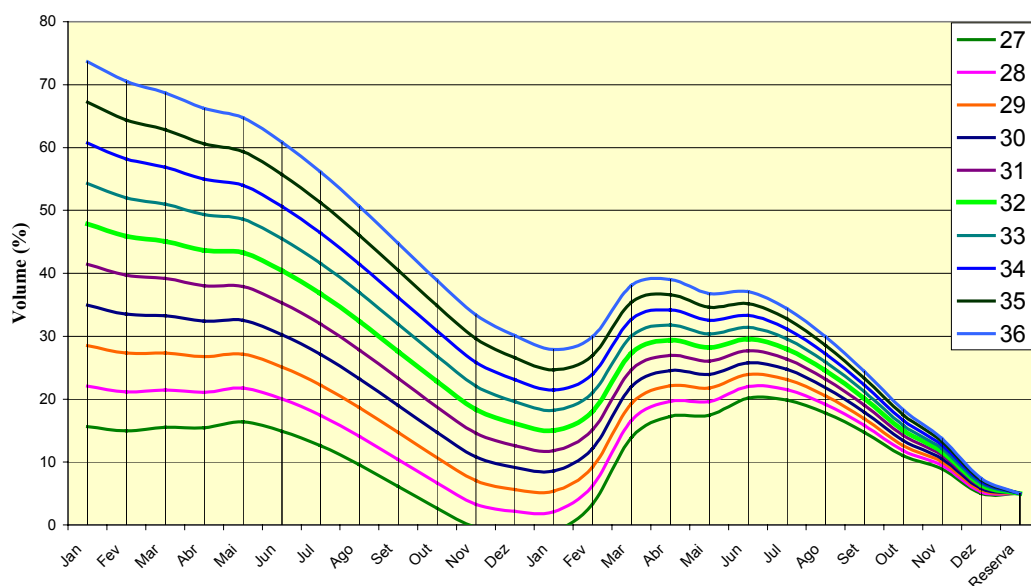


Figura 11 – Curvas de Aversão a Risco para Diversas Vazões de Retirada Considerando o Pior Biênio Hidrológico e uma Reserva Estratégica de 5%

A vazão de retirada representa a soma das vazões defluentes dos reservatórios do Sistema Cantareira para a bacia do rio Piracicaba, excluindo-se os vertimentos, e da vazão de transferência para a bacia do Alto Tietê através do túnel 5.

4.3 Concepção do Modelo de Operação

Conforme acordado na reunião realizada nas dependências da ANA, em 13 de julho de 2004, na qual participaram representantes da ANA e do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo-DAEE (ver Ajuda-Memória no Anexo C-I), as condições de operação dos reservatórios devem considerar os seguintes critérios:

- a avaliação da disponibilidade hídrica para atendimento das demandas da RMSP e da bacia do rio Piracicaba será feita com base em Curvas de Aversão a Risco, utilizando o armazenamento dos reservatórios do Sistema Equivalente, tendo como meta um volume mínimo, uma reserva estratégica, ao final do cenário hidrológico adotado, que é o pior biênio do histórico, 1953 a 1954.

- devem ser definidas demandas prioritárias e secundárias quanto à prioridade de atendimento das demandas da RMSP e da bacia do rio Piracicaba. As demandas da RMSP deverão ser atendidas pelas aduções através do túnel 5, enquanto a bacia do rio Piracicaba será suprida pelas vazões defluentes dos reservatórios Jaguari-Jacareí, Cachoeira e Atibainha. A distribuição da disponibilidade hídrica para atendimento das demandas utilizará regras de proporcionalidades e prioridades;
- existirá flexibilidade para a distribuição sazonal das vazões respeitados os totais médios intra- anuais outorgados. No entanto, as vazões efluentes instantâneas dos reservatórios não poderão ser inferiores às mínimas a serem estabelecidas no ato de outorga;
- a diferença entre as perdas devido à evaporação do reservatório e os ganhos de vazão devido à chuva direta sobre o reservatório (evaporação líquida) foi considerada nula;
- volumes de espera: não foram consideradas restrições nas acumulações máximas para proteção contra enchentes das comunidades de jusante, devendo estas serem consideradas na programação da operação mensal.

A Tabela 6 apresenta as alternativas estudadas de demandas para a RMSP pelo túnel 5 e para a bacia do rio Piracicaba.

TABELA 6 – DEMANDAS PARA A RMSP E PARA BACIA DO RIO PIRACICABA NO SISTEMA CANTAREIRA

Demanda Total (m ³ /s)	Demanda RMSP/SABESP			Demanda Piracicaba		
	Demanda Total (m ³ /s)	Demanda Prioritária (m ³ /s)	Demanda Secundária (m ³ /s)	Demanda Total (m ³ /s)	Demanda Prioritária (m ³ /s)	Demanda Secundária (m ³ /s)
34,0	30,0	24,8	5,2	4,0	2,0	2,0
35,0	30,0	24,8	5,2	5,0	2,0	3,0
35,0	31,0	24,8	6,2	4,0	2,0	2,0
36,0	30,0	24,8	5,2	6,0	2,0	4,0
36,0	31,0	24,8	6,2	5,0	2,0	3,0
37,0	30,0	24,8	5,2	7,0	2,0	5,0
37,0	31,0	24,8	6,2	6,0	2,0	4,0

observação: A demanda RMSP/SABESP corresponde apenas ao conjunto formado pelos reservatórios Jaguari-Jacareí, Cachoeira e Atibainha

No caso da disponibilidade hídrica do Sistema Equivalente dada pela CAR não ser suficiente para atender as demandas, o rateio será proporcional à participação de cada um no total referente à mesma prioridade.

Para deixar claro o critério de rateio, são apresentados na Tabela 7 um exemplo de demanda e alguns exemplos de rateio da disponibilidade hídrica.

TABELA 7 – EXEMPLOS DE DEMANDA E DE RATEIO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Região	Demanda prioritária (m ³ /s)	Demanda secundária (m ³ /s)	Demanda total (m ³ /s)
RMSP	24,8	6,2	31,0
Rio Piracicaba	3,0	2,0	5,0
Total	27,8	8,2	36,0

Exemplos	Disponibilidade hídrica dada pela CAR (m ³ /s)	Vazão de transferência para a RMSP (m ³ /s)	Vazões defluentes para a bacia do rio Piracicaba (m ³ /s)
1	29,0	25,7	3,3
2	33,0	28,7	4,3
3	38,0	31,0	5,0

4.4 Modelagem Matemática e Computacional do Modelo de Operação

Para a análise das regras de operação foi desenvolvido um modelo matemático-computacional para simulação do Sistema Cantareira, considerando diversos cenários hidrológicos, reservas estratégicas e demandas para a bacia do rio Piracicaba e para a RMSP. O modelo foi concebido para simulação do Sistema Cantareira no período de janeiro de 1930 a dezembro de 2003, correspondendo ao histórico de vazões.

A Figura 12 apresenta uma síntese das principais etapas de cálculo do modelo desenvolvido para simulação. Em amarelo estão as etapas correspondentes a entrada de dados, incluindo a definição das demandas prioritária e secundária para cada mês do ano, o volume útil, a reserva estratégica, o volume inicial para fins de simulação e o cenário hidrológico a ser considerado.

Em azul, está indicado o modelo de obtenção das Curvas de Aversão a Risco, desenvolvido pelo Prof. Dr. Rubem La Laina Porto. As Curvas de Aversão a Risco são geradas automaticamente a partir do volume útil do Sistema Equivalente, da reserva estratégica e do cenário hidrológico adotado.

Em fundo branco, está indicado o modelo de processamento do balanço hídrico e de partição da disponibilidade hídrica. Para um mês qualquer, determina-se a vazão afluente do Sistema Equivalente, a partir da soma das vazões naturais médias mensais dos reservatórios Jaguari-Jacaré, Cachoeira e Atibainha para o respectivo mês. Com base no armazenamento do Sistema e nas Curvas de Aversão a Risco, determina-se a disponibilidade hídrica para o mês. A disponibilidade hídrica mensal é subdividida para atendimento das demandas da RMSP e da bacia do rio Piracicaba. O processamento mensal termina através do balanço hídrico do reservatório, quando é determinado o volume no final do mês. O volume no início do mês subsequente é considerado igual ao volume no final do mês anterior.

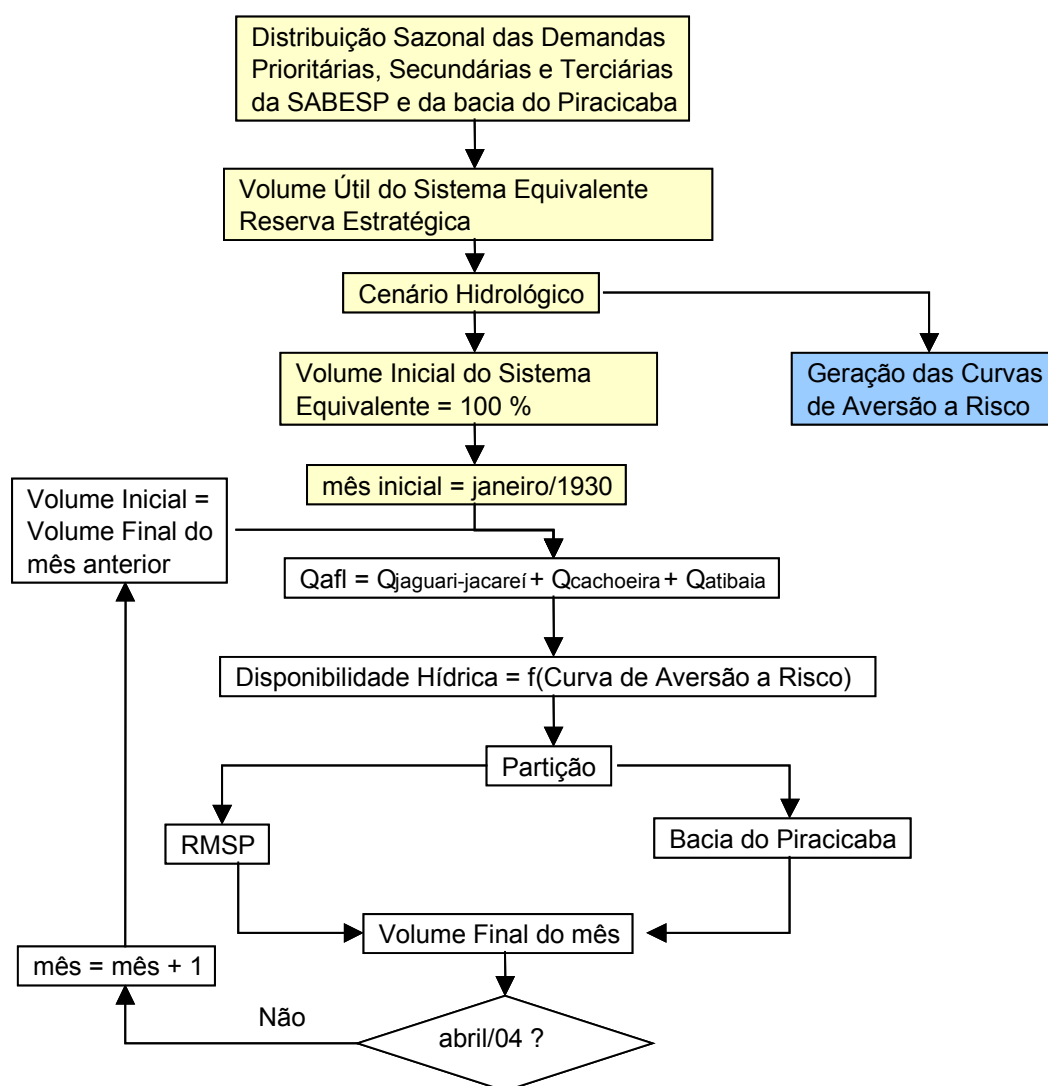


Figura 12–Fluxograma das Etapas do Modelo de Simulação das Regras Operacionais

5. SIMULAÇÕES DA OPERAÇÃO DO SISTEMA EQUIVALENTE CONSIDERANDO A CAR E AS PRIORIDADES DE ATENDIMENTO

5.1 Alternativa Operacional Seleccionada

Na reunião realizada na ANA, em 13 de julho, procurou-se identificar, para cada alternativa de demanda total, os parâmetros operacionais que permitissem a operação segura do Sistema Cantareira, resultando em atendimento adequado das demandas, com base nos estudos desenvolvidos pela ANA e pelo DAEE.

Na Tabela 6, do item anterior, são apresentadas as diversas alternativas de demandas (totais, RMSP e bacia do rio Piracicaba) a serem supridas pelo Sistema Equivalente. Essas alternativas compreendem demandas totais variando entre 34 e 37 m³/s.

Com base nessas demandas totais, foram feitas simulações com passo mensal para o período de janeiro de 1930 a abril de 2004, correspondendo ao histórico de vazões naturais médias mensais.

A análise dos resultados permite concluir que a utilização das Curvas de Aversão a Risco diminui a garantia de suprimento da demanda total, mas evita o colapso de abastecimento mantendo vazões mínimas superiores. As garantias aumentam com a redução das reservas estratégicas. Porém, no mesmo sentido, observa-se um valor máximo para as vazões mínimas aduzidas e, em seguida, a diminuição progressiva dos valores, podendo atingir uma situação de colapso de abastecimento.

Para melhor ilustrar as diferenças de desempenho do Sistema Cantareira em função dos parâmetros operacionais, apresentam-se nas Figuras 13 e 14 os hidrogramas das vazões totais aduzidas para duas alternativas, resultado da operação para uma demanda total de 35 m³/s. A primeira, mais conservadora, adota um cenário hidrológico crítico correspondente ao ano mais seco e uma reserva estratégica de 15% do volume útil. A segunda, mais ousada, utiliza um cenário hidrológico com 5% de risco e uma reserva estratégica de 5% do volume útil. A primeira alternativa operacional resulta em freqüentes racionamentos das vazões de retirada e, portanto, baixa garantia com vazão mínima pouco abaixo de 26,0 m³/s. Na segunda alternativa operacional, a freqüência de períodos de racionamento diminui e a vazão mínima é superior a 26,0 m³/s. Portanto, cabe identificar o conjunto de parâmetros operacionais que permite o desempenho adequado do Sistema Cantareira.

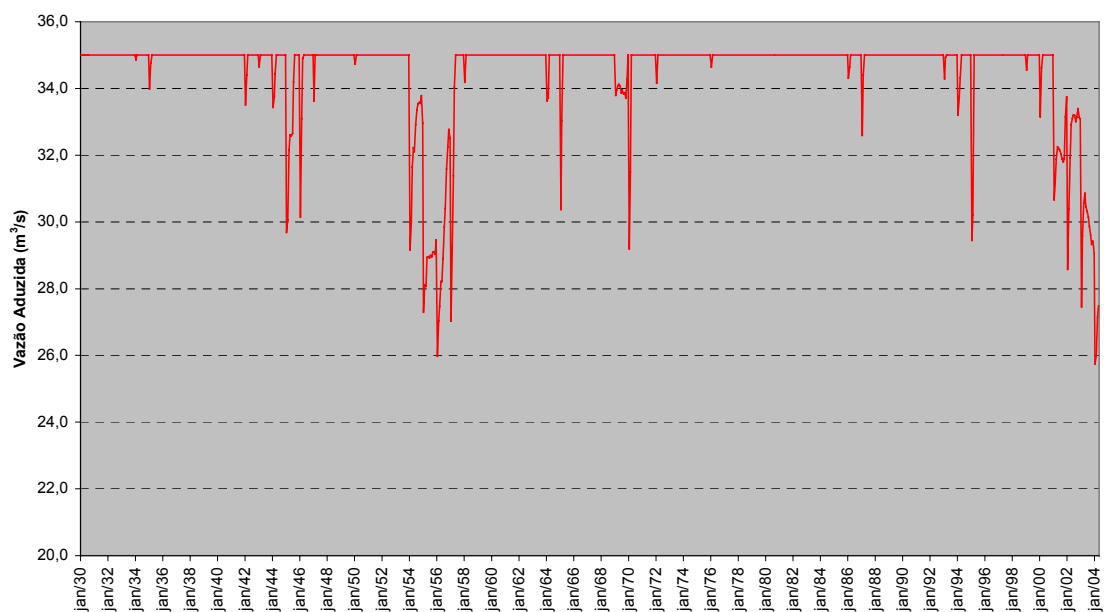


Figura 13 – Hidrograma das Vazões de Retirada na Operação com Curva de Aversão a Risco
Vazão de Retirada Total de 35m³/s – Cenário Ano Mais Seco e Reserva Estratégica de 15%

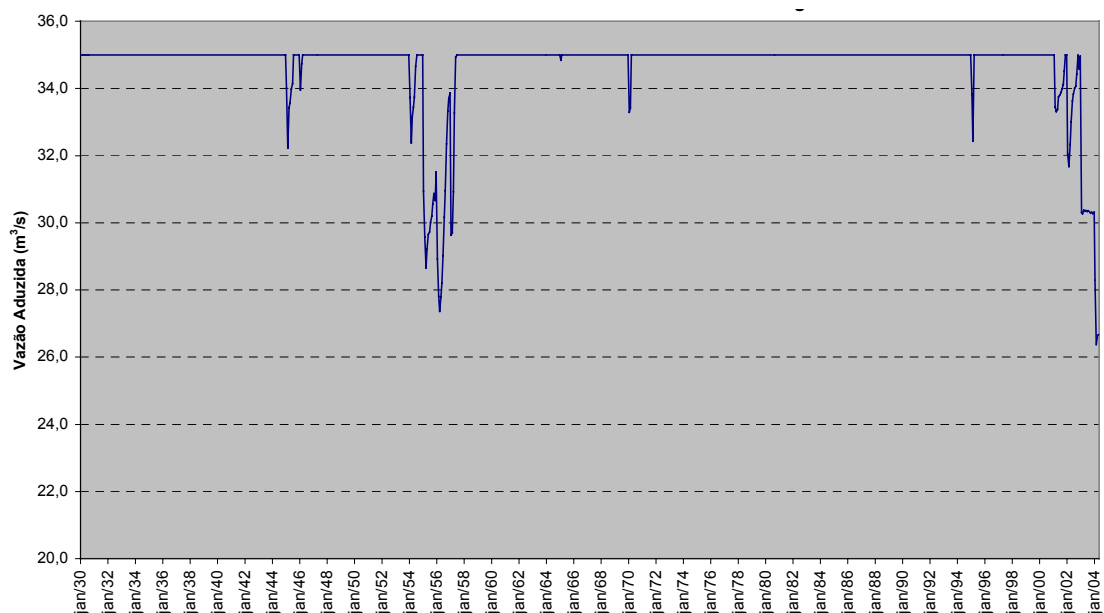


Figura 14 – Hidrograma das Vazões de Retirada na Operação com Curva de Aversão a Risco
Vazão de Retirada Total de 35m³/s – Cenário com 5% de Risco e Reserva Estratégica de 5%

Considerando os resultados das simulações e a importância do Sistema Cantareira no abastecimento da RMSP e da bacia do rio Piracicaba, foram definidos, pela ANA e o DAEE, os seguintes critérios a serem adotados na definição das condições de operação dos reservatórios:

- vazão de retirada máxima: $36 \text{ m}^3/\text{s}$;
- demanda prioritária para a RMSP: $24,8 \text{ m}^3/\text{s}$;
- demanda secundária para a RMSP: $6,2 \text{ m}^3/\text{s}$;
- demanda prioritária para a bacia do rio Piracicaba: $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$;
- demanda secundária para a bacia do rio Piracicaba: $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$;
- rateio da disponibilidade hídrica proporcional à participação de cada um no total referente à mesma prioridade, quando a mesma não for suficiente para atender a demanda total;
- CAR com o cenário hidrológico seco (biênio de 1953 a 1954);
- reserva estratégica de 5 % no final do biênio.

A CAR apresentada na Figura 11 foi obtida considerando o cenário hidrológico seco (biênio de 1953 a 1954) e uma reserva estratégica no final do biênio de 5 %. No Anexo C –II são apresentados os limites de vazão de retirada em função do armazenamento do Sistema Equivalente, através de uma tabela e de curvas mensais.

5.2 Resultados da Simulação da Alternativa Selecionada

As Figuras 15 e 16 apresentam os hidrogramas das vazões de transferência para a RMSP e das vazões defluentes para a bacia do rio Piracicaba, obtidos com as simulações do período histórico, considerando os limites de vazão de retirada apresentados no Anexo C-II.

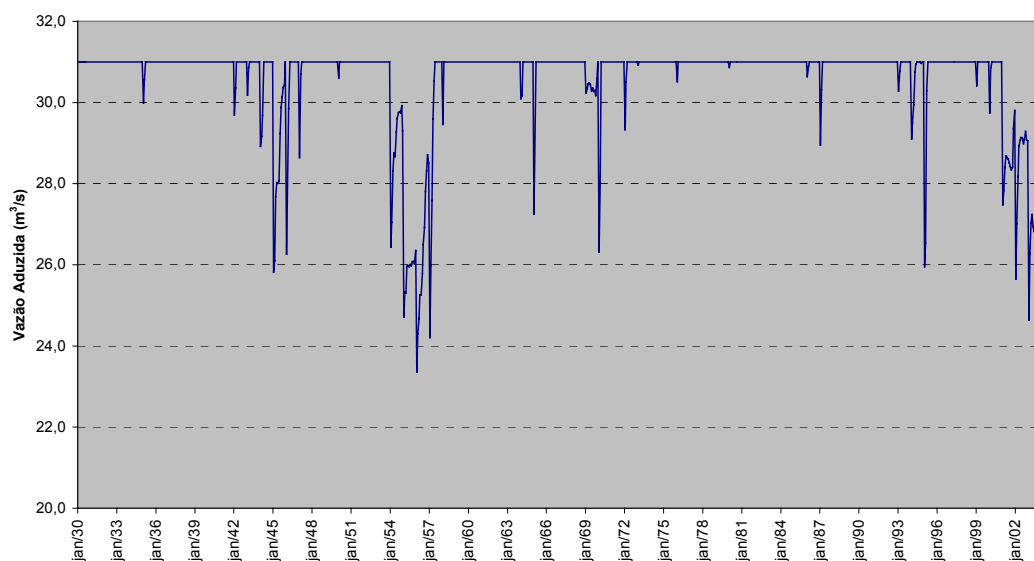


Figura 15 – Hidrograma das Vazões de Retirada pelo Sistema Equivalente através do Túnel 5 na Operação Com Curvas de Aversão a Risco

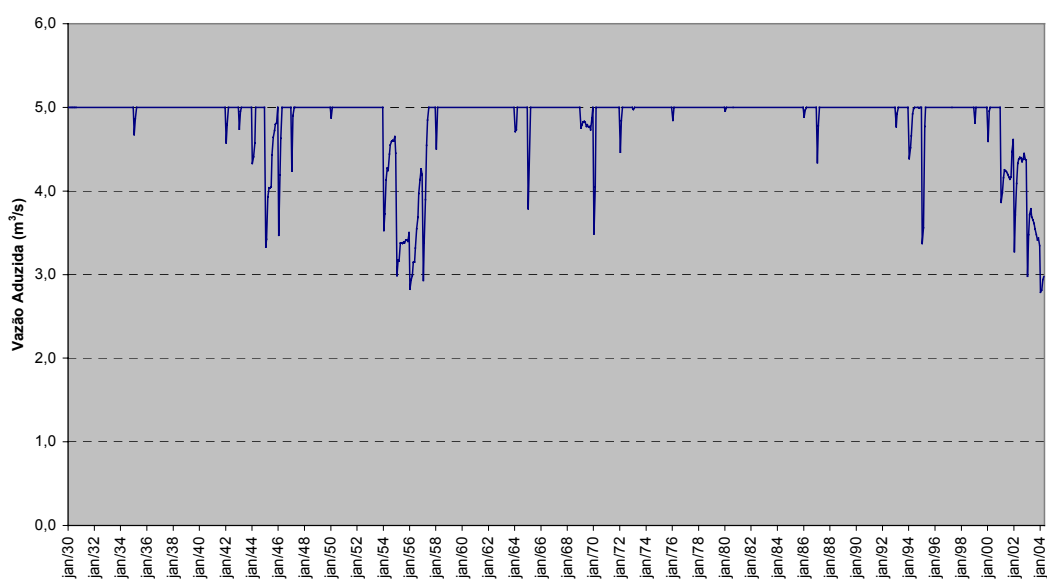


Figura 16 – Hidrograma das Vazões de Retirada pelo Sistema Equivalente para a Bacia do Rio Piracicaba sem considerar os vertimentos na Operação Com Curvas de Aversão a Risco

A Tabela 8 apresenta um resumo estatístico dos resultados da simulação para a alternativa selecionada, considerando o período histórico de 1930 a 2004.

TABELA 8 – SÍNTESE DOS RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES DA ALTERNATIVA SELECIONADA

demanda RMSP (m ³ /s)	31,0
demanda PIRACICABA (m ³ /s)	5,0
Garantia (%)	83%
Vazão Média (m ³ /s)	35,4
Vazão 95 % (m ³ /s)	30,7
Vazão Mínima (m ³ /s)	25,8
Garantia RMSP (%)	83%
Vazão Média RMSP (m ³ /s)	30,55
Vazão 95 % RMSP (m ³ /s)	27,02
Vazão Mínima RMSP (m ³ /s)	23,04
Garantia PIRACICABA (%)	83%
Vazão Média PIRACICABA (m ³ /s)	4,86
Vazão 95 % PIRACICABA (m ³ /s)	3,72
Vazão Mínima PIRACICABA (m ³ /s)	2,79
Volume Médio (%)	78,9
Volume 95 % dos Meses (%)	30,1
Volume Mínimo (%)	6,8
Frequência com Vertimento (%)	19%
Vazão Média Vertida (m ³ /s)	5,06

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conforme se pode observar na Tabela 8, em 83 % do tempo a vazão de retirada é de 36 m³/s. A vazão com garantia de 95% é de 30,7 m³/s e a vazão mínima é de 25,8 m³/s.

Dessa forma, pode-se concluir que são adequados os critérios adotados para o estabelecimento das condições de operação apresentados abaixo:

- vazão de retirada máxima: 36 m³/s;
- demanda prioritária para a RMSP: 24,8 m³/s;
- demanda secundária para a RMSP: 6,2 m³/s;
- demanda prioritária para a bacia do rio Piracicaba: 3,0 m³/s;
- demanda secundária para a bacia do rio Piracicaba: 2,0 m³/s;
- rateio da disponibilidade hídrica proporcional à participação de cada um no total referente à mesma prioridade, quando a mesma não for suficiente para atender a demanda total;
- CAR com o cenário hidrológico seco (biênio de 1953 a 1954);
- reserva estratégica de 5 % ao final do biênio.

Em função dos estudos realizados, recomenda-se:

- iniciar a operação utilizando a metodologia de curvas de aversão a risco. Deve ser considerada a possibilidade da mesma ser alterada, desde que fique caracterizada uma melhora no desempenho;
- permitir, dentro de cada ano, a distribuição sazonal das vazões;
- estabelecer um Grupo de Operação do Sistema (GOS) formado, no mínimo, pela ANA, DAEE, Comitês PCJ, Comitê do Alto Tietê e SABESP;
- realizar mensalmente reuniões para a definição das condições operacionais para o mês subsequente) sob a coordenação do GOS;
- prever a possibilidade de alternativas tecnológicas para as regras operativas, que permita considerar previsões de afluentes ou outros avanços tecnológicos, desde que aprovadas pelo GOS;
- solicitar à SABESP a memória de cálculo dos dados fornecidos, incluindo as curvas cota x área x volume, cotas e dimensões das estruturas hidráulicas, curvas de descarga e volumes;
- requerer da SABESP a implantação de monitoramento com telemetria de níveis de água, chuva e vazões, bem como instalação de postos fluviométricos e medições sistemáticas de descargas líquidas e sólidas;
- requerer da SABESP a revisão das curvas cota x volume dos reservatórios que compõem o Sistema Cantareira;

- implantar os procedimentos necessários para garantir a informação pública da operação do Sistema Cantareira, com publicação do monitoramento, incluindo chuva, níveis de água, volumes, vazões nos postos fluviométricos, vazões transferidas entre os túneis, vazões afluentes e defluentes, entre outros aspectos.

ANEXO C-I – MEMÓRIA DA REUNIÃO REALIZADA NA ANA

EM 13 DE JULHO DE 2004

AJUDA A MEMÓRIA DE REUNIÃO

1. Reuniões realizadas em 13 de julho de 2004, na sede da Agência Nacional de Águas – ANA, na cidade de Brasília/DF entre representantes do Estado de São Paulo e da ANA para a discussão dos instrumentos, a seguir listados:

- Minuta da Resolução para delegação da competência de outorga do direito de uso dos recursos hídricos;
- Minuta de Resolução Conjunta ANA/Departamento de Água e Energia – DAEE para a definição das condições da operação dos reservatórios do Sistema Cantareira;
- Minuta de Convênio para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos da bacia – PCJ.

2. A reunião foi coordenada pelo Diretor da ANA, Benedito Braga. Participaram o Superintendente de Usos Múltiplos, Dr. Joaquim Guedes Gondim, o Superintendente de Outorga e Cobrança, Dr. Francisco Lopes Viana, a Assessora do Diretor- Presidente da ANA, Dilma Seli Pena Pereira, os gerentes Flávio Lyra e Martha Sugai e os técnicos Wilde Cardoso Gontijo Junior, Ana Cristina Santos Strava Correa e Luciano Meneses Cardosos da Silva; pelo Estado de São Paulo o Coordenador da Secretaria de Energia e Recursos Hídricos, Rui Brasil, a Diretora do Departamento de Água e Energia, Leila Gomes, o Coordenador Mario Kiyochi Nakashima e o consultor Luis Antonio Villaça de Garcia.

Na parte da tarde foi realizada uma reunião com a presença do Diretor-Presidente da ANA, Jerson Kelman, do Secretário de Energia e Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, Mauro Arce e do Diretor-Superintendente do DAEE, Ricardo Borsari, que covalidaram os acordos obtidos na reunião realizada pela manhã e acordaram os pontos “e” do item 3.2 e o “a” do item 3.3.

3. Foram acordados os seguintes pontos:

3.1) Sobre a Minuta de Resolução Conjunta ANA/Departamento de Água e Energia – DAEE para a definição das condições da operação dos reservatórios do Sistema Cantareira



a) Critérios para operação dos reservatórios do Sistema Cantareira

TEMAS	CONSENSO
Composição do Grupo de	
Nomenclatura	GOS
Componentes	com comitês, incluindo AT e PCJ
Vazões Naturais	
Usos consumptivos a montante (m³/s)	retirar da resolução de operação e manter na resolução de delegação
Volume Útil do Sistema Cantareira	
Jaguari-Jacareí, Cachoeira e Atibainha (hm³)	978,57, sujeito a verificação da NT da SABESP
Demandas:	
Prioritário RMSP (m³/s)	24,8
Secundário RMSP (m³/s)	6,2
Prioritário Piracicaba (m³/s)	2,0
Secundário Piracicaba (m³/s)	3,0
dependem de negociação com SABESP e PCJ	
Metodologia de Operação	não há necessidade explicitar a opção para outras metodologias melhores
Partição da Disponibilidade Hídrica	alternativa 8, 24.8 e 2.0 sempre, os 6.2 e 3.0 proporcionalmente
Fase de Recuperação dos Reservatórios	NAO EXISTE MAIS
curvas de aversão ao risco	
cenário hidrológico	
reserva estratégica (% do volume útil)	
Fase de Operação	
curvas de aversão ao risco	elaboradas pelo professor Rubens La Laina
cenário hidrológico	SECO
reserva estratégica (% do volume útil)	5%

- b) A Resolução para a definição das condições da operação dos reservatórios do Sistema Cantareira será assinada conjuntamente pelo Diretor-Presidente da ANA e pelo Superintendente do DAEE.
- c) Art. 1º: a operação dos reservatórios do Sistema Cantareira observará os limites da vazão de retirada;
- d) Art. 1º, § 2º: a vazão de retirada do Sistema Cantareira é a soma das vazões defluentes, excluindo os vertimentos, (...);
- e) Art. 1º, § 3º: a tabela e as correspondentes curvas mensais de que trata o caput, foram calculadas com o emprego de curvas de aversão ao risco – CAR, conforme Nota Técnica Conjunta ANA/DAEE;
- f) Art. 2º: Incluir Parágrafo único:
No caso de não haver vazão suficiente para atender a soma das demandas com mesma prioridade, o rateio será proporcional a participação de cada um no total referente à mesma prioridade;
- g) Art. 4º: excluir a palavra total;
- h) Art. 5º, § 3º: incluir (...) rede mundial de computadores ou Internet;
- i) Assinam Jerson Kelman e Ricardo Borsari.

3.2) Minuta da Resolução para delegação da competência de outorga do direito de uso dos recursos hídricos:

- a) Art. 6º, § 2º: Incluir o Plano de Recursos Hídricos das Bacias;
- b) Art. 6º, § 3º: Excluído totalmente;

- c) Art. 6º, § 4º, III: havendo critérios divergentes (...), caberá a ANA, ao DAEE e ao IGAM compatibiliza-los, conjuntamente;
- d) Art. 8º, IX: as informações sobre cargas orgânicas em termos de KG/DBO/DIA, nos lançamentos outorgados serão obtidos pelo DAEE, junto a CETESB, repassados a ANA e registrados do Sistema de Informações da Bacia.
- e) Ficou acordada a redação do Art. 1º da Minuta da Resolução para delegação da competência de outorga do direito de uso dos recursos hídricos.

3.3) Minuta de Convênio para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos da bacia – PCJ:

- a) Adotar a seguinte redação no cabeçalho (...) o Comitê da Bacia Hidrográfica dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, instituído nos termos da Lei Federal nº 9.433/97, do qual o Comitê PCJ - Estadual, instituído nos termos da Lei nº 7.663/91 do Estado de São Paulo, é parte integrante, neste ato representado pelo seu presidente (...);
- b) Acrescentar na cláusula 8º dos compromissos recíprocos o seguinte artigo:
“ Os delegatários, o IGAM e DAEE, se comprometem a suspender as outorgas, exceto para o consumo humano e dessedentação de animais, sempre que o estoque de água dos reservatórios do Sistema Cantareira for inferior a 20% do volume útil.”

Brasília, 13 de julho de 2004.



JERSON KELMAN


BENEDITO BRAGA



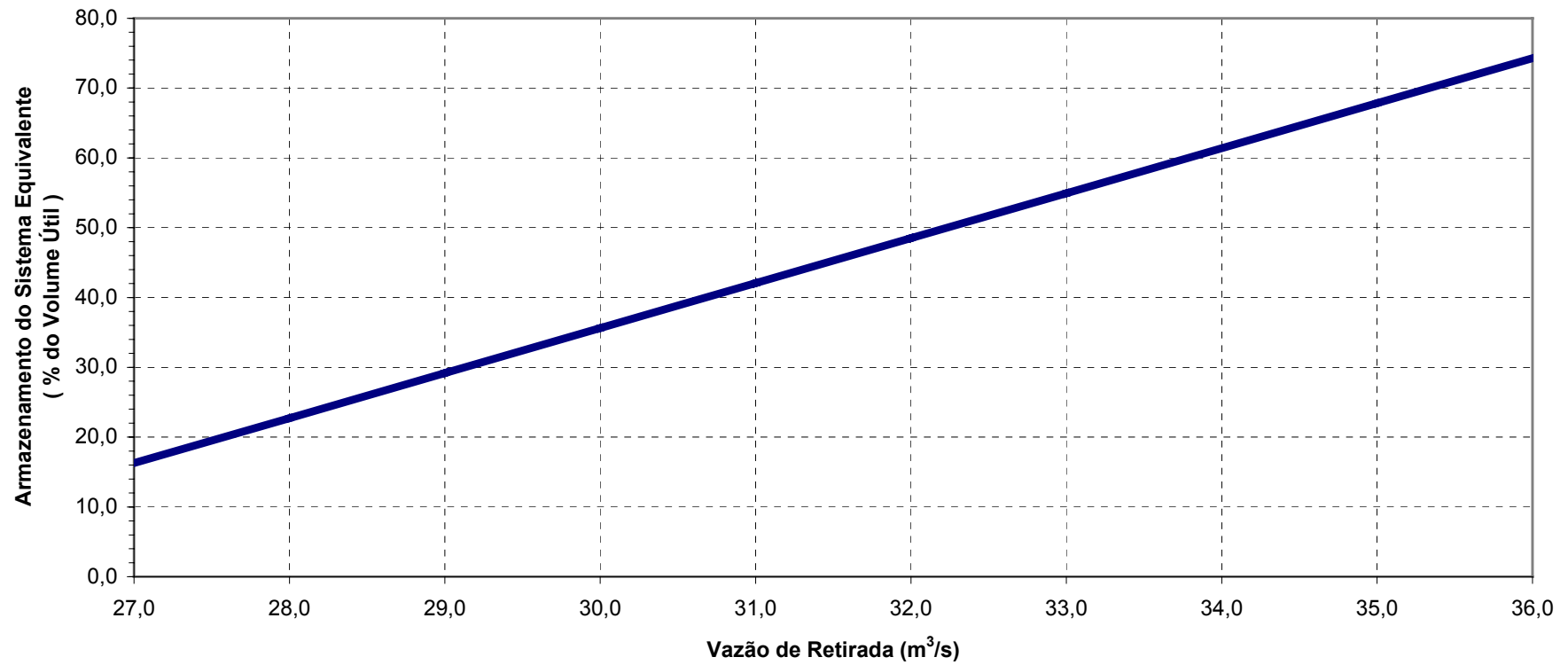
MAURO ARCE


RICARDO BORSARI

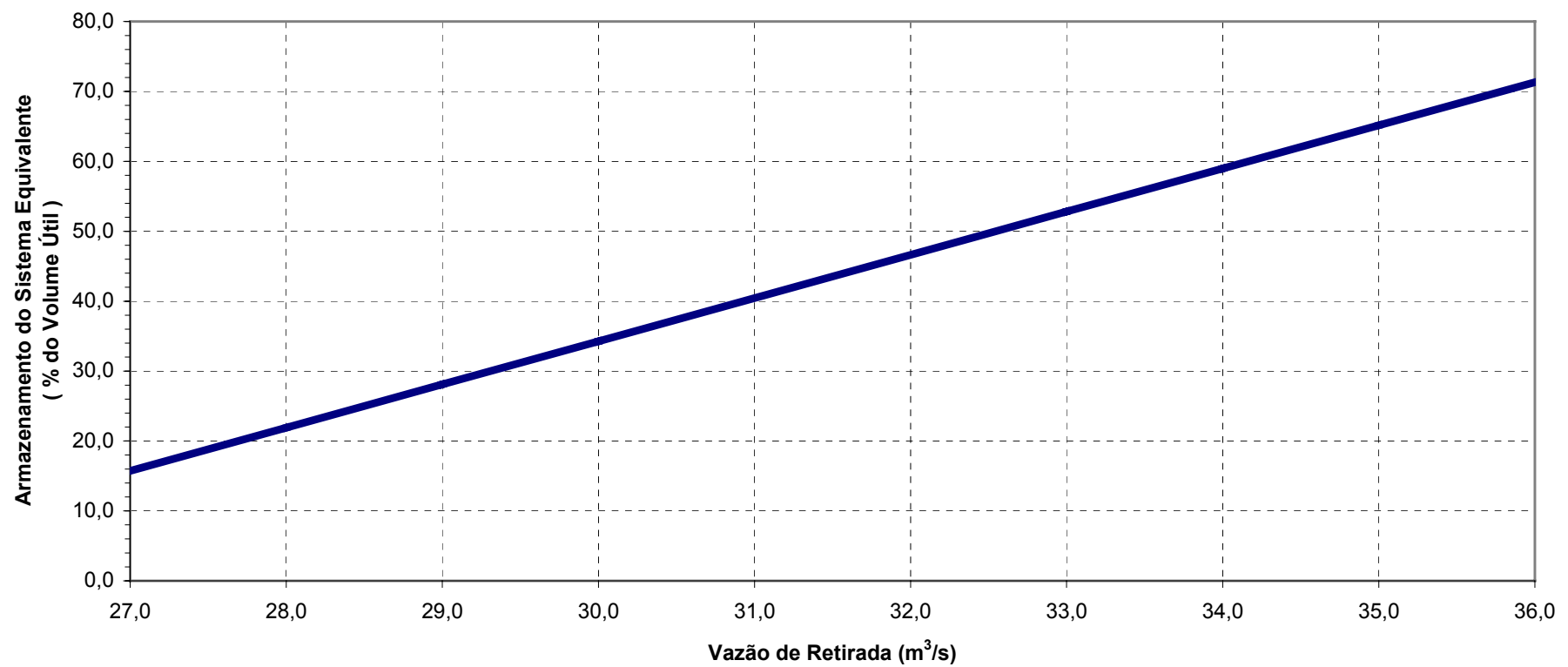
**ANEXO C-II – LIMITES DE VAZÃO DE RETIRADA EM FUNÇÃO DO ARMAZENAMENTO DO
SISTEMA EQUIVALENTE**

Limite da Vazão de Retirada (m³/s)	Armazenamento do Sistema Equivalente (% do Volume Útil)											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
27,0	16,3	15,7	15,8	15,8	16,6	15,3	12,9	9,9	6,6	3,0	0,0	0,0
28,0	22,7	21,9	21,7	21,5	22,0	20,4	17,7	14,5	10,9	7,1	3,8	2,5
29,0	29,2	28,1	27,6	27,1	27,4	25,5	22,6	19,1	15,2	11,1	7,5	6,0
30,0	35,6	34,3	33,5	32,7	32,8	30,6	27,4	23,6	19,4	15,1	11,3	9,5
31,0	42,1	40,4	39,4	38,4	38,1	35,7	32,2	28,2	23,7	19,1	15,0	13,0
32,0	48,5	46,6	45,3	44,0	43,5	40,8	37,1	32,8	28,0	23,2	18,8	16,5
33,0	55,0	52,8	51,2	49,7	48,9	45,9	41,9	37,3	32,3	27,2	22,6	20,0
34,0	61,4	59,0	57,1	55,3	54,2	51,0	46,7	41,9	36,6	31,2	26,3	23,5
35,0	67,8	65,2	63,0	60,9	59,6	56,1	51,6	46,4	40,9	35,3	30,1	27,0
36,0	74,3	71,3	68,9	66,6	65,0	61,2	56,4	51,0	45,2	39,3	33,8	30,5

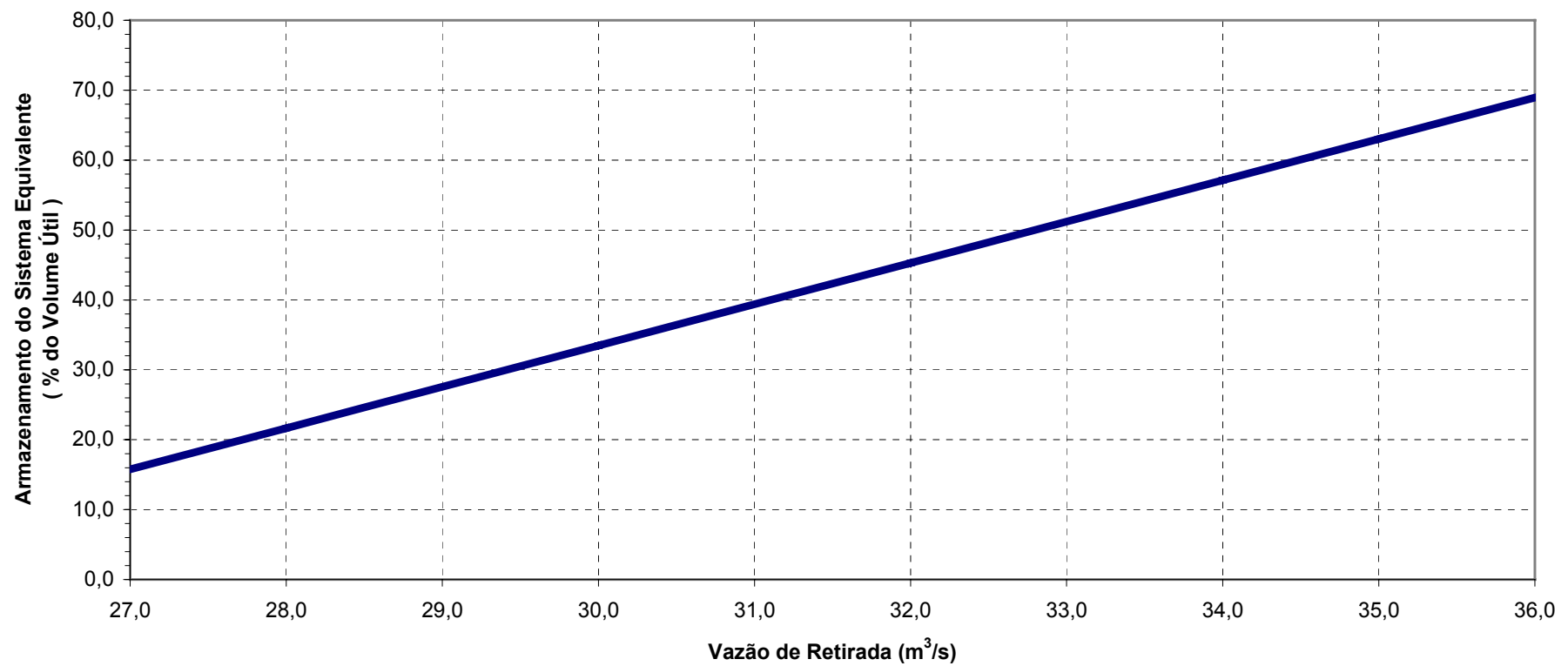
Limite de Vazões de Retirada em função do Armazenamento do Sistema Equivalente
Mês de Janeiro



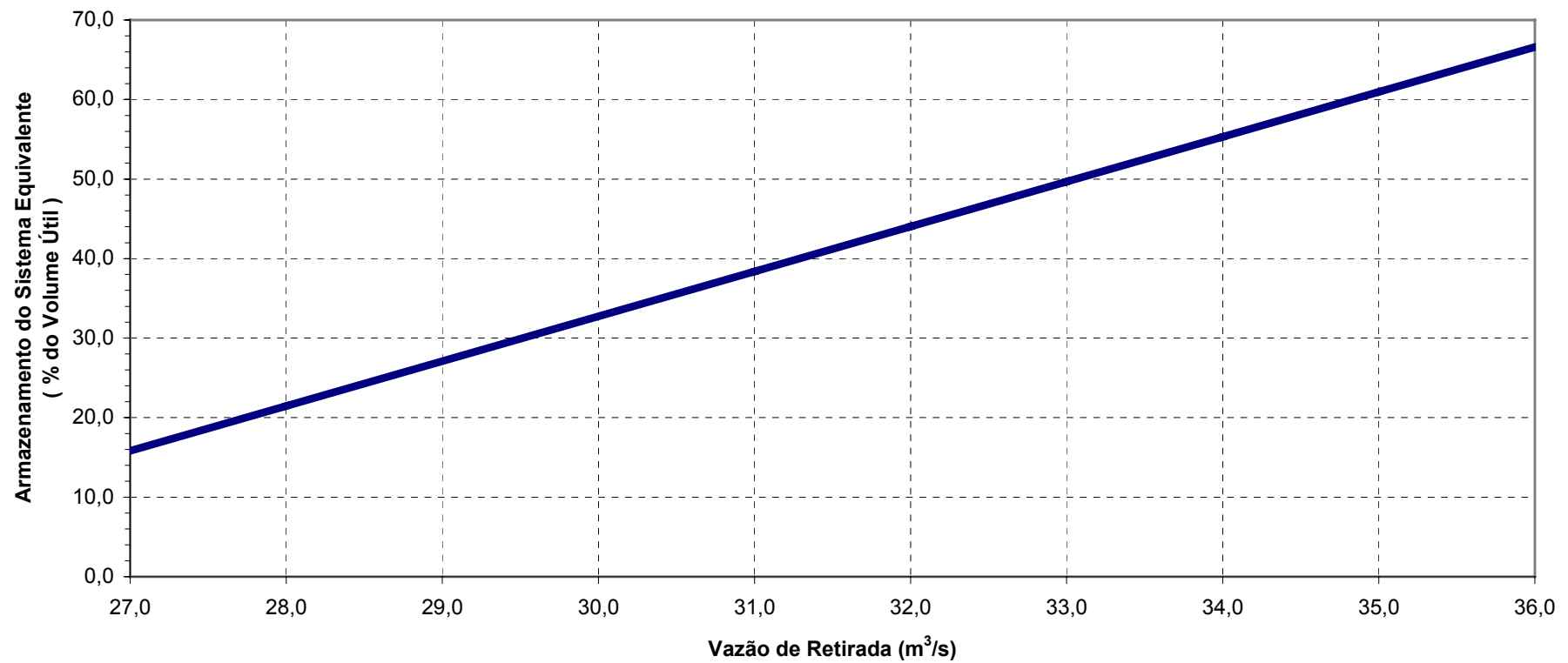
Limite de Vazões de Retirada em função do Armazenamento do Sistema Equivalente
Mês de Fevereiro

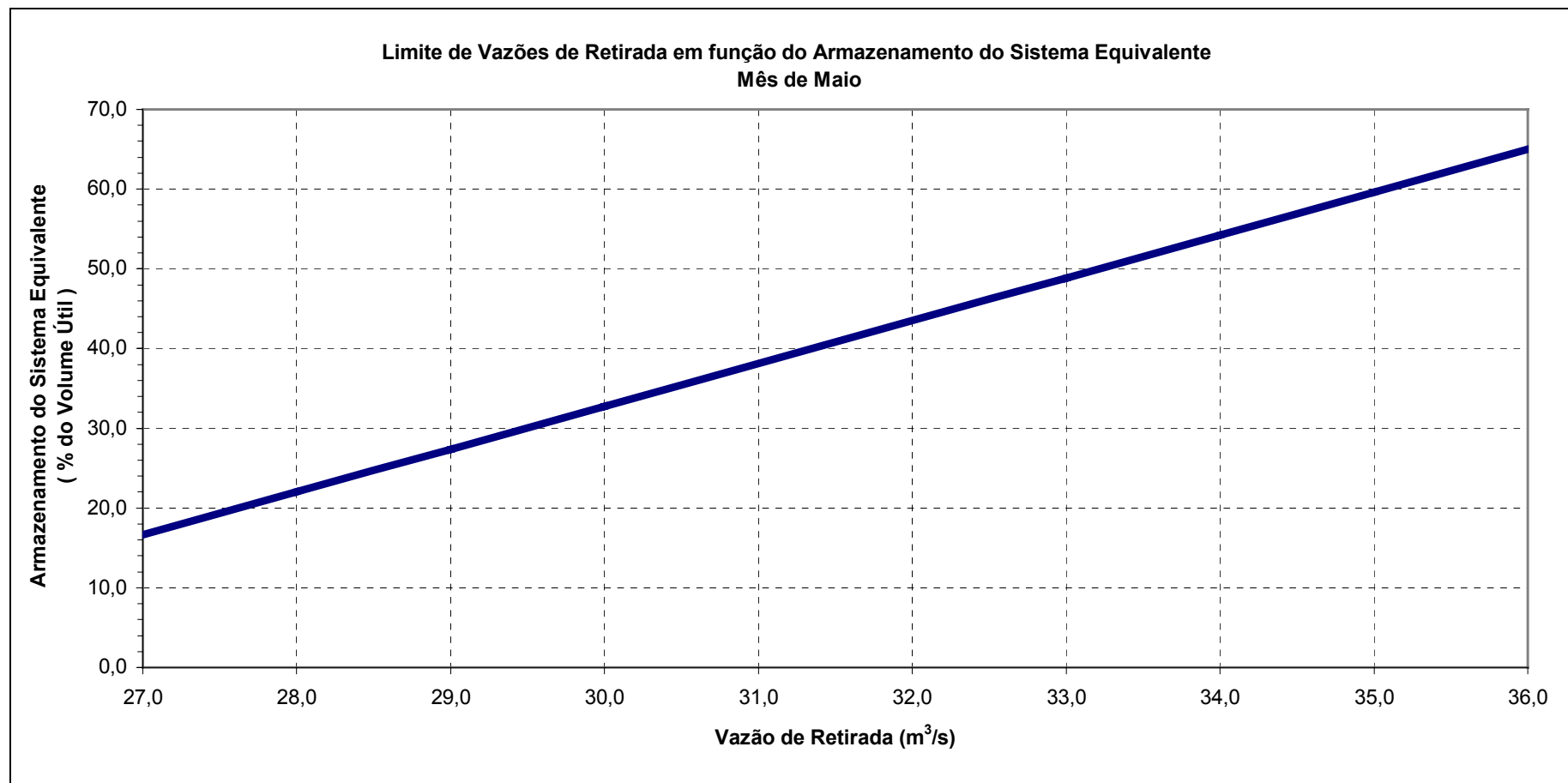


Limite de Vazões de Retirada em função do Armazenamento do Sistema Equivalente
Mês de Março

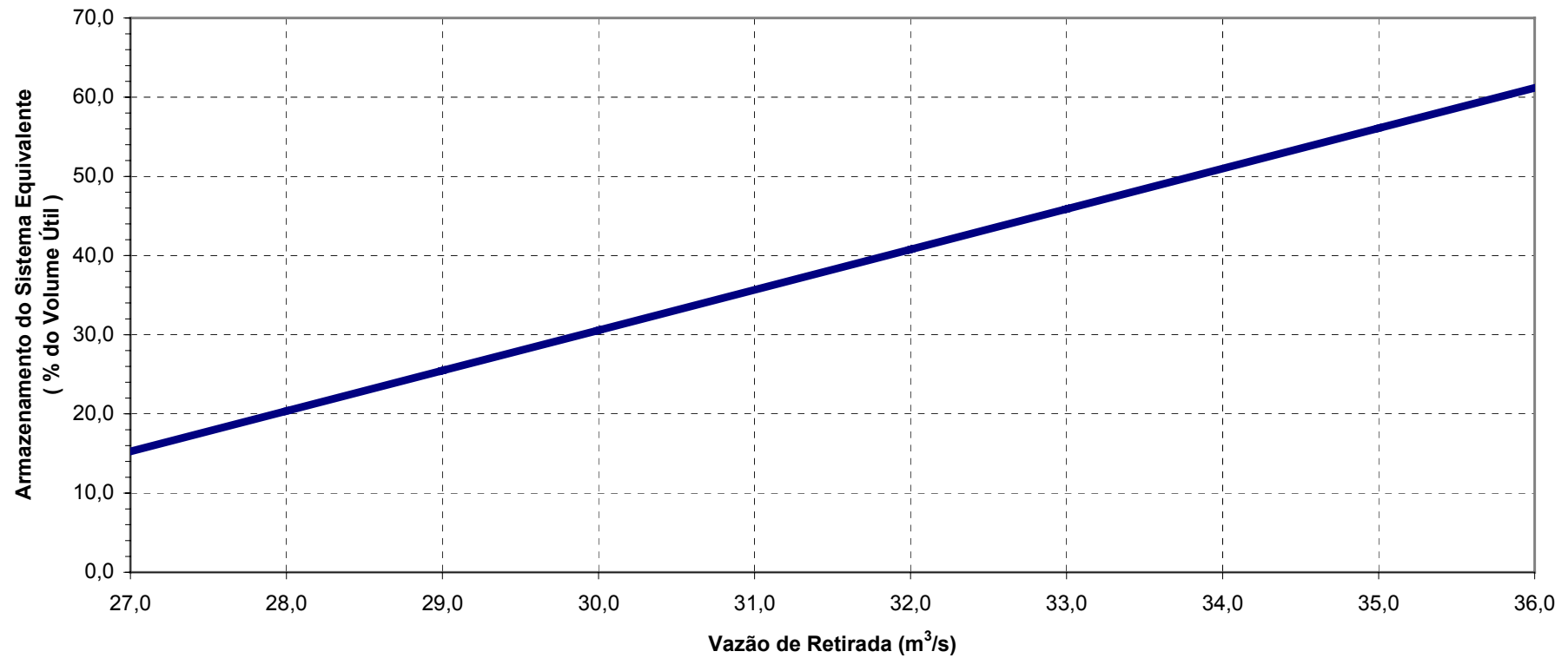


**Limite de Vazões de Retirada em função do Armazenamento do Sistema Equivalente
Mês de Abril**

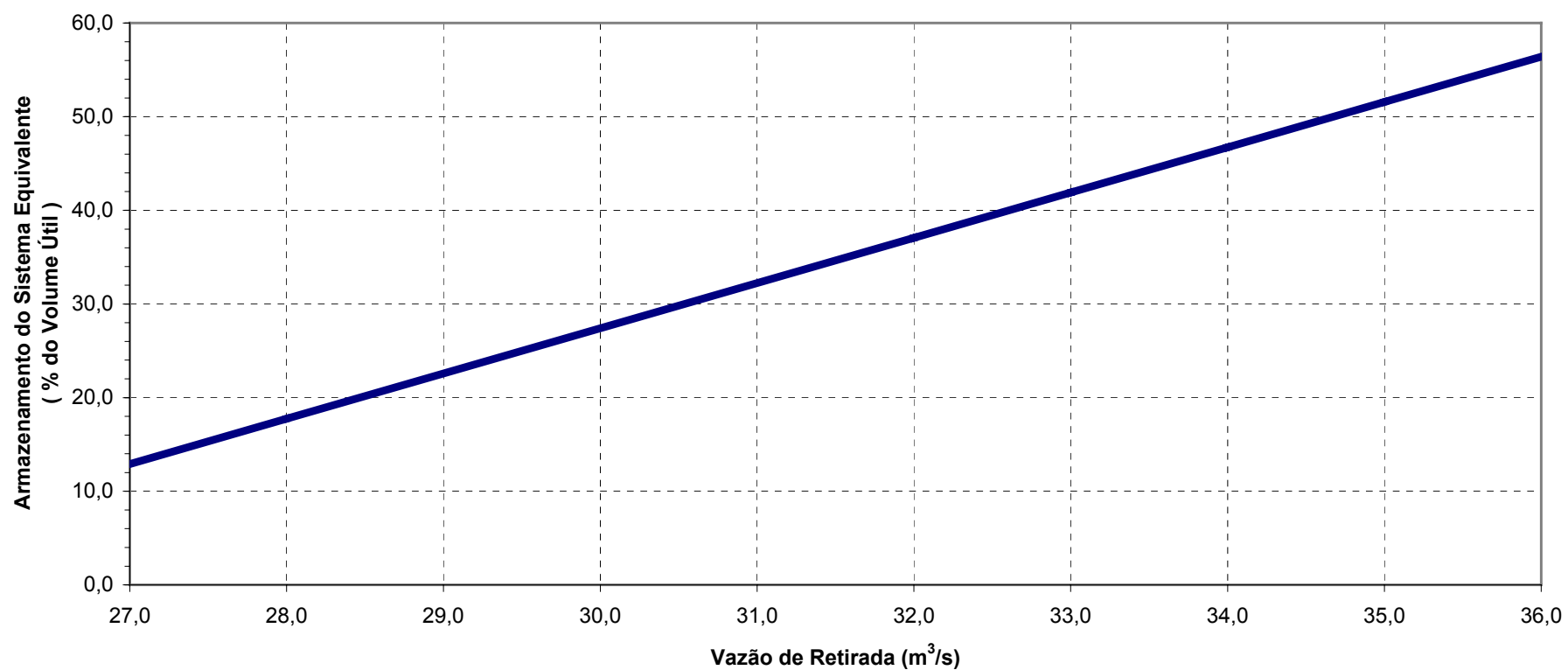




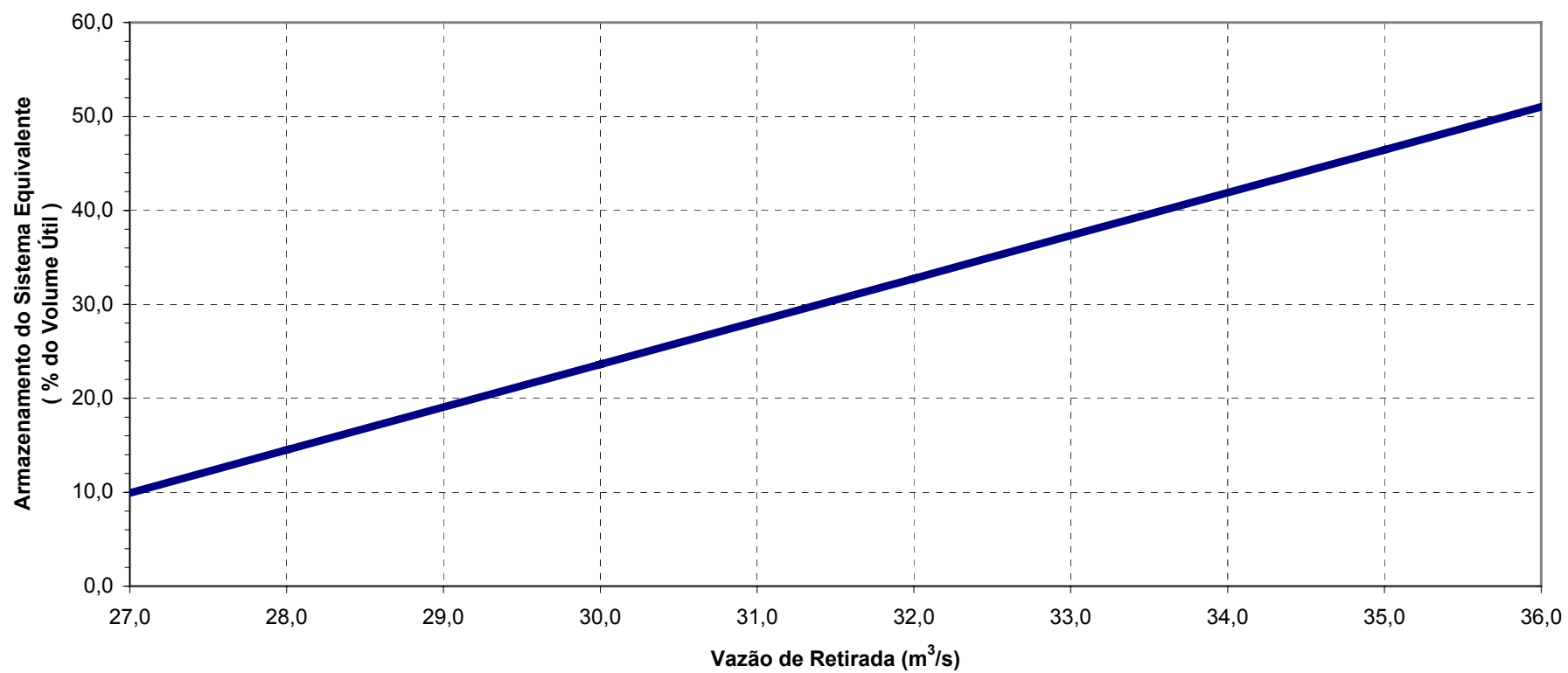
Limite de Vazões de Retirada em função do Armazenamento do Sistema Equivalente
Mês de Junho



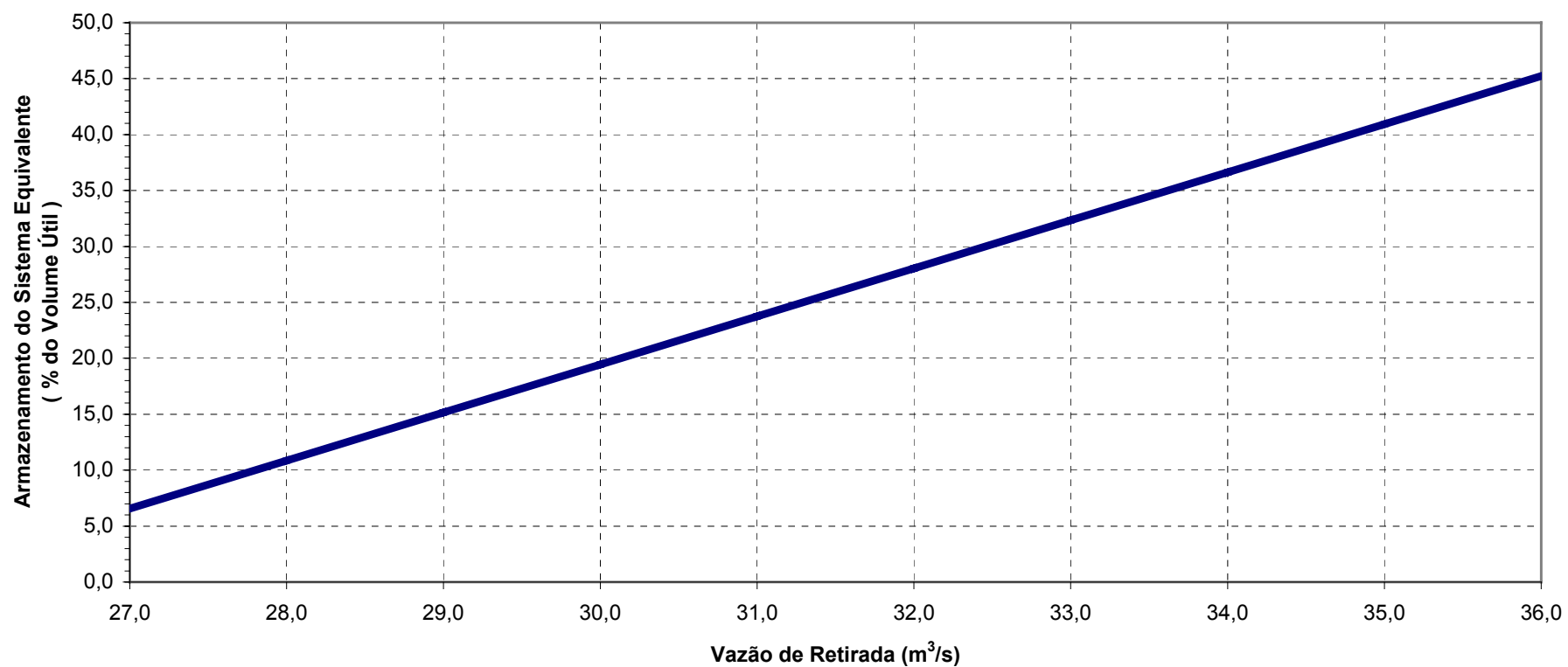
**Limite de Vazões de Retirada em função do Armazenamento do Sistema Equivalente
Mês de Julho**



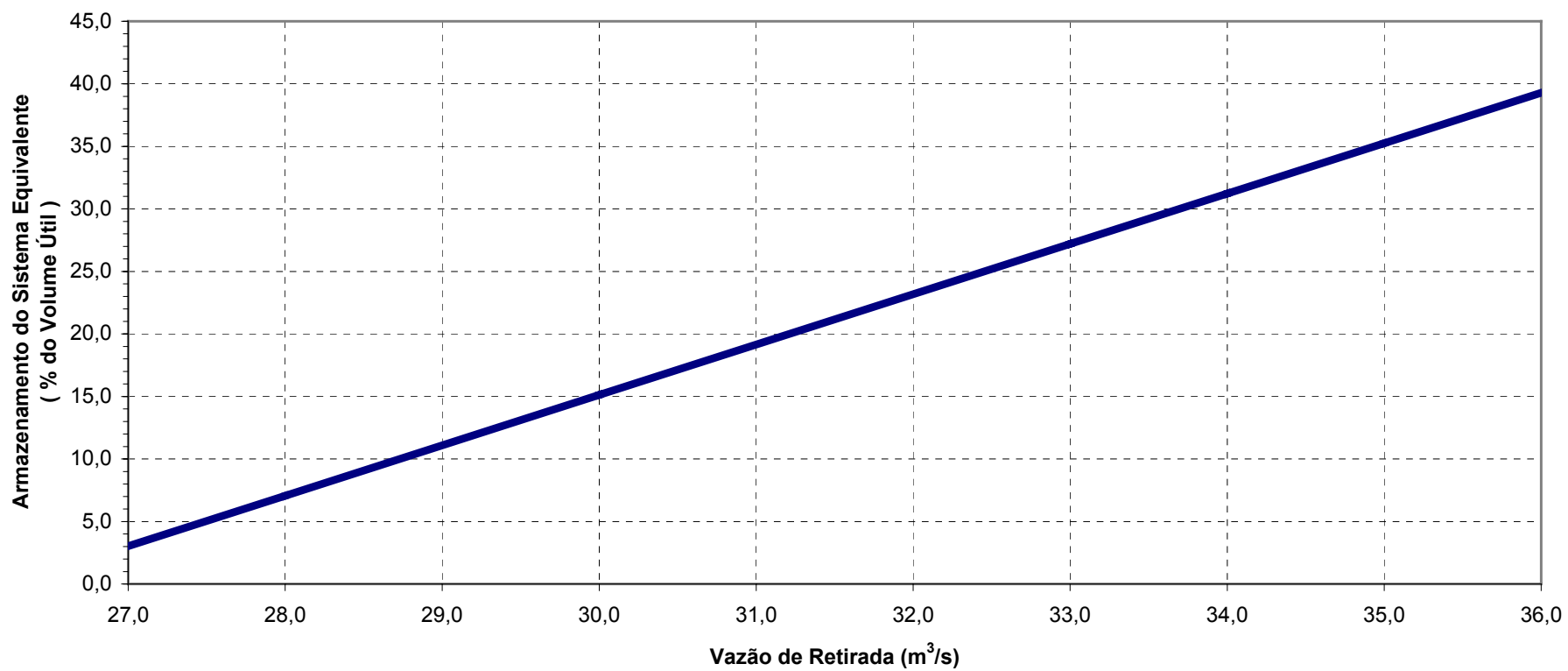
Limite de Vazões de Retirada em função do Armazenamento do Sistema Equivalente
Mês de Agosto



**Limite de Vazões de Retirada em função do Armazenamento do Sistema Equivalente
Mês de Setembro**



Limite de Vazões de Retirada em função do Armazenamento do Sistema Equivalente
Mês de Outubro



**Limite de Vazões de Retirada em função do Armazenamento do Sistema Equivalente
Mês de Novembro**

