

## RELATÓRIO TÉCNICO

### ATENDIMENTO AO ARTIGO 7º DA RESOLUÇÃO CONJUNTA ANA/DAEE Nº 926 DE 29/05/17

**“Art. 7º - A SABESP DEVERÁ APRESENTAR NO PRAZO DE ATÉ 6 (SEIS) MESES, PARA APROVAÇÃO DA ANA E DO DAEE, PLANO PARA MELHORIA, AMPLIAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE CONTROLE DE NÍVEIS DOS RESERVATÓRIOS E DE CONTROLE DE VAZÃO PELAS ESTRUTURAS HIDRÁULICAS DOS APROVEITAMENTOS DO SISTEMA CANTAREIRA.**

**§1º A INSTALAÇÃO, MANUTENÇÃO, OPERAÇÃO E SEGURANÇA DOS EQUIPAMENTOS REFERIDOS NO *CAPUT* SERÃO DE RESPONSABILIDADE DA SABESP, QUE DEVERÁ DISPONIBILIZAR AS INFORMAÇÕES E DADOS COLETADOS, EM TEMPO REAL, PARA AS SALAS DE SITUAÇÃO DA ANA, DO DAEE E DOS COMITÊS PCJ E CBH-AT.**

**§2º A SABESP TERÁ PRAZO DE 12 (DOZE) MESES, APÓS APROVAÇÃO DA ANA E DO DAEE, PARA IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO REFERIDO NO PARÁGRAFO 1º DESTE ARTIGO, PRORROGÁVEL MEDIANTE JUSTIFICATIVA”.**

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>4</b>
<b>2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DO ABASTECIMENTO DA RMSP.....</b>	<b>6</b>
<b>3. O SISTEMA CANTAREIRA .....</b>	<b>8</b>
<b>4. DESCRIÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA E PLANO DE BACIAS PCJ E PJ.....</b>	<b>10</b>
<b>5. A REDE DE MONITORAMENTO DE NÍVEIS E CHUVAS OPERADA PELA SABESP E CONTROLE DE VAZÕES.....</b>	<b>16</b>
<b>5.1 TECNOLOGIA DA REDE TELEMÉTRICA.....</b>	<b>21</b>
<b>5.2 METODOLOGIA DO CONTROLE DE VAZÃO DAS ESTRUTURAS.....</b>	<b>24</b>
<b>5.3 PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA E CORRETIVA .....</b>	<b>25</b>
<b>5.4 SITUAÇÃO ATUAL DOS EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO E CONTROLE .....</b>	<b>29</b>
<b>6. DESCRIÇÃO TÉCNICA DAS ESTRUTURAS HIDRÁULICAS POR LOCALIDADE .....</b>	<b>33</b>
<b>7. ESTRUTURAS HIDRÁULICAS PARA TRANSFERÊNCIAS DE ÁGUA .....</b>	<b>57</b>
<b>8. DISPONIBILIZAÇÃO E DIVULGAÇÃO DOS DADOS E INFORMAÇÕES .....</b>	<b>71</b>
<b>8.1 Disponibilização de informações no Site da SABESP na Internet:.....</b>	<b>71</b>
<b>8.2 Disponibilização de informações em outros ambientes .....</b>	<b>76</b>
<b>8.3 Aplicativo Sabesp Mananciais RMSP .....</b>	<b>77</b>
<b>9. CONCLUSÃO.....</b>	<b>78</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>81</b>

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 – Perfil esquemático do Sistema Cantareira.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2 – Bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Fonte Bacia PCJ.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 3 – Esquemático dos Municípios bacia PCJ – Rios Jaguari e Atibaia.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 4 – Bacias hidrográficas dos rios formadores do Sistema Cantareira.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 5 – Localização das estações telemétricas automáticas instaladas no Sistema Cantareira.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 6 – Esquema para coleta e transmissão dos dados da estações telemétricas.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 7 – Válvula de abertura e escala com porcentagem de vazões.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 8 – Técnicos da Sabesp realizando a substituição de réguas linimétricas.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 9 – Situação antes e depois da substituição de réguas linimétricas.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 10 – Atividades da manutenção preventiva nas estações telemétricas.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 11 – Esquemático do Sistema Cantareira.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 12 – Descarregador de fundo da Barragem Jaguari.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 13 - Descarregador de superfície da Barragem Jaguari.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 14 - Descarregador de fundo da Barragem Jacareí.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 15 – Curvas de descarga Jaguari/Jacareí.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 16 – Estação telemétrica instalada na Barragem Jaguari em Vargem/SP.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 17 – Régua linimétrica Barragem Jaguari.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 18 – Estação telemétrica instalada na Barragem Jacareí.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 19 – Descarregador da Barragem Cachoeira.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 20 – Jusante Barragem Cachoeira.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 21 – Curvas de descarga Cachoeira.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 22 – Estação telemétrica Barragem Cachoeira.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 23 – Régua linimétrica Barragem Cachoeira.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 24 – Curvas de descarga Atibainha.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 25 – Régua linimétrica da Barragem Atibainha.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 26 – Estação telemétrica Barragem Atibainha.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 27 - Dissipador de energia da Barragem Cascata.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 28 – Descarregador de superfície da Barragem Paiva Castro.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 29 – Jusante da Barragem Paiva Castro.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 30 – Curvas de descarga válvula esfera Paiva Castro.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 31 – Curvas de descarga válvula borboleta Paiva Castro.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 32 – Estação telemétrica Paiva Castro.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 33 – Régua linimétrica Barragem Paiva Castro.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 34 – Curvas de descarga Túnel 7 – uma comporta.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 35 – Curvas de descarga Túnel 7 – duas comportas.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 36 – Estação telemétrica instalada no Desemboque do Túnel 6.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 37 – Curvas de descarga Túnel 6.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 38 – Caixa com identificação e estação telemétrica.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 39 – Vertedor creager instalado no Desemboque do Túnel 5.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 40 – Régua linimétrica.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 41 – Curvas de descarga Túnel 5.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 42 – Volumes armazenados e pluviometrias dos Sistemas Produtores da RMSP.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 43 – Boletim dos Mananciais.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 44 – Dados de monitoramento do Sistema Cantareira.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 45 – Balanço hídrico do Sistema Cantareira.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 46 – Balanço hídrico do Sistema Equivalente do Sistema Cantareira.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 47 – Estações telemétricas operadas pela Sabesp no Sistema Cantareira.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 48 – Sala de Situação das Bacias PCJ.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 49 – Telas do aplicativo Sabesp Mananciais RMSP.....</i>	<i>77</i>

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Capacidade de armazenamento dos Sistemas Produtores da RMSP.....	8
Gráfico 2 – Evolução de instalação da rede telemétrica (plu, flu e vazão).....	19

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Rede telemétrica Sistema Cantareira.....	23
---	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Volumes por represa do Sistema Cantareira.....	9
Tabela 2 – Investimentos rede telemétrica.....	19
Tabela 3 – Despesas por atividade rede telemétrica.....	20
Tabela 4 – Despesa com estruturas hidráulicas.....	20
Tabela 5 – Total de dados coletados e percentual de falhas.....	21
Tabela 6 – Relação de estruturas do Sistema Cantareira.....	31
Tabela 7 – Avaliação técnica das estruturas hidráulicas.....	32
Tabela 8 – Resumo da avaliação técnica das estruturas hidráulicas.....	33
Tabela 9 – Características Barragens Jaguari/Jacareí.....	34
Tabela 10 – Curvas de descarga da tomada de água do aproveitamento Jaguari/Jacareí.....	37
Tabela 11 – Curvas de descarga da tomada de água do aproveitamento Cachoeira.....	41
Tabela 12 – Barragem Cachoeira.....	42
Tabela 13 – Curvas de descarga da tomada de água do aproveitamento Atibainha.....	45
Tabela 14 – Barragem Atibainha.....	46
Tabela 15 – Barragem Cascata.....	49
Tabela 16 – Curvas de descarga da válvula esfera do descarregador de fundo Paiva Castro.....	51
Tabela 17 – Curvas de descarga da válvula borboleta do descarregador de fundo Paiva Castro.....	52
Tabela 18 – Barragem Paiva Castro.....	54
Tabela 19 – Barragem Águas Claras.....	57
Tabela 20 – Túnel 7.....	58
Tabela 21 – Relação cotas do na nos reservatórios Jaguari e Cachoeira e as vazões do túnel 7 para uma operação com uma comporta.....	59
Tabela 22 – Relação cotas do na nos reservatórios Jaguari e Cachoeira e as vazões do túnel 7 para uma operação com duas comportas.....	60
Tabela 23 – Túnel 6.....	63
Tabela 24 – Relação cota x vazão x abertura da comporta no emboque do túnel 6.....	64
Tabela 25 – Túnel 5.....	67
Tabela 26 – Relação cota x vazão x abertura da comporta no emboque do túnel 5.....	68
Tabela 27 – Túnel 2.....	70

## 1. INTRODUÇÃO

Em atendimento ao artigo 7º da Resolução Conjunta ANA/DAEE nº 926, de 29/05/17 (Anexo A), que dispõe sobre a outorga do Sistema Cantareira, serão apresentados a situação atual e análises individuais dos equipamentos de controle de nível dos reservatórios e controle de vazão das estruturas hidráulicas deste Sistema Produtor.

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp, completou 44 anos de operação de serviços de água e esgoto no Estado de São Paulo, sempre buscando se adequar às necessidades das diversas regiões em que atua e preservar o interesse coletivo que justificou sua criação.

A Companhia, sediada na capital do Estado de São Paulo, é uma sociedade anônima de capital aberto e economia mista. O Governo do Estado de São Paulo detém 50,3% do capital social e o restante é negociado em bolsas de valores no Brasil e no exterior.

No início de 2017, com o início das operações no município de Santa Branca, a Sabesp passou a atender 367 municípios do Estado de São Paulo, prestando serviços de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgoto para clientes residenciais, comerciais, públicos e industriais.

Além disso, fornece água por atacado para cinco municípios da região metropolitana de São Paulo (RMSP), sendo quatro deles também beneficiados pelo serviço de tratamento de esgotos.

Em 2016, a Companhia atendeu com água cerca de 27,7 milhões de pessoas (24,7 milhões diretamente e 3,0 milhões residentes nos cinco municípios atendidos no atacado), o que representa cerca de 66% da população urbana do Estado. O serviço de coleta de esgoto abrange 21,2 milhões de pessoas. De acordo com o Arup in Depth Water Yearbook 2014-2015, a Sabesp é a maior empresa de saneamento na América e a quarta maior do mundo em população atendida.

Em 2016, a Companhia manteve a tendência de universalização de atendimento em água já observada em anos anteriores, alcançando a marca de 8,7 milhões de ligações de água. Com relação aos serviços de esgoto, as 7,1 milhões de ligações se traduzem em



um índice de atendimento em coleta de esgoto de 87% e um índice de tratamento de 79% dos de esgotos coletados.

Em sua missão de "prestar serviços de saneamento, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida e do meio ambiente", a Sabesp, atua em consonância com os Dez Princípios do Pacto Global das Nações Unidas e com as políticas ambientais e socioeconômicas do Governo do Estado de São Paulo. Dessa forma, a Companhia adota uma postura de oferecer serviços e estabelecer relações com a sociedade e com seus fornecedores com planejamento e responsabilidade econômica, social e ambiental.

As atribuições de controle, fiscalização e regulação, inclusive tarifária, das operações da Sabesp, em sua maioria, são exercidas pela Agência Reguladora de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo - Arsesp.

Citamos como importantes atores na gestão dos recursos hídricos as seguintes Instituições:

O DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo, criado pela lei nº 1.350 de 12.12.1951, responsável por principalmente estudar o regime dos cursos de águas existentes no Estado, tendo em vista o seu aproveitamento, avaliar as condições hidrológicas e pluviométricas e outorgar o direito de uso dos corpos hídricos estaduais.

A ANA - Agência Nacional das Águas, criada pela lei nº 9.984 de 17.07.2000, é responsável por disciplinar a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos de gestão criados pela Política Nacional de Recursos Hídricos. Como órgão regulador compete a ANA definir as condições de operação dos reservatórios, públicos ou privados, para garantir os usos múltiplos dos recursos hídricos, e avaliar a sustentabilidade de obras hídricas. Além disso é sua atribuição outorgar, por intermédio de autorização, os direitos de usos de recursos hídricos em corpos de água em domínio da União.

Considerando que as bacias PCJ possuem rios de domínio federal e estadual cabe a ANA e DAEE regularem e deliberarem sobre a outorga do Sistema Cantareira.

Os Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, foram criados segundo a Lei Estadual SP nº 7.663/91 (CBH-PCJ), a Lei Federal nº 9.433/97 (PCJ FEDERAL) e o Comitê da Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba e Jaguari, foi criado segundo a Lei Estadual MG nº 13.199/99 (CBH-PJ), ambos denominados conjuntamente Comitês PCJ.

Os Comitês PCJ são encarregados de promover o gerenciamento dos recursos hídricos, considerando os aspectos quantitativos e qualitativos e peculiaridades das bacias hidrográficas. Cabe a CT-MH - Câmara Técnica de Monitoramento Hidrológico coletar e analisar dados de quantidade e qualidade das águas nas Bacias dos Rios PCJ, bem como acompanhar estudos, obras e ações relacionadas com a ampliação, modernização e integração da rede de monitoramento hidrométrica na área dos Comitês PCJ.

A Agência das Bacias PCJ, criada e instalada segundo as leis estaduais (SP) nº 7.663/91 e nº 10.020/98, é uma entidade delegatária das funções de Agência de Água responsável por efetuar estudos sobre as águas das Bacias PCJ, em articulação com órgãos da União, dos Estados e dos Municípios, participar da gestão de recursos hídricos, juntamente com outros órgãos das Bacias PCJ e dar parecer sobre a compatibilidade de obra, serviço ou ação, com o Plano da Bacia. Uma das finalidades mais importantes da Agência é realizar a cobrança pelo uso da água e administrar os recursos arrecadados.

## **2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DO ABASTECIMENTO DA RMSP**

Dos 39 municípios da RMSP, 30 são atendidos pelos oito Sistemas Produtores que formam o Sistema Integrado Metropolitano - SIM. Os demais não pertencem à mancha urbana metropolitana, e possuem sistemas próprios de abastecimento, os chamados Sistemas Isolados. O Sistema Integrado também fornece água por atacado a cinco municípios que possuem serviço de distribuição próprio e autônomo. (PIR SABESP, 2016)

O Sistema Integrado de Abastecimento (SIM) compreende um complexo de 17 mananciais, oito estações de tratamento de água (ETAs), 4,51 milhões de ligações cadastradas de água, 1,4 mil quilômetros de adutoras e cerca de 35,76 mil quilômetros de redes de distribuição. (PIR SABESP, 2016)

A Região Metropolitana de São Paulo – RMSP, apresenta uma desproporção entre a magnitude de sua população, mais de 20 milhões de habitantes, e a disponibilidade hídrica para o abastecimento público. Isto porque a RMSP localiza-se na área de nascentes do rio Tietê, que é um curso de baixa vazão superficial média de somente 87 m<sup>3</sup>/s quando atravessa a Metrópole, o que resulta em uma disponibilidade hídrica efetiva muito baixa de 130,68 m<sup>3</sup>/habitante/ano de acordo com a Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. (FABHAT, 2016)

Em face dessa desmedida concentração urbana e da disponibilidade hídrica escassa, agravada por problemas de ordenamento do uso do solo e poluição, que confere à RMSP uma situação crítica, o abastecimento da região está condicionado a reversões de bacias vizinhas, e, portanto, sujeito a questionamentos e conflitos pelo uso da água.

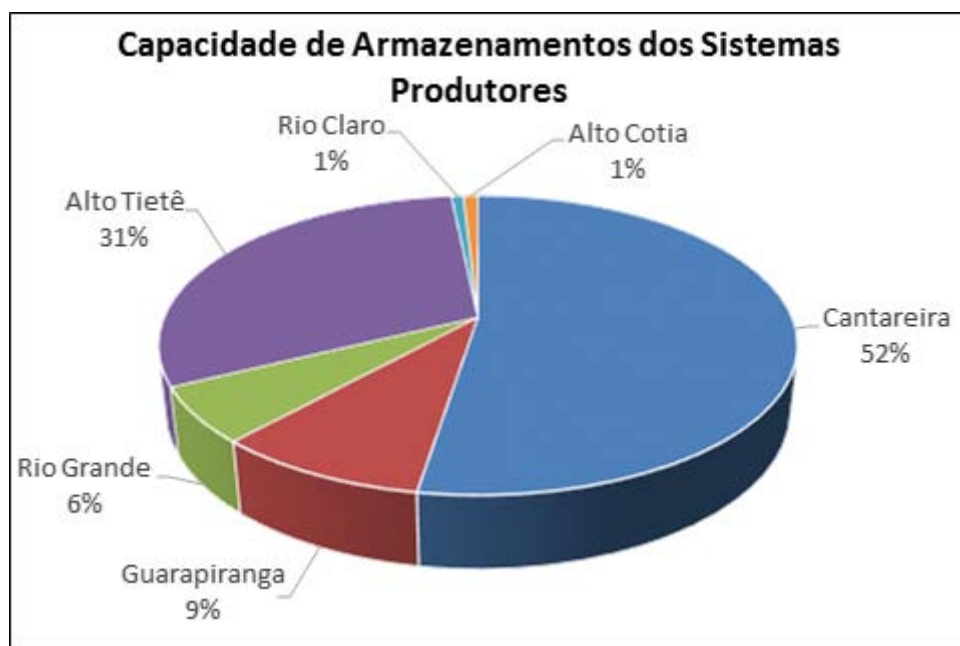
A utilização das águas da bacia do Rio Piracicaba para abastecimento da RMSP foi anteriormente objeto de duas outorgas. Uma em 1974, com validade de trinta anos, e outra em 2004, com validade de dez anos. Quando do início do processo da renovação da outorga, no segundo semestre de 2013, a situação hidrológica era normal, sendo que tanto o comportamento pluviométrico quanto o fluviométrico oscilavam de acordo com as expectativas fundamentadas na série histórica de dados disponíveis e entre limites máximos e mínimos projetados com base nesses dados.

No entanto, o período extremado de escassez hídrica que ocorreu a partir do último trimestre de 2013, se estendendo até meados de 2015, com efeitos particularmente severos na acumulação de águas no Sistema Cantareira, obrigou a medidas de emergência sem precedentes para a mitigação dos impactos da crise nas atividades urbanas e econômicas da RMSP. Assim, o processo para a renovação da outorga foi suspenso, sendo retomado em 2016, com a publicação da Outorga atual através da Resolução Conjunta ANA/DAEE nº 925 e nº926 de 29/05/17.

Além do Sistema Cantareira, a RMSP é atendida por outros sete sistemas produtores: Alto Tietê, Guarapiranga, Rio Grande, Rio Claro, Alto Cotia, Baixo Cotia e Ribeirão da Estiva, porém com dimensões e capacidade inferiores conforme gráfico apresentado a seguir.

As bacias dos Sistemas Produtores da RMSP, possuem características naturais e de uso e ocupação do solo diversificadas, entretanto estão na sua maioria sujeitas à pressão da ocupação urbana que interfere na qualidade e disponibilidade das águas.

**Gráfico 1 – Capacidade de armazenamento dos Sistemas Produtores da RMSP**



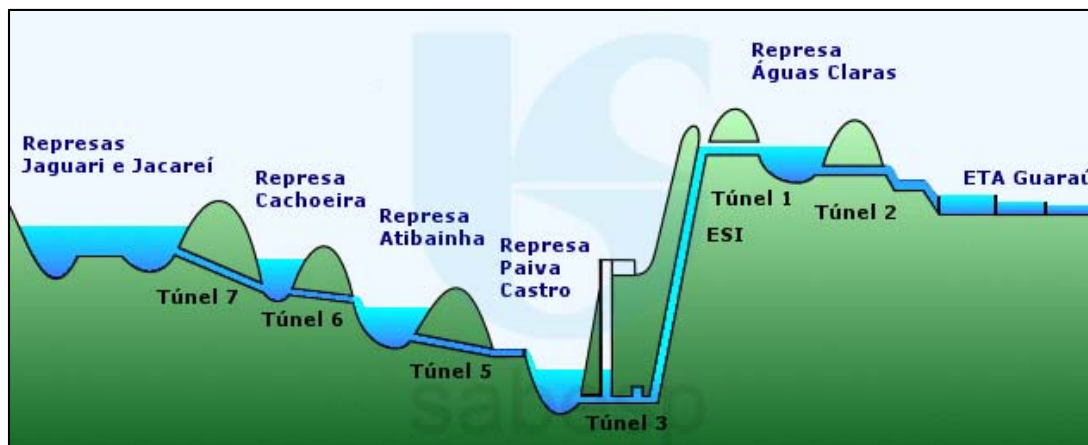
### 3. O SISTEMA CANTAREIRA

O Sistema Cantareira é composto por uma série de represas - Jaguari, Jacareí, Cachoeira, Atibainha, Paiva Castro e Águas Claras - interligadas por túneis, canais. A estação elevatória Santa Inês – ESI é responsável pelo bombeamento da água da represa Paiva Castro para a Represa Águas Claras, que segue para a estação de tratamento de água - ETA Guaraú, onde é realizado seu tratamento, com capacidade nominal de tratamento de 33 m<sup>3</sup>/s.

Sua operação é efetuada primordialmente para a regularização de vazões para abastecimento público da RMSP, sendo atualmente capaz de fornecer até 41% de toda a vazão produzida na RMSP.

Atende a 10 municípios sendo o maior volume entregue para a capital abrangendo a zona norte e todo o centro histórico, com destaque para a Avenida Paulista, com a

concentração de grandes hospitais (Hospital das Clínicas, Sírio Libanês, Beneficência Portuguesa, Santa Catarina etc). (SABESP, 2015)



**Figura 1 – Perfil esquemático do Sistema Cantareira.**

As capacidades de armazenamento das represas do Sistema Cantareira são apresentadas a seguir e compreendem quase 1 bilhão de m<sup>3</sup> de água:

**Tabela 1 – Volumes por represa do Sistema Cantareira**

Sistema Cantareira	Niv. Max (m)	Niv. Min (m)	Vol Útil (hm <sup>3</sup> )
Represa Jaguari/Jacareí	844,00	820,80	808,04
Represa Cachoeira	821,88	811,72	69,65
Represa Atibainha	786,72	781,88	96,25
Represa Paiva Castro	745,61	743,80	7,61
Águas Claras	860,32	856,43	0,51
<b>Total</b>			<b>982,07</b>

Após dois anos de enfrentamento da mais grave crise hídrica registrada na RMSP, o ano de 2016 foi marcado por um período de recuperação dos principais sistemas que abastecem os municípios da metrópole, principalmente o Cantareira.

Ainda que a contribuição natural (afluência) para os mananciais tenha sido 88% da média histórica ao longo de 2016, a gestão operacional do abastecimento, redução de perdas e a incorporação de hábitos racionais de consumo adquiridos por parte da população durante a crise hídrica contribuíram significativamente para a menor retirada de água dos mananciais, ampliando os estoques reservados.

O consumo per capita em 2016 foi de 129 litros habitante/dia, patamar 24% menor que a média de 169 litros habitante/dia registrada em 2013, antes de deflagrada a crise hídrica.

Além da redução de consumo ocasionada pelos motivos anteriormente descritos, há de se ressaltar o esforço da SABESP para implementação de obras emergenciais e importantes que garantiram o abastecimento público, como a transposição do Rio Pequeno-Rio Grande-Taiaçupeba, transposição do Rio Guaió, ampliação da ETA Rodolfo José da Costa e Silva, entre outras.

Foram realizadas também obras que permitiram maior flexibilização no âmbito do Sistema Integrado Metropolitano – SIM como readequação do booster Cidade Líder, intervenções na estação elevatória de água tratada Theodoro Ramos, adequação hidráulica da EEAT Vila Guarani, dentre outras.

Além disso, em 2014 foram investidos R\$ 360 milhões no Programa de Combate à Perdas da RMSP, valor correspondente a 1/3 do investimento realizado pela Sabesp na RMSP no mesmo período.

#### **4. DESCRIÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA E PLANO DE BACIAS PCJ E PJ**

De acordo com o artigo 6º da resolução conjunta ANA/DAEE nº 926 o plano de ampliação e modernização da rede de postos de monitoramento da quantidade de água apresentado pela SABESP deve estar de acordo com o Plano Diretor da Bacia do PJ1 e o Plano das Bacias do PCJ.

Segundo informação disponibilizada em 18/10/2017 pela Coordenação de Sistema de Informações da Agência PCJ o plano vigente para as duas bacias é o Plano das Bacias PCJ 2010 a 2020, que encontra-se em revisão. O plano das Bacias PJ 2008-2009 foi substituído pelo Plano das Bacias PCJ 2010 a 2020 (Deliberação Comitês PCJ 097/2010), portanto, no momento, o Plano consultado para a apresentação desta exigência foi o Plano das Bacias PCJ 2010 a 2020.

A seguir é apresentada a descrição geral da bacia hidrográfica dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí – BH-PCJ, (UGRHI 05), extraída da página da Internet da Agência de Bacias PCJ disponível no endereço <http://www.agenciapcj.org.br/novo/informacoes-das-bacias/localizacao>.

A região das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí tem uma área aproximada de 15.320 km<sup>2</sup>. Aproximadamente 92% dessa área, cerca de 14.040 km<sup>2</sup>, estão no Estado de São Paulo. Os restantes 1.280 km<sup>2</sup> pertencem ao Estado de Minas Gerais, onde se localizam as cabeceiras dos rios Jaguari, Camanducaia e Atibaia.

A área em foco localiza-se entre os meridianos 46° e 49° oeste e as latitudes 22° e 23,5° sul, apresentando uma extensão aproximada de 300 km, no sentido leste-oeste, e de 100 km, no sentido norte-sul. (AGENCIA DAS BACIAS PCJ)

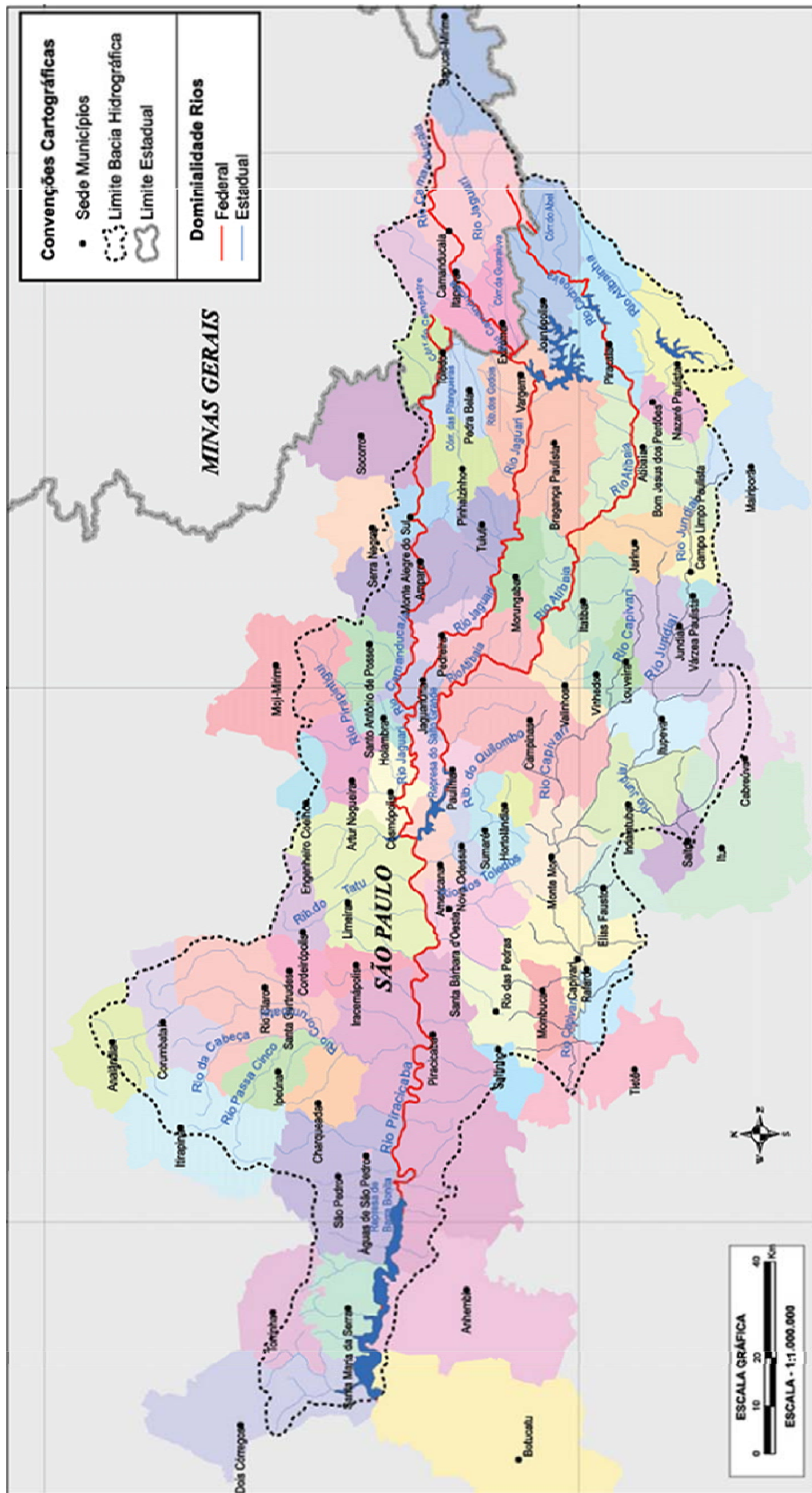


Figura 2 – Bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. Fonte Bacia PCJ

O Sistema Cantareira é formado pelas bacias dos Rios Jaguari/Jacareí, Cachoeira, Atibainha e Juqueri. Os rios Jaguari/Jacareí, Cachoeira e Atibainha pertencem à bacia do Rio Piracicaba, na Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos 5 - UGRH 5 e o Juqueri na UGRH 6, com uma área de drenagem por volta de 2.329 Km<sup>2</sup>.

São diversos os usuários, que detêm outorga de direito de uso de água para diversos fins, entre eles a SABESP, a montante e a jusante do Sistema Cantareira, na Bacia PCJ.

Os diagramas abaixo apresentam os principais usuários que captam água a jusante das barragens de Jaguari, Jacareí, Cachoeira e Atibainha nas bacias do rio Jaguari e rio Atibaia.

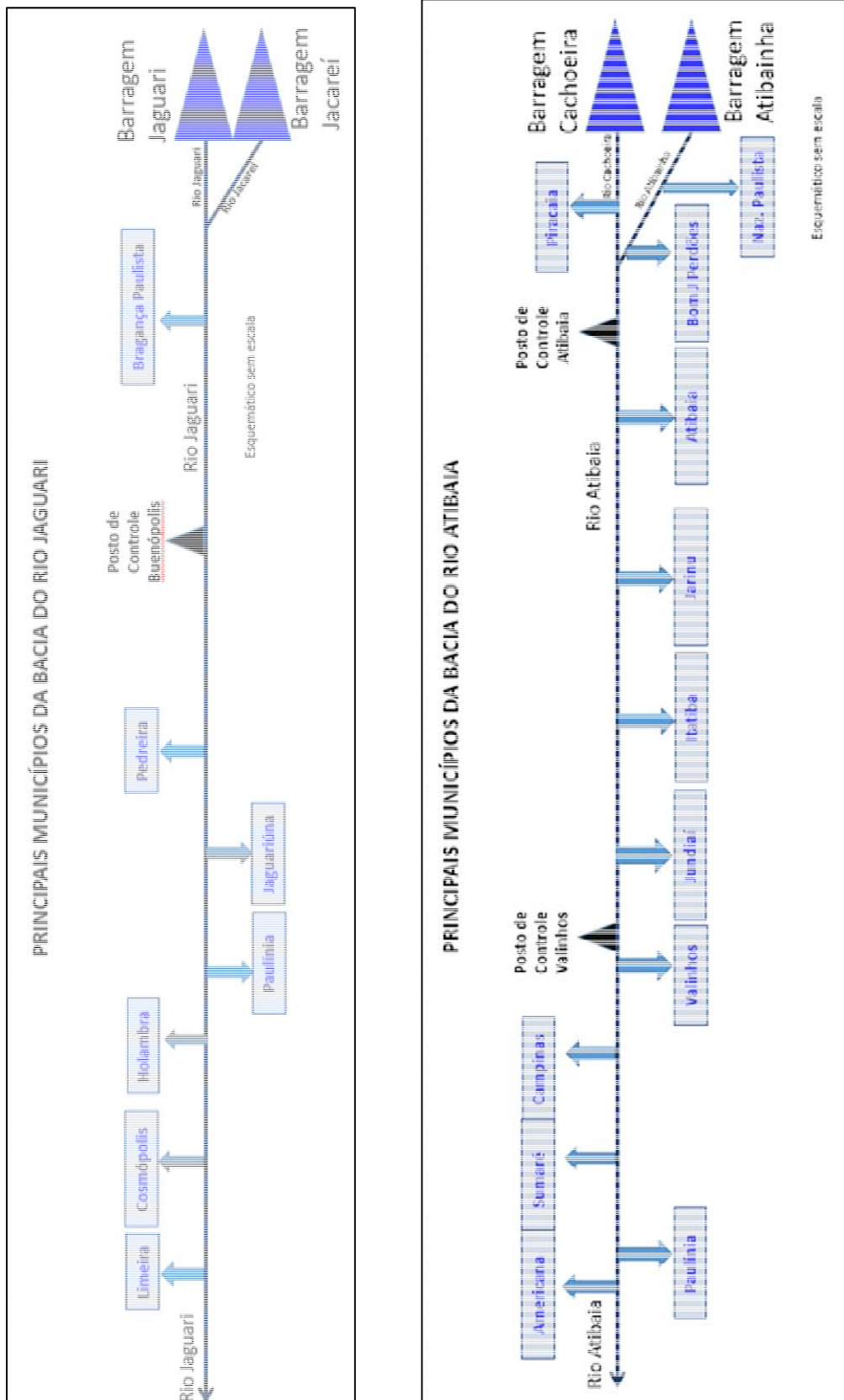
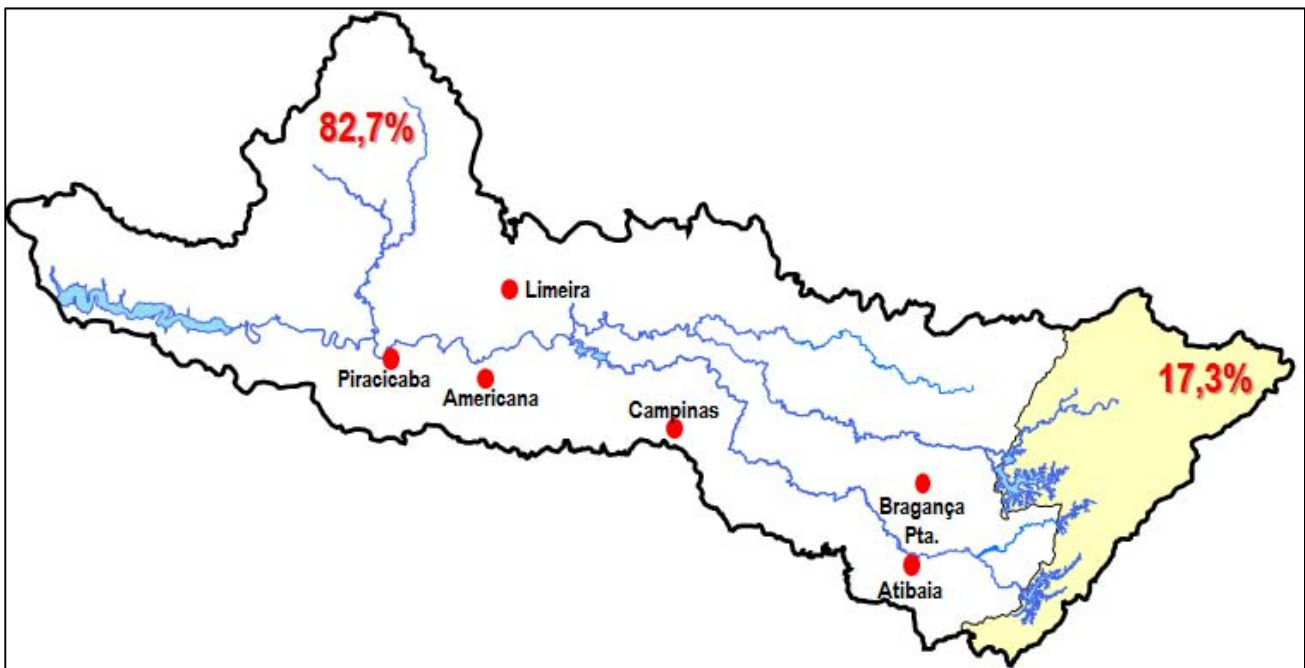


Figura 3 – Esquemático dos Municípios bacia PCJ – Rios Jaguari e Atibaia.

A área de drenagem do Sistema Cantareira (região em destaque na figura 4) representa apenas 17,3 % da área total da Bacia do Rio Piracicaba, ou seja, a área incremental à jusante das barragens é responsável por um grande volume de água que possibilita o abastecimento de água para os diversos usuários principalmente se existissem barragens para aproveitamento das águas durante os períodos chuvosos.

O Reservatório Paiva Castro está localizado na Bacia do Rio Juqueri, na Bacia do Alto Tietê – Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRH 6. A figura a seguir apresenta a localização das bacias formadoras do Sistema Cantareira, bem como os principais municípios na área de abrangência.



**Figura 4 – Bacias hidrográficas dos rios formadores do Sistema Cantareira.**

Cabe ressaltar também que a Bacia do Rio Jaguari e a Bacia do Rio Cachoeira tem respectivamente, 79% e 11% de suas áreas localizadas no Estado de Minas Gerais.

A bacia hidrográfica do Sistema Cantareira é caracterizada pela existência de núcleos urbanos na sede dos municípios a que ele se localiza, áreas de mata, capoeira e loteamentos em desenvolvimento nas áreas rurais declaradas de expansão urbana pelas respectivas prefeituras. As principais vias de acesso são a Rodovia Fernão Dias que corta

o sistema no Canal do Juqueri, em Mairiporã, e a Rodovia Dom Pedro I que corta o sistema na Represa Atibainha, em Nazaré Paulista.

Conforme Decreto Estadual nº 10.755/77 os rios que formam as represas do Sistema Cantareira pertencem à Classe 1 (águas destinadas ao abastecimento doméstico, sem tratamento prévio ou com simples desinfecção, conforme art. 7º do Decreto Estadual 8.468/76), sendo monitorados por 21 pontos de coleta nas represas e 32 pontos de coleta distribuídos nos rios formadores, para análise de parâmetros de qualidade de água.

O estado de ocupação urbana da bacia pode ser considerado moderado; sendo mais intensa nas bacias das represas Paiva Castro e Águas Claras, nos municípios de Mairiporã e São Paulo; observa-se também, uma crescente ocupação de chácaras de lazer nas bacias e no entorno das represas do Jaguari e Jacareí.

No que se refere a monitoramento hidrológico, o plano das Bacias PCJ 2010/2020 consultado, não especifica e não recomenda ações a esse respeito.

## **5. A REDE DE MONITORAMENTO DE NÍVEIS E CHUVAS OPERADA PELA SABESP E CONTROLE DE VAZÕES**

Desde o início de implantação do Sistema Cantareira, em 1973, a Sabesp possui instalada e opera uma rede de monitoramento de níveis, vazões e chuvas que sendo aprimorada ao longo do tempo e com o avanço das tecnologias aplicadas.

Nas barragens do Sistema Cantareira o monitoramento dos níveis e chuvas era realizado através de réguas linimétricas, linígrafos, pluviômetros e pluviógrafos cujo acompanhamento e operação eram de responsabilidade da equipe de operação lotada em cada barragem que realizava as leituras das chuvas e réguas às 7h00 e 17h00 diariamente. Tal monitoramento já era realizado em período anterior a implantação do Sistema Cantareira pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, órgão estadual responsável pela gestão dos recursos hídricos no Estado de São Paulo.

Para monitoramento das bacias hidrográficas dos rios formadores das represas do Sistema Cantareira a partir do início da década de 1980, foram implantados postos pluviométricos e fluviométricos convencionais.

A partir da outorga do Sistema Cantareira de 2004, iniciou-se o monitoramento através de estações telemétricas instaladas em barragens, estruturas de controle de vazões e em pontos estratégicos para a operação. Estas possuem sensores de níveis que registram níveis e vazões, seja nas represas, rios ou canais. Para monitoramento de chuvas, são utilizados pluviômetros automáticos.

Todos os dados são coletados em intervalos de 10 minutos que somados aos registros realizados pelas equipes de operação, são consolidados e gerenciados através do Sistema de Suporte a Decisão – SSD Sabesp, pelo corpo técnico das Divisões Operacionais e do Centro de Controle dos Mananciais – CCM, do Departamento de Recursos Hídricos Metropolitanos, responsável pela gestão e operação dos Recursos Hídricos do SIM – Sistema Integrado Metropolitano.

A atualização dos dados do volume armazenado e da chuva é realizada diariamente às 9:00hs. Ainda, é realizada permanentemente a disponibilização das séries históricas dos dados de monitoramento e operação, para a toda a público geral, interessados, Salas de Situação do Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE dos Comitês PCJ e CBH-AT e para Agência Nacional de Águas – ANA através de diversas maneiras conforme citado adiante.

A figura 5 apresenta a localização das estações telemétricas automáticas instaladas no Sistema Cantareira operadas pelas Sabesp, acrescidas das estações de monitoramento da Agência Nacional de Águas – ANA, Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE e da Agência das Bacias PCJ.

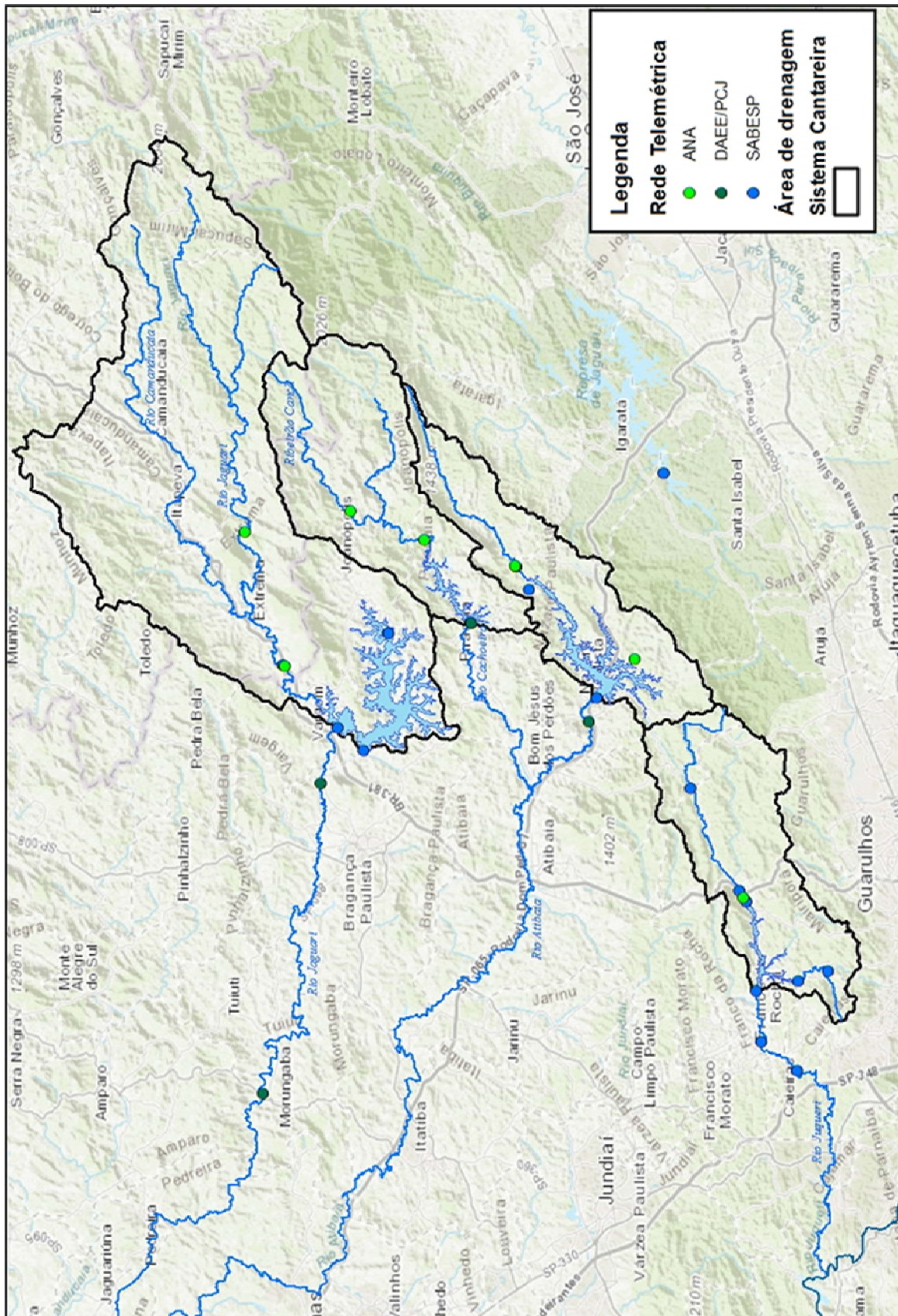
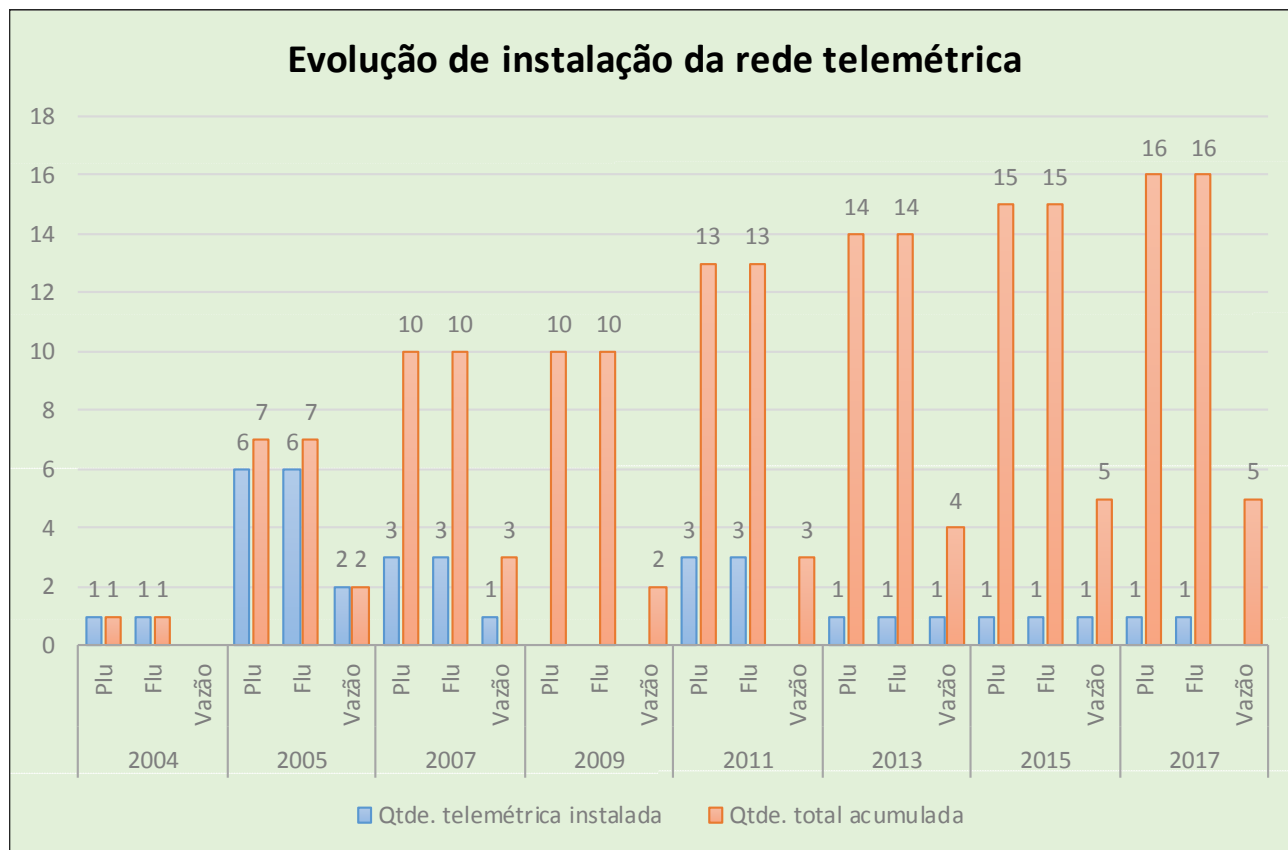


Figura 5 – Localização das estações telemétricas automáticas instaladas no Sistema Cantareira.

Como forma de demonstrar a evolução da instalação das estações telemétricas da SABESP apresentamos o gráfico com a quantidade instaladas e acumuladas em relação ao período de 2004 a 2017 e por tipo de medição: pluviométrico e fluviométrico.

**Gráfico 2 – Evolução de instalação da rede telemétrica (plu, flu e vazão).**



Descreve-se a seguir o investimento realizado nas estações telemétricas que utilizam uma tecnologia moderna para a captura dos dados. Na tabela a seguir tem-se o valor aplicado para a instalação e reposição das estações telemétricas realizadas no período entre 2004 e 2017.

**Tabela 2 – Investimentos rede telemétrica**

INVESTIMENTO				
Qtde. de estação	Atividade	Unid. Medida	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
16	Aquisição e instalação de estação telemétrica	Unidade	21.295,12	340.721,92
2	Reposição de estação telemétrica por furto ou vandalismo	Unidade	21.295,12	42.590,24
<b>Custo total das 18 estações</b>				<b>383.312,16</b>

O custo utilizado para manter essas estações telemétricas em pleno funcionamento, bem como, a transmissão dos dados e o registro no servidor do sistema SSD Sabesp., são descritos na tabela a seguir considerando os valores mensais médios dispendidos por atividade.

**Tabela 3 – Despesas por atividade rede telemétrica**

<b>DESPESA</b>			
<b>Qtde. total de estação</b>	<b>Atividade</b>	<b>Unid. Medida</b>	<b>Valor médio mensal (R\$)</b>
<b>16</b>	<b>Manutenção da estação telemétrica</b>	mês	317.347,68
	<b>Disponibilização de dados</b>	mês	8.949,76
	<b>Fornecimento de dados Radar</b>	mês	4.311,84
	<b>Suporte SSD</b>	mês	8.000,00
<b>Custo total das 16 estações</b>		<b>mês</b>	<b>338.609,28</b>

Além disso vale ressaltar os desafios para manter essa estrutura em pleno funcionamento uma vez que alguns fatores adversos como furto e roubo, proteção e sinalização da área, falta de local para instalação, depredação e vandalismo e intemperismo não estão em nosso controle.

Para as estruturas hidráulicas verifica-se que os investimentos e despesas estão vinculados diretamente com as considerações apresentadas no relatório de revisão periódica das barragens realizada anualmente. Este documento é elaborado por equipe multidisciplinar de especialistas e tem o objetivo de fazer uma avaliação global das estruturas, das práticas operacionais e de manutenção aplicada.

**Tabela 4 – Despesa com estruturas hidráulicas**

<b>INVESTIMENTO</b>				
<b>Qtde. de barragens</b>	<b>Atividade</b>	<b>Unid. Medida</b>	<b>Valor unitário (R\$ mil)</b>	<b>Valor total (R\$ mil)</b>
<b>6</b>	<b>Avaliação da estrutura hidráulica</b>	Ano	750	4.500
<b>Custo total das 6 barragens</b>				<b>4.500</b>

Diante das despesas apresentadas, tanto da rede telemétrica quanto das estruturas hidráulicas, há que se ressaltar que não estão compreendidas despesas com pessoal,

administrativas, segurança patrimonial, dentre outras que são compartilhadas com outras atividades da Sabesp.

## 5.1 TECNOLOGIA DA REDE TELEMÉTRICA

Todos os dados coletados pelos medidores de chuva, nível e vazão são transmitidos para uma unidade remota de armazenamento. Esta, por sua vez, faz a imediata transmissão dos dados para o sistema de recepção localizado em um centro de dados em São Paulo e para o Sistema de Suporte a Decisões – SSD da Sabesp, que é mantido pela Superintendência de Tecnologia da Informação da Sabesp.

A transmissão dos dados coletados nas estações telemétricas é realizada por meio de rede de telefonia celular que utiliza a tecnologia GSM/GPRS ou por meio de satélite. A escolha da tecnologia de transmissão de dados empregada depende da localização da estação telemétrica e disponibilidade do sinal no local.

O acesso às informações pode ser realizado em tempo real de qualquer lugar onde esteja disponível um ponto de Internet.

A rede telemétrica possui grande confiabilidade quanto a coleta e transmissão dos dados considerando que 99% deles são gravados no banco de dados do Sistema de Suporte a Decisões – Sabesp, tendo em vista que são transmitidos mais de 843 mil registros/mês entre nível e chuva. Para esta quantidade de dados transmitidos tem-se índice de erro ou falha menor que 0,5%. A Tabela 4 apresenta o índice de erro ou falha de 7 das 16 estações no ano de 2016, que representaram 0,22%.

**Tabela 5 – Total de dados coletados e percentual de falhas.**

Estação	ano	Total de Dados Coletados no ano (*)	Total de Falhas no ano	% Falhas
Barrag/Jaguari	2016	52.704	96	0,18%
Barrag/Cachoeira	2016	52.704	12	0,02%
Barrag/Atibainha	2016	52.704	12	0,02%
Barrag/Paiva Castro	2016	52.704	12	0,02%
Barrag/Aguas Claras	2016	52.704	12	0,02%
F25B_rio Jaguari	2016	52.704	563	1,07%
Tunel 5_Desemboque	2016	52.704	102	0,19%
<b>Total acumulado das 7 estações</b>		<b>368.928</b>	<b>809</b>	<b>0,22%</b>

(\*) 6 dados por hora 144 dados por dia

Essas falhas podem ser de natureza tecnológica, de registro e transmissão de dados, falhas técnicas nos componentes do equipamento ou devido a intempéries.

Vale frisar que durante um ano, tem-se mais de 843 mil dados coletados e transmitidos considerando-se a rede telemétrica instalada no sistema Cantareira.

A figura a seguir apresenta o fluxo da informação típica desde o ponto de coleta até a sua disponibilização na internet.



**Figura 6 – Esquema para coleta e transmissão dos dados da estações telemétricas.**

A rede de monitoramento utiliza equipamentos de medição com características específicas para a coleta de dados. No anexo B exibe-se a especificação técnica dos equipamentos.

Logo a seguir são apresentadas as 16 estações telemétricas instaladas nas Bacias PCJ e Alto Tietê e respectivas variáveis de medição, localização e tipo de transmissão de dados.

**Quadro 1 – Rede telemétrica Sistema Cantareira.**

Nome	Variáveis hidrologicas			Município	Longitude/Latitude	Tipo de transmissão	Tipo	Manutenção corretiva (prazo máximo)	Manutenção preventiva (mínimo/mês)
	Precipitação (mm)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Nível (m)						
Barragem Jaguari - Vargem	X		X	Vargem	-46.42227, -22.92236	satélite	telemétrica	24 horas	1
Barragem Jacaré - Vargem	X		X	Vargem	-46.44500, -22.95500	celular	telemétrica	24 horas	1
Emboque do Túnel 7	X		X	Joanópolis	-46.32998, -22.97222	celular	telemétrica	24 horas	1
F25b - Rio Jaguari	X	X	X	Extrema - MG	-46.35881, -22.86680	satélite	telemétrica	24 horas	1
Barragem Cachoeira	X		X	Piracaja	-46.31927, -23.05083	satélite	telemétrica	24 horas	1
Desemboque do Túnel 6	X	X	X	Nazaré Paulista	-46.28729, -23.10833	celular	telemétrica	24 horas	1
Barragem Atibainha	X		X	Nazaré Paulista	-46.39272, -23.17391	satélite	telemétrica	24 horas	1
Desemboque do Túnel 5	X	X	X	Mairiporã	-46.48071, -23.26481	satélite	telemétrica	24 horas	1
Canal Juqueri	X		X	Mairiporã	-46.57659, -23.30985	celular	telemétrica	24 horas	1
Elevatória de Mairiporã	X		X	Mairiporã	-46.59137, -23.31884	celular	telemétrica	24 horas	1
Barragem Paiva Castro	X		X	Franco da Rocha	-46.67843, -23.32901	satélite	telemétrica	24 horas	1
Barragem Paiva Castro - Captação ESI	X		X	Cateiras	-46.66889, -23.36962	celular	telemétrica	24 horas	1
Barragem Águas Claras	X		X	São Paulo	-46.65845, -23.39796	celular	telemétrica	24 horas	1
F38 - Rio Juqueri	X	X	X	São Paulo	-46.72787, -23.33353	satélite	telemétrica	24 horas	1
F36 - Rio Juqueri	X	X	X	São Paulo	-46.75518, -23.36834	satélite	telemétrica	24 horas	1
EEAB Paraíba do Sul	X		X	Santa Isabel	-46.17464, -23.23903	satélite	telemétrica	24 horas	1

## **5.2 METODOLOGIA DO CONTROLE DE VAZÃO DAS ESTRUTURAS**

A infraestrutura operacional para o controle de vazão a jusante das barragens e transferência de água é realizada com manobra local dos equipamentos.

A operação do Sistema Cantareira dado o porte das estruturas hidráulicas e as grandezas das vazões envolvidas, que garantem o atendimento de parte do abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo e das necessidades das bacias a jusante dos reservatórios, requerem o acionamento de diversos sistema de controle compreendendo, sobretudo, de comportas e válvulas, de forma a manejar as transferências de água entre reservatórios e propiciar as descargas a jusante.

Essa operação dispõe atender as demandas já referidas, manter estoques de água nos reservatórios capazes de superar situações potencialmente críticas de estiagem e, ainda, propiciar controle de cheias nas épocas chuvosas.

As características das estruturas hidráulicas componentes das obras do Sistema Produtor do Cantareira, para gestão e operação destes elementos, estão consolidados no sistema interno DataOper.

O controle da vazão é realizado por meio das curvas de descargas das estruturas de operação, como tomada de água, vertedouros e válvulas, estimadas nos estudos hidráulicos de laboratório, efetuados na época do projeto e implantação do sistema.

No estudo realizado em novembro de 2008 (Anexo C) as confrontações e medições feitas em campo indicam que as dimensões reais das obras são muito próximas daquelas que constam do DataOper, dos desenhos de projeto e dos estudos realizados em modelo reduzido. Eventuais diferenças não são significativas em termos do comportamento hidráulico das estruturas.

Como referência destacamos os elementos de manobras utilizados para controle da vazão.



*Figura 7 – Válvula de abertura e escala com porcentagem de vazões.*

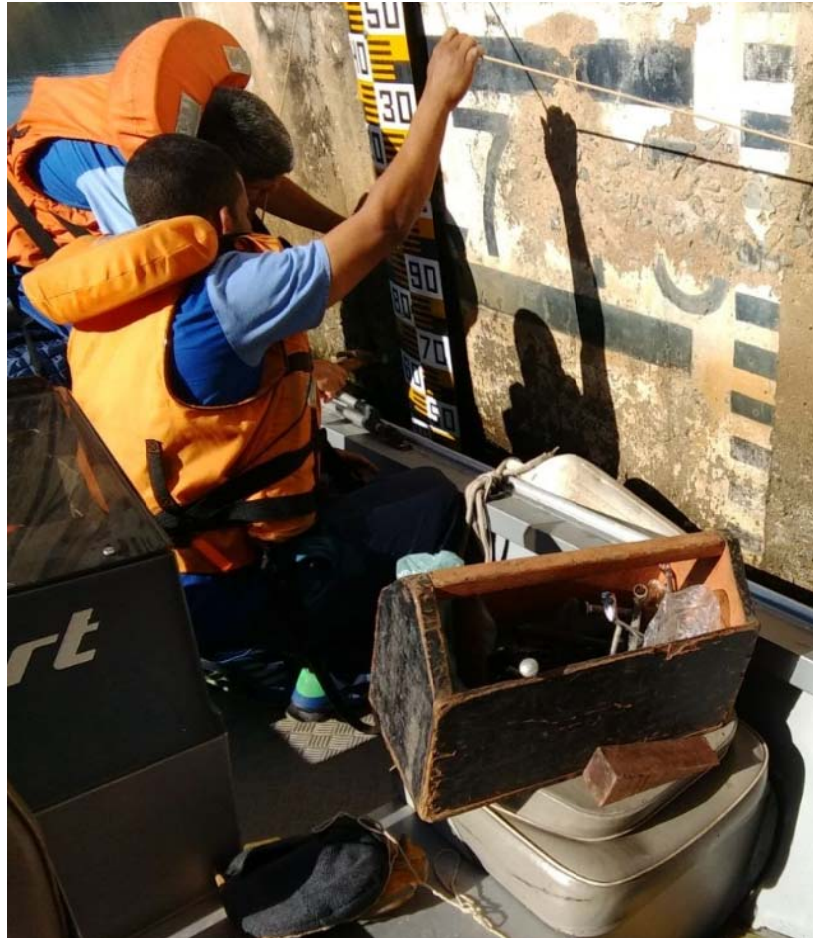
### **5.3 PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA E CORRETIVA**

#### **5.3.1 – Rede Telemétrica**

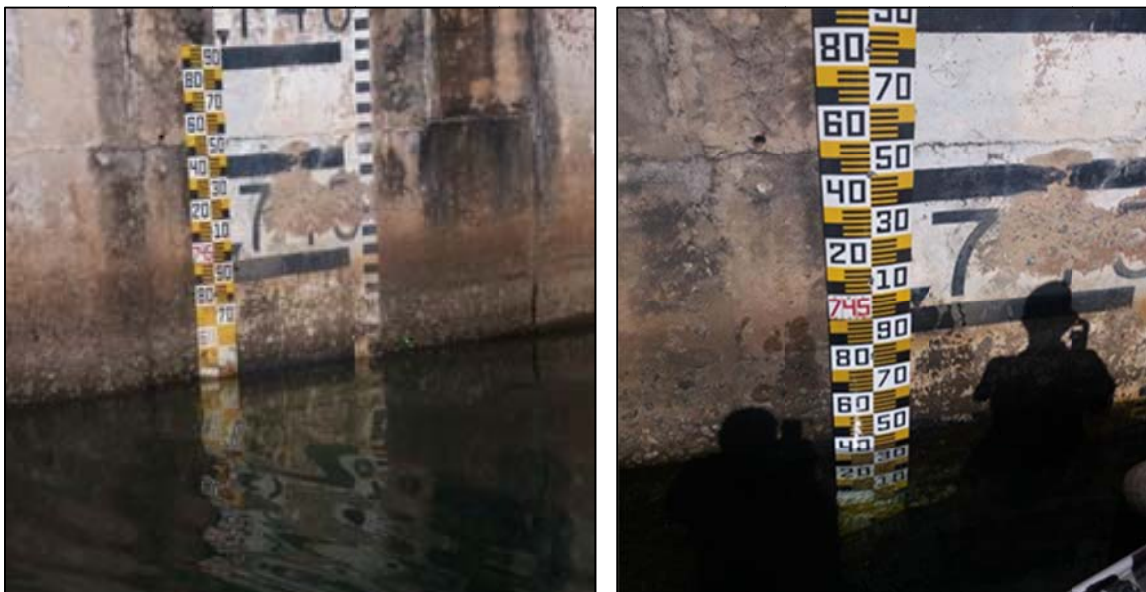
Para todas as estações telemétricas automáticas da rede Sabesp existe um plano de manutenção preventiva e corretiva.

A instalação, manutenção e operação dos postos de monitoramento é de responsabilidade da Sabesp, que, por meio de contrato com empresa especializada realiza as três atividades.

Tendo em vista garantir as melhores condições do monitoramento em campo, a Sabesp frequentemente efetua vistorias técnicas e avaliação das réguas linimétricas e demais estruturas hidráulicas utilizadas para a operação do Sistema Cantareira. As figuras abaixo apresentam o serviço de substituição das réguas linimétricas realizado na Barragem Paiva Castro em Franco da Rocha/SP ocorrida no dia 21.07.17.



**Figura 8 – Técnicos da Sabesp realizando a substituição de réguas linimétricas.**



**Figura 9 – Situação antes e depois da substituição de réguas linimétricas.**

Além das réguas linimétricas e pluviômetros, existe uma rede telemétrica compostas de sensores de nível (hidrostático ou ultrassom) e pluviômetros automáticos calibrados mensalmente, o que garante a confiabilidade das informações coletadas. No anexo D, apresenta-se o certificado de calibração do sensor de nível.

Para manter a rede de estações telemétricas em perfeito funcionamento são necessárias inspeções periódicas nas estações para realizar manutenção preventiva.

A manutenção preventiva é realizada mensalmente, tendo no mínimo uma visita técnica por estação telemétrica, com o objetivo de verificar as condições dos equipamentos e as condições gerais da estação. São realizados serviços de zeladoria como calibração dos sensores de nível e pluviômetro e avaliação geral da estrutura, verificação do funcionamento dos equipamentos, verificação das tensões do painel solar, bateria e alimentação da remota, e limpeza do entorno da estação.



**Figura 10 – Atividades da manutenção preventiva nas estações telemétricas.**

As manutenções corretivas ocorrem de forma emergencial no prazo máximo de 24 horas e tem por objetivo reestabelecer o pleno funcionamento da estação telemétrica que apresente algum problema.

Para o acompanhamento da realização do plano de manutenção preventiva e corretiva são emitidos mensalmente relatórios nos quais constam os serviços realizados e

os locais atendidos. O anexo E apresenta um relatório de acompanhamento das atividades de manutenção.

### **5.3.2 – Estruturas Hidráulicas**

A estruturas hidráulicas, pertencentes as barragens do Sistema Cantareira, possuem planos de manutenção para inspeções e monitoramento periódicos formado por atividades que analisam o estado atual e indicam variações de acordo com a evolução do tempo, a degradação da estrutura e as intervenções de manutenção realizadas.

As avaliações são realizadas anualmente considerando as informações relativas ao funcionamento e ao comportamento observado nos testes operacionais em cada um dos seus elementos constituintes.

Para tanto, utilizaram-se como referência as seguintes legislações vigentes:

- ✓ Lei Nº 12.334, de 20/09/2010 – Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB).
- ✓ RESOLUÇÃO Nº 742, de 17/10/2011 – Inspeções de Segurança Regulares de Barragem. - ANA-Agência Nacional de Águas.
- ✓ RESOLUÇÃO Nº 91, de 02/04/2012 – Revisão Periódica de Segurança de Barragem. -ANA-Agência Nacional de Águas.
- ✓ RESOLUÇÃO Nº 143, de 10/07/2012 – Critérios Gerais de Classificação de Barragens. - CNRH-Conselho Nacional de Recursos Hídricos.
- ✓ RESOLUÇÃO 132 de 22/02/2016 – Critérios Complementares de Classificação de Barragens reguladas pela ANA quanto ao Dano Potencial Associado.

A manutenção preventiva é realizada mensalmente de acordo com critérios prescritos, tendo no mínimo uma inspeção física nas estruturas hidráulicas do sistema, com o objetivo de verificar as condições dos equipamentos e as situações gerais destinado a reduzir a probabilidade de falha ou degradação da função de um item.

São realizados serviços de inspeção geral, lubrificação das partes mecânicas, verificação de nível de óleo, ajuste e alinhamento em guias, conexões, roldanas, cabo de aço e vedações, teste de funcionamento e limpeza geral do equipamento.

Ressalta-se que as condições de segurança da barragem e suas estruturas estão diretamente relacionadas com as inspeções realizadas, pois são efetuados acompanhamentos, testes e recomendações de manutenção para que a estrutura geral e, para garantia desse status é imprescindível a implantação das ações recomendadas para mitigação e/ou eliminação das anomalias.

#### **5.4 SITUAÇÃO ATUAL DOS EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO E CONTROLE**

A operação e monitoramento das represas, estações elevatórias, túneis, canais, entre outros são feitas por técnicos das divisões operacionais e por estações telemétricas de monitoramento hidrológico e inseridos no Sistema de Suporte à Decisões – SSD.

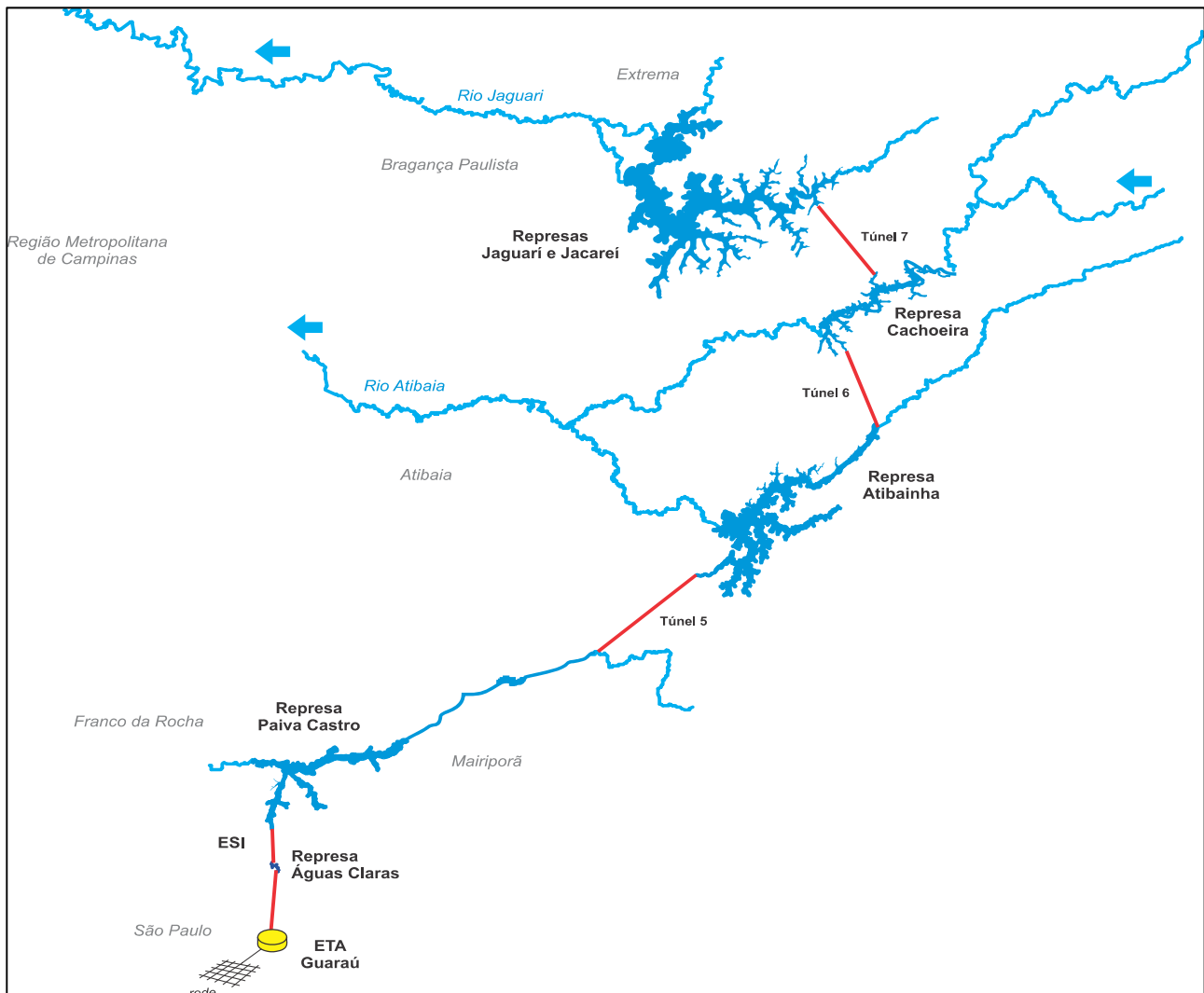
O SSD tem como principal objetivo auxiliar a operação de todo este conjunto hídrico extremamente complexo considerando o fato de que a operação das represas, para a máxima utilização dos recursos numa região de grande escassez hídrica, tendo de prever o múltiplo uso, mas que deve ser priorizado o fornecimento de água para abastecimento público em situação de crise.

O sistema de monitoramento e controle integra informações em tempo real da rede telemétrica instalada no Sistema Cantareira, além das previsões meteorológicas dos sites CPTEC/INPE e Climatempo, bem como a observação on-line do radar meteorológico de Ponte Nova, disponibilizada pelo Sistema de Alerta a Inundações da Cidade de São Paulo (SAISP).

O levantamento das estruturas hidráulicas do Sistema Produtor do Cantareira foi efetuado por meio de visitas “in loco” e com informações disponíveis em relatórios técnicos. Individualmente, para cada estrutura hidráulica, foram analisadas e avaliadas o seu estado atual da coleta e transmissão de dados, operação dos equipamentos de

descargas e transferências, bem com as possíveis melhorias, ampliação e modernização dos equipamentos coleta de nível e controle de vazão.

O esquemático abaixo refere-se ao conjunto de estruturas, túneis, canais e demais instalações do Sistema Cantareira.



**Figura 11 – Esquemático do Sistema Cantareira**

No Artigo 2º da Resolução Conjunta ANA/DAEE nº926 de 29.05.17 estão listadas as estruturas hidráulicas com seus respectivos controles de nível e vazão no qual o artigo 7º explicita e que estão descritas na tabela a seguir:

**Tabela 6 – Relação de estruturas do Sistema Cantareira**

USO	RECURSO HÍDRICO	MUNICÍPIO	COORD. UTM (km) MC = 45°	
			N	E
Barramento	Rio Jaguari	Vargem	7.465,00	354,00
Barramento	Rio Jacarei	Vargem/Bragança Paulista	7.461,00	351,80
Reversão Jacarei-Cachoeira: Emboque do túnel 7 *	Rio Jacarei (Reservatório Interligado dos rios Jaguari e Jacarei)	Joanópolis	7.458,75	363,83
Reversão Jacarei-Cachoeira: Desemboque do túnel 7 *	Ribeirão Boa Vista (Reservatório do Rio Cachoeira)	Piracaia	7.454,95	368,11
Barramento	Rio Cachoeira	Piracaia	7.450,40	364,70
Reversão Cachoeira-Atibainha Emboque do túnel 6 *	Afluente do Ribeirão dos Bujis (Reservatório do Rio Cachoeira)	Piracaia	7.448,00	365,80
Reversão Cachoeira-Atibainha: Desemboque do túnel 6 *	Afluente do Córrego da Cruz das Almas (Reservatório do Rio Atibainha)	Piracaia	7.443,87	368,07
Barramento	Rio Atibainha	Nazaré Paulista	7.436,71	357,42
Reversão Atibainha-Juqueri Emboque do túnel 5 *	Afluente do Rio Atibainha (Reservatório do Rio Atibainha)	Nazaré Paulista	7.431,23	355,49
Reversão Atibainha-Juqueri Desemboque do túnel 5 *	Rio Juqueri-Mirim: Reversão da bacia do rio Piracicaba para a bacia do Tietê	Nazaré Paulista	7.426,49	348,62
Barramento	Rio Juqueri (Cascata)	Mairiporã	7.424,75	343,70
Canalização	Rio Juqueri	Mairiporã	7.426,49	348,62
			7.420,38	337,29
Barramento	Rio Juqueri (Paiva Castro)	Franco da Rocha	7.418,96	328,34
Reversão Juqueri-Sta. Inês Emboque do túnel 3 (Elevatória de Santa Inês)	Rio Juqueri (Reservatório Paiva Castro)	Caieiras	7.414,58	329,45
Reversão Juqueri-Sta. Inês Desemboque do túnel 1/4	Ribeirão Santa Inês (Reservatório Águas Claras)	Caieiras	7.411,78	330,12
Barramento	Ribeirão Santa Inês (Águas Claras)	Caieiras	7.411,49	330,63
Captação	Ribeirão Santa Inês (Reservatório Águas Claras): Entrada do Túnel 2	Caieiras	7.411,27	330,46

Fonte: Resolução Conjunta ANA/DAEE nº 926 de 29.05.17.

A tabela a seguir apresenta avaliação técnica das estruturas hidráulicas do Sistema Cantareira considerando a condição atual de operação e ações de melhorias propostas pela Sabesp.

**Tabela 7 – Avaliação técnica das estruturas hidráulicas**

Controle de nível/vazão dos Reservatórios								
Represa	Estruturas Hidráulicas Mencionadas no Art. 2º	Recurso Hídrico	Controle de nível do Reservatório		Controle de vazão do Reservatório		Necessita de melhoria, ampliação ou modernização	Observações
			Sim / Não	Como?	Sim / Não	Como?		
Jaguari	Barramento	Rio Jaguari Vargem	Sim	Sensor de nível ultrassônico com transmissão dos dados via telemetria.	Sim	Descarga de Jusante é determinada pela curva de descarga.	Sim	Instalação de sensor de nível/vazão à jusante do canal de descargas para melhoria da medição de vazão.
Jacareí	Barramento	Rio Jacareí	Sim	Sensor de nível ultrassônico com transmissão dos dados via telemetria.	Sim	Descarga de Jusante é determinada pela curva de descarga.	Sim	Instalação de sensor de nível/vazão à jusante do canal de descargas para melhoria da medição de vazão.
	Reversão Jacareí-Cachoeira: Emboque do túnel 7 *	Rio Jacareí			Sim	A vazão é determinada pela curva de descarga em função da abertura da comporta e do nível da represa.	Não	
Cachoeira	Reversão Jaguari-Cachoeira: Desemboque do túnel 7	Ribeirão Boa Vista	Não		Não		Não	
	Barramento	Rio Cachoeira	Sim	Sensor de nível ultrassônico com transmissão dos dados via telemetria.	Sim	Descarga de Jusante é determinada pela curva de descarga.	Sim	Instalação de sensor de nível/vazão à jusante do canal de descargas para melhoria da medição de vazão.
	Reversão Cachoeira-Atibainha: Emboque do túnel 6 *	Afluente do Rbierão do Bujis			Sim	A vazão é determinada pela curva de descarga, em função da abertura da comporta e do nível da represa.	Não	
Atibainha	Reversão Cachoeira-Atibainha: Desemboque do túnel 6 *	Afluente do Córrego da Cruz das Almas	Sim	Sensor de nível ultrassônico com transmissão dos dados via telemetria.	Sim	Curva Cota x Vazão do vertedor do desemboque do Túnel 6.	Não	O equipamento foi furtado, temporariamente sem dados.
	Barramento	Rio Atibainha	Sim	Sensor de nível ultrassônico com transmissão dos dados via telemetria.	Sim	Descarga de Jusante é determinada pela curva de descarga.	Sim	Instalação de sensor de nível/vazão à jusante do canal de descargas para melhoria da medição de vazão.
	Reversão Atibainha-Juqueri: Emboque do túnel 5 *	Rio Atibainha			Sim	A vazão é determinada pela curva de descarga, em função da abertura da comporta e do nível da represa.	Não	
Paiva Castro	Reversão Atibainha-Juqueri: Desemboque do túnel 5 *	Rio Juqueri-Mirim	Sim	Sensor de nível ultrassônico com transmissão dos dados via telemetria.	Sim	A vazão é determinada pela Equação Cota x vazão do vertedor.	Não	
	Barramento	Rio Juqueri (Cascata)	Não				Não	
	Canalização	Rio Juqueri					Não	
	Barramento	Rio Juqueri (Paiva Castro)	Sim	Sensor de nível ultrassônico com transmissão dos dados via telemetria.	Sim	Descarga de Jusante é determinada pela curva de descarga.	Não	
	Reservão Juqueri-Santa Inês: ESI_Emboque do túnel 3	Rio Juqueri (Paiva Castro)			Sim	A vazão é obtida em função da capacidade de rendimento e das horas de funcionamento das bombas.	Não	
	Reversão Juqueri-Sta Inês: Desemboque do túnel 1/4	Ribeirão Santa Inês	Não		Não		Não	
Águas Claras	Barramento	Ribeirão Santa Inês (Águas Claras)	Sim	Sensor de nível ultrassônico com transmissão dos dados via telemetria.	Sim	Descarga de Jusante é determinada pela curva de descarga.	Não	
	Captação	Ribeirão Santa Inês: Entrada do Túnel 2	Não		Sim	A vazão é determinada em função da abertura da comporta.	Não	

Logo após retratamos um resumo da avaliação realizada nas estruturas hidráulicas.

**Tabela 8 – Resumo da avaliação técnica das estruturas hidráulicas**

Qtde. de estruturas	Possibilidade de melhoria, ampliação ou modernização		Observações
17	Sim	4	Serão instaladas estações telemétricas para monitoramento de nível.
	Não	13	Não há necessidade de melhoria, ampliação e modernização.

Para uma adequada representação das condições atuais de operação e ações de melhorias dispomos a seguir a descrição técnica das estruturas avaliadas.

## **6. DESCRIÇÃO TÉCNICA DAS ESTRUTURAS HIDRÁULICAS POR LOCALIDADE**

### **RESERVATÓRIOS JAGUARI E JACAREÍ**

Os reservatórios Jaguari e Jacareí funcionam como um único reservatório, elas são interligadas por um canal aberto de 670m de extensão.

São os reservatórios mais importantes do Sistema Cantareira, juntas são responsáveis por armazenar 80% do volume total do Sistema. Situado a cerca de 70,0 km da área urbanizada central da Região Metropolitana de São Paulo, nas proximidades dos municípios Bragança Paulista, próximo à divisa com o estado de Minas Gerais.

As principais características técnicas das barragens Jaguari e Jacareí estão destacadas na tabela a seguir:

**Tabela 9 – Características Barragens Jaguari/Jacareí**

<b>Barragem Jaguari/Jacareí</b>	
<b>Descrição</b>	<b>Dado</b>
<b>Informações Hidrológicas</b>	
Precipitação Média na Bacia (anual)	1.592 mm
<b>Dados na Seção do Barramento</b>	
Área de Drenagem	1230,00 km <sup>2</sup>
Vazão Média (afluência)	25,20 m <sup>3</sup> /s
<b>Características do Reservatório</b>	
Volume Útil	713,00 hm <sup>3</sup>
Volume Morto	204,00 hm <sup>3</sup>
Área Inundada Máxima (espelho d'água)	43,70 km <sup>2</sup>
Área Inundada Mínima (espelho d'água)	20,00 km <sup>2</sup>
N.A. Máximo Normal/Operacional	844,00 m
N.A. Mínimo Normal/Operacional	820,80 m
<b>Características da Barragem</b>	
Tipo	Aterro Compactado
Volume do Maciço	6,37 hm <sup>3</sup>
Comprimento	1.300,00 m
Cota do Coroamento	847,00 m
Altura Máxima	50,00 m
<b>Estruturas de Controle Jacareí</b>	
<b>Vazões a Jusante</b>	
Descarregador de fundo, com 2 válvulas dispensoras	φ1000 mm/válvula
Cota do eixo das válvulas	797,07 m
<b>Vazões para São Paulo (tomada seletiva)</b>	
6 aberturas de 1,50m de largura e 8m de altura	
níveis da soleira	
comportas 1 e 2	818,00 m
comportas 3 e 4	827,00 m
comportas 5 e 6	836,00 m
<b>Estruturas de Controle Jaguari</b>	
<b>Vazões a Jusante</b>	
Descarregador de fundo, com 2 válvulas dispensoras	φ1000 mm/válvula
Cota do eixo das válvulas	797,07 m
<b>Segurança da Barragem</b>	
Vertedor de Superfície	3
Cota da Crista	834,97 m
Comprimento Total da Crista	18,00 m

Fonte: Sabesp - Data Oper e Sabesp, 2009.

## CONTROLE DE VAZÃO

Nas barragens dos reservatórios Jaguari e Jacareí suas estruturas hidráulicas são constituídas de equipamentos automatizados com acionamento local (no reservatório Jacareí está em processo de automatização). Estas estruturas respectivamente denominadas de vertedores de superfície, vertedores de fundo e emboque do túnel 7:

- ✓ O vertedor de proteção contra cheias está na barragem do reservatório do Jaguari;
- ✓ Ambas as barragens têm válvulas que permitem o controle da vazão a jusante dos reservatórios e possuem grande precisão quanto ao seu volume descarregado. A vazão é determinada, portanto, em função da curva de descarga;
- ✓ Estrutura de tomada de água do túnel 7 (emboque), provida de comporta setor. A vazão que é transferida pelo túnel 7 é determinada em função do nível de água (cota) da represa Jacareí e da abertura da comporta (Cota x Vazão x Abertura da Comporta).



**Figura 12 – Descarregador de fundo da Barragem Jaguari**



**Figura 13 - Descarregador de superfície da Barragem Jaguari**



**Figura 14 - Descarregador de fundo da Barragem Jacareí**

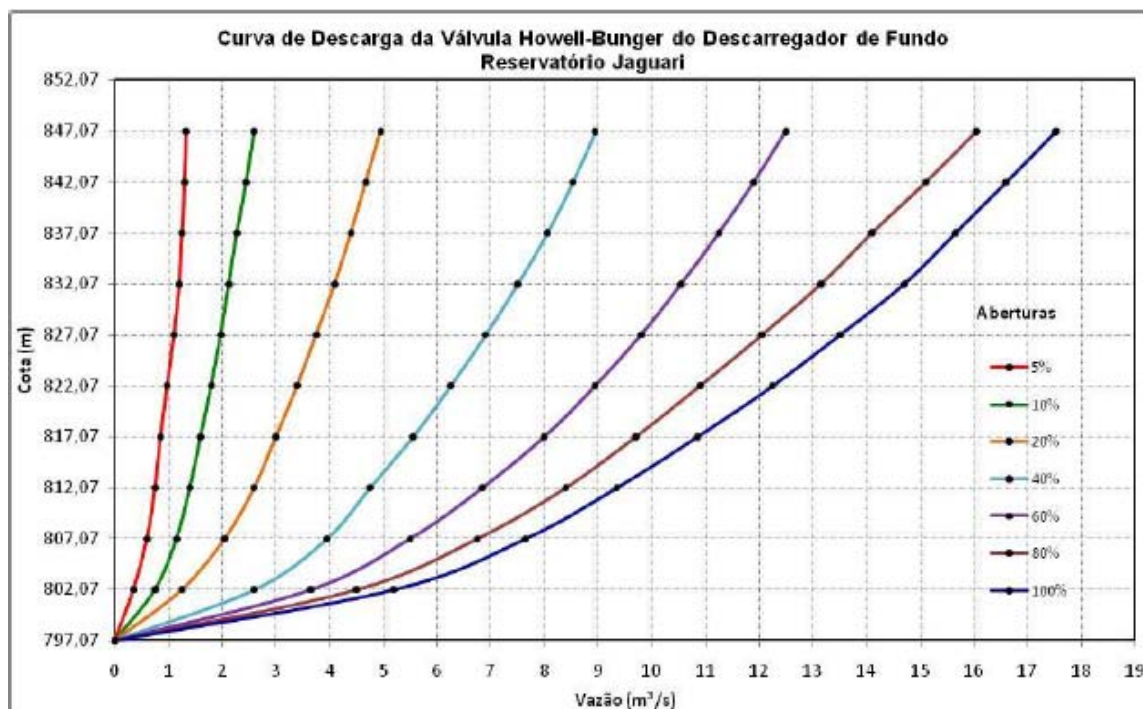
A tabela apresenta as relações cota x vazão em função das aberturas da válvula Howell-Bunger do descarregador de fundo do Jaguari/Jacareí.

**Tabela 10 – Curvas de descarga da tomada de água do aproveitamento Jaguari/Jacareí**

Carga (m)	Cota Consolidada (m)	Curva de Descarga Descarregador de Fundo - curva da Válvula						
		Vazão (m³/s)/aberturas (%)						
		5%	10%	20%	40%	60%	80%	100%
0	797,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	802,07	0,35	0,75	1,25	2,60	3,65	4,50	5,20
10	807,07	0,60	1,15	2,05	3,95	5,50	6,75	7,65
15	812,07	0,75	1,40	2,60	4,75	6,85	8,40	9,35
20	817,07	0,85	1,60	3,00	5,55	8,00	9,70	10,85
25	822,07	0,98	1,80	3,40	6,25	8,95	10,90	12,25
30	827,07	1,10	1,98	3,75	6,90	9,80	12,05	13,50
35	832,07	1,20	2,13	4,10	7,50	10,55	13,15	14,70
40	837,07	1,25	2,28	4,40	8,05	11,25	14,10	15,65
45	842,07	1,30	2,45	4,68	8,53	11,90	15,10	16,60
50	847,07	1,33	2,60	4,95	8,95	12,50	16,05	17,53

Fonte: Sabesp, 2009.

A figura apresenta a curva de descarga do descarregador de fundo.



**Figura 15 – Curvas de descarga Jaguari/Jacareí**

Fonte: Sabesp, 2009.

## CONTROLE DE NÍVEL

Para o controle do nível das represas Jaguari e Jacareí foi instalado um sensor ultrassônico que mede a variação do nível de água armazenada na represa e, estes dados são transmitidos remotamente via telemetria num intervalo de até 10 minutos.



**Figura 16 – Estação telemétrica instalada na Barragem Jaguari em Vargem/SP**

A figura a seguir apresenta a régua linimétrica instalada na Barragem Jaguari utilizada para monitoramento de nível. Frequentemente são realizadas vistorias tendo em vista avaliar a condição de conservação da mesma.



**Figura 17 – Régua linimétrica Barragem Jaguari**



*Figura 18 – Estação telemétrica instalada na Barragem Jacareí*

A rede de monitoramento utiliza equipamentos de medição com características específicas para a coleta de dados.

## **RESERVATÓRIO CACHOEIRA**

O reservatório Cachoeira ocupa uma posição intermediária entre os reservatórios Jaguari/Jacareí e o Atibainha, recebendo além da contribuição do rio Cachoeira, as águas provenientes da transferência do Jaguari/Jacareí através do Túnel 7. Está interligado ao reservatório Atibainha pelo túnel 6, com 4.700m, e por um canal de cerca de 1.200m.

### **CONTROLE DE VAZÃO**

Na Barragem Cachoeira há três estruturas hidráulicas, constituídas de equipamentos operáveis manualmente ou de obras civis de simples vertimento:

- ✓ Vertedor de vazões de enchente tipo tulipa;
- ✓ Estrutura para descargas a jusante: tomada de água com comporta plana quadrada, para abertura de 2 x2m entre as cotas 808,00 e 810,00, instalada na

- estrutura do vertedor Tulipa e acionada localmente; a vazão é determinada em função da curva de descarga;
- ✓ Estrutura de tomada de água do túnel 6, provida de comporta setor. A vazão que é transferida pelo túnel 6 é determinada em função do nível de água (cota) da represa Cachoeira e da abertura da comporta (Cota x Vazão x Abertura da Comporta).



**Figura 19 – Descarregador da Barragem Cachoeira**



**Figura 20 – Jusante Barragem Cachoeira**

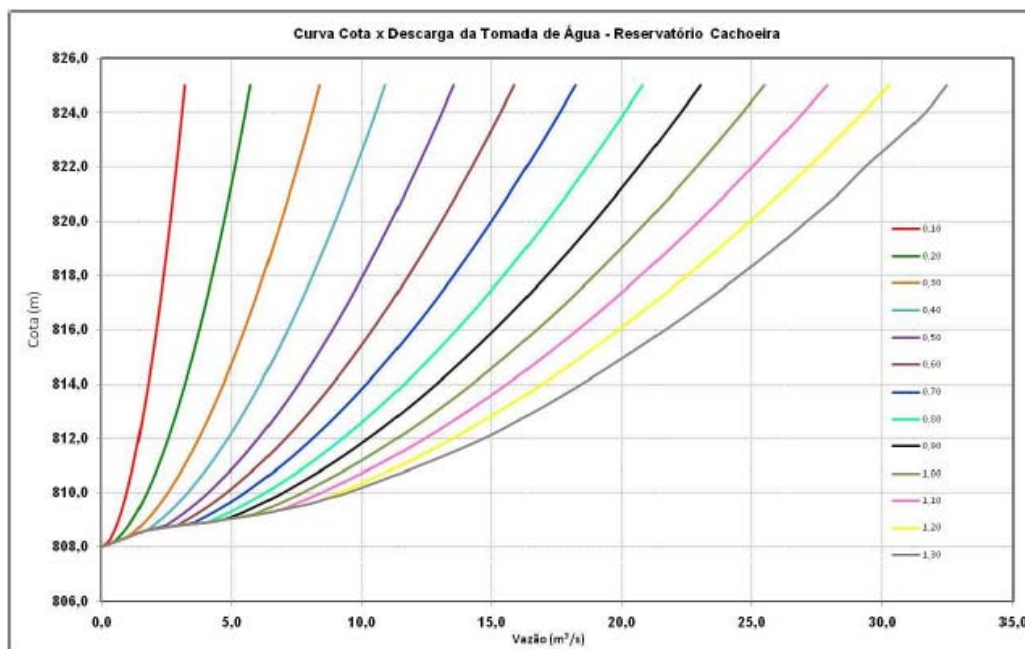
A tabela apresenta os valores cota x vazão em função das aberturas da comporta da tomada de água para a descarga de vazões a jusante do aproveitamento Cachoeira.

**Tabela 11 – Curvas de descarga da tomada de água do aproveitamento Cachoeira**

Cota (m)	Curva de Descarga da Tomada de Água do Aproveitamento Cachoeira												
	Vazão (m³/s) aberturas da comporta (m)												
	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30
808,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
808,2	0,27	0,48	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
808,4	0,39	0,70	1,03	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
808,6	0,49	0,88	1,29	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67
808,8	0,58	1,03	1,51	1,97	2,45	2,87	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
808,9	0,62	1,10	1,62	2,11	2,61	3,07	3,52	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
809,0	0,65	1,17	1,71	2,23	2,77	3,25	3,73	4,26	4,62	4,62	4,62	4,62	4,62
809,2	0,72	1,30	1,90	2,47	3,07	3,60	4,13	4,72	5,23	5,78	6,00	6,00	6,00
809,4	0,79	1,41	2,07	2,70	3,35	3,93	4,51	5,15	5,70	6,31	6,90	7,00	7,00
809,6	0,85	1,52	2,23	2,91	3,61	4,23	4,86	5,55	6,14	6,79	7,44	8,00	8,00
809,8	0,91	1,63	2,38	3,10	3,85	4,52	5,19	5,92	6,56	7,26	7,95	8,63	8,69
810,0	0,96	1,72	2,53	3,29	4,09	4,80	5,50	6,28	6,96	7,70	8,43	9,15	9,44
811,0	1,21	2,16	3,17	4,13	5,13	6,02	6,90	7,88	8,73	9,66	10,58	11,48	12,22
812,0	1,42	2,54	3,72	4,85	6,02	7,07	8,11	9,26	10,25	11,34	12,42	13,49	14,70
813,0	1,61	2,88	4,22	5,50	6,82	8,01	9,19	10,49	11,61	12,85	14,07	15,28	16,66
814,0	1,78	3,19	4,67	6,09	7,56	8,87	10,17	11,62	12,86	14,23	15,58	16,93	18,44
815,0	1,94	3,48	5,09	6,63	8,24	9,67	11,09	12,66	14,02	15,51	16,99	18,45	20,11
816,0	2,09	3,75	5,49	7,15	8,88	10,42	11,95	13,65	15,11	16,72	18,31	19,88	21,67
817,0	2,23	4,00	5,86	7,64	9,48	11,13	12,76	14,58	16,13	17,86	19,55	21,23	23,14
818,0	2,37	4,24	6,22	8,10	10,06	11,80	13,54	15,46	17,11	18,94	20,74	22,52	24,55
819,0	2,50	4,48	6,56	8,54	10,61	12,45	14,28	16,31	18,05	19,98	21,88	23,76	25,89
820,0	2,62	4,70	6,88	8,97	11,14	13,07	14,99	17,12	18,95	20,97	22,97	24,94	27,11
821,0	2,74	4,92	7,20	9,38	11,65	13,67	15,68	17,91	19,82	21,93	24,02	26,09	28,33
822,0	2,86	5,12	7,50	9,78	12,14	14,25	16,34	18,66	20,66	22,86	25,04	27,19	29,37
823,0	2,97	5,33	7,80	10,16	12,62	14,81	16,98	19,40	21,47	23,76	26,02	28,26	30,56
824,0	3,08	5,52	8,09	10,53	13,08	15,35	17,61	20,11	22,26	24,64	26,98	29,30	31,67
825,0	3,18	5,71	8,37	10,90	13,53	15,88	18,22	20,80	23,03	25,49	27,91	30,31	32,50

Fonte: Sabesp, 2009.

A figura apresenta a curva de descarga em função das aberturas da comporta.



**Figura 21 – Curvas de descarga Cachoeira**

Fonte: Sabesp, 2009.

As principais características técnicas da barragem Cachoeira estão destacadas na tabela.

**Tabela 12 – Barragem Cachoeira**

<b>Barragem Cachoeira</b>	
<b>Descrição</b>	<b>Dado</b>
<b>Informações Hidrológicas</b>	
Precipitação Média na Bacia (anual)	1.763 mm
<b>Dados na Seção do Barramento</b>	
Área de Drenagem	392,00 km <sup>2</sup>
Vazão Média (afluência)	8,50 m <sup>3</sup> /s
<b>Características do Reservatório</b>	
Volume Útil	69,80 hm <sup>3</sup>
Volume Morto	41,10 hm <sup>3</sup>
Área Inundada Máxima (espelho d'água)	8,60 km <sup>2</sup>
Área Inundada Mínima (espelho d'água)	5,20 km <sup>2</sup>
N.A. Máximo Normal/Operacional	821,88 m
N.A. Mínimo Normal/Operacional	811,72 m
<b>Características da Barragem</b>	
Tipo	Aterro Compactado
Volume do Maciço	0,55 hm <sup>3</sup>
Comprimento	310,00 m
Cota do Coroamento	827,67 m
<b>Estruturas de Controle</b>	
<b>Vazões a Jusante</b>	
Tomada de água com comporta plana quadrada, para abertura de 2 x 2m entre cotas 808,00m e 810,00m, instalada na estrutura do vertedor tulipa e acionada localmente.	
<b>Vazões para São Paulo</b>	
Comporta setor para abertura de largura 4,81m e altura de 2,87m com soleira na cota 807,80m, implantada na estrutura de tomada de água do túnel 6.	
<b>Segurança contra cheias</b>	
Vertedor tulipa com crista na cota 821,88m e diâmetro externo de 11,0m.	

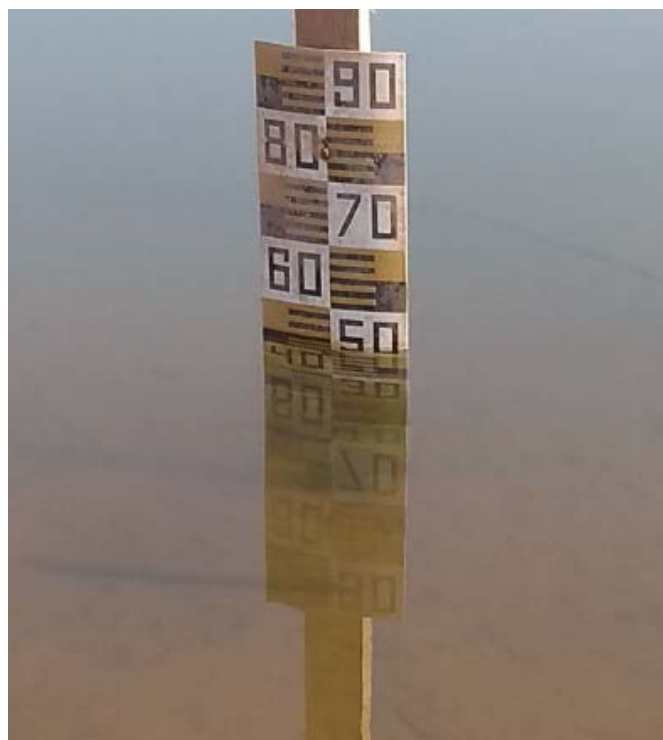
**Fonte: Sabesp - Data Oper e Sabesp, 2009.**

## CONTROLE DE NÍVEL

Para o controle do nível da represa Cachoeira foi instalado um sensor ultrassônico que mede a variação do nível de água da represa e, estes dados são transmitidos remotamente via telemetria num intervalo de até 10 minutos.



**Figura 22 – Estação telemétrica Barragem Cachoeira**



**Figura 23 – Régua linimétrica Barragem Cachoeira**

## **RESERVATÓRIO ATIBAINHA**

Situado nas adjacências da cidade de Nazaré Paulista, cerca de 45 km da área urbanizada central da Região Metropolitana, este reservatório entrou em operação no ano de 1974, como parte das obras que constituíram a primeira etapa do Sistema Cantareira.

Ocupa uma posição intermediária no Sistema, entre os Reservatórios Cachoeira e Paiva Castro. Recebe, além das contribuições naturais do Rio Atibainha, aquelas provenientes das reversões dos Rios Jaguari e Cachoeira, através do túnel 6 e interliga-se, pelo túnel 5, com a bacia hidrográfica do Rio Juqueri. A área inundada do reservatório está localizada no município de Nazaré Paulista.

### **CONTROLE DE VAZÃO**

Na Barragem Atibainha há três estruturas hidráulicas, constituídas de equipamentos operáveis manualmente ou de obras civis de simples vertimento:

- ✓ Vertedor de vazões de enchente do tipo tulipa;
- ✓ Estrutura para descargas a jusante: tomada de água com comporta plana quadrada, para abertura de 1,0 x 1,10m entre as cotas 774,27 e 775,37 instalada na estrutura do vertedor Tulipa e acionada localmente; a vazão é determinada em função da curva de descarga;
- ✓ Estrutura de tomada de água do túnel 5 é provida de comporta setor; A vazão é determinada pela curva de descarga, em função da abertura da comporta e do nível da represa.

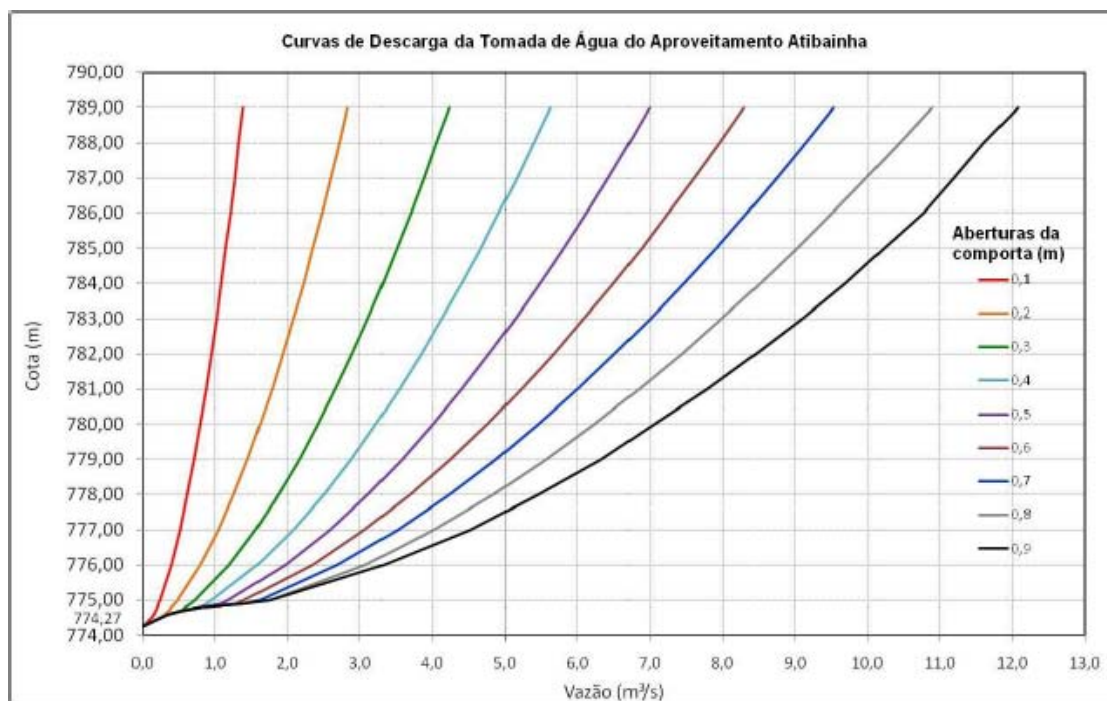
A tabela apresenta os valores cota x vazão em função das aberturas da comporta da tomada de água para a descarga de vazões a jusante do aproveitamento Atibaia.

**Tabela 13 – Curvas de descarga da tomada de água do aproveitamento Atibainha**

Cota (m)	Curvas Cota x Vazão da Tomada de Água do Aproveitamento Atibainha								
	Vazão (m³/s) em função das aberturas da comporta (m)								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
774,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
774,50	0,12	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
774,60	0,15	0,30	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
774,70	0,17	0,35	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
774,80	0,19	0,40	0,59	0,79	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
774,90	0,21	0,44	0,65	0,87	1,08	1,28	1,40	1,40	1,40
775,00	0,23	0,48	0,71	0,95	1,18	1,40	1,61	1,76	1,76
776,00	0,39	0,80	1,19	1,58	1,97	2,34	2,68	3,06	3,32
777,00	0,51	1,04	1,56	2,07	2,58	3,06	3,52	4,01	4,52
778,00	0,61	1,26	1,87	2,49	3,10	3,68	4,23	4,83	5,45
779,00	0,71	1,44	2,16	2,87	3,57	4,24	4,87	5,56	6,33
780,00	0,79	1,62	2,42	3,22	4,00	4,74	5,45	6,23	7,05
781,00	0,87	1,78	2,66	3,54	4,40	5,22	6,00	6,85	7,79
782,00	0,95	1,93	2,88	3,84	4,77	5,66	6,51	7,43	8,46
783,00	1,02	2,08	3,10	4,12	5,13	6,09	7,00	7,99	9,09
784,00	1,08	2,21	3,30	4,40	5,47	6,49	7,46	8,52	9,69
785,00	1,15	2,35	3,50	4,66	5,80	6,88	7,90	9,02	10,22
786,00	1,21	2,47	3,69	4,91	6,11	7,25	8,33	9,51	10,77
787,00	1,27	2,60	3,87	5,16	6,41	7,61	8,74	9,98	11,19
788,00	1,33	2,71	4,05	5,39	6,71	7,96	9,14	10,44	11,60
789,00	1,38	2,83	4,22	5,62	6,99	8,29	9,53	10,88	12,07

Fonte: Sabesp, 2009.

A figura apresenta a curva de descarga em função das aberturas da comporta.



**Figura 24 – Curvas de descarga Atibainha**

Fonte: Sabesp, 2009.

As principais características técnicas da barragem Atibainha estão destacadas na tabela.

**Tabela 14 – Barragem Atibainha**

<b>Barragem Atibainha</b>	
<b>Descrição</b>	<b>Dado</b>
<b>Informações Hidrológicas</b>	
Precipitação Média na Bacia (anual)	1.500 mm
<b>Dados na Seção do Barramento</b>	
Área de Drenagem	312,00 km <sup>2</sup>
Vazão Média (afluência)	6,10 m <sup>3</sup> /s
<b>Características do Reservatório</b>	
Volume Útil	104,00 hm <sup>3</sup>
Volume Morto	197,00 hm <sup>3</sup>
Área Inundada Máxima (espelho d'água)	22,50 km <sup>2</sup>
Área Inundada Mínima (espelho d'água)	17,50 km <sup>2</sup>
N.A. Máximo Normal/Operacional	786,86 m
N.A. Mínimo Normal/Operacional	781,67 m
<b>Características da Barragem</b>	
Tipo	Aterro Compactado
Volume do Maciço	1,15 hm <sup>3</sup>
Comprimento	410,00 m
Cota do Coroamento	791,00 m
Altura Máxima	38,00 m
<b>Estruturas de Controle</b>	
<b>Vazões a Jusante</b>	
Comporta plana quadrada para abertura de largura 1,0m e 1,10m entre as cotas 774,27 e 775,37m instaladas na estrutura do vertedor tulipa e acionada localmente.	
<b>Vazões para São Paulo</b>	
Comporta setor para abertura de largura 5,70m e altura de 2,87m e soleira na cota 775,20m, implantada na estrutura de tomada de água do túnel 5.	
<b>Segurança contra cheias</b>	
Vertedor tulipa com crista na cota 786,87 e diâmetro externo de 6,50m	

**Fonte: Sabesp - Data Oper e Sabesp, 2009.**

## **CONTROLE DE NÍVEL**

Para o controle do nível da represa Atibainha foi instalado um sensor ultrassônico que mede a variação do nível de água da represa e, estes dados são transmitidos remotamente via telemetria num intervalo de até 10 minutos.

A figura a seguir apresenta a régua linimétrica instalada na Barragem Jaguari utilizada para monitoramento de nível. Frequentemente são realizadas vistorias tendo em vista avaliar a condição de conservação da mesma.



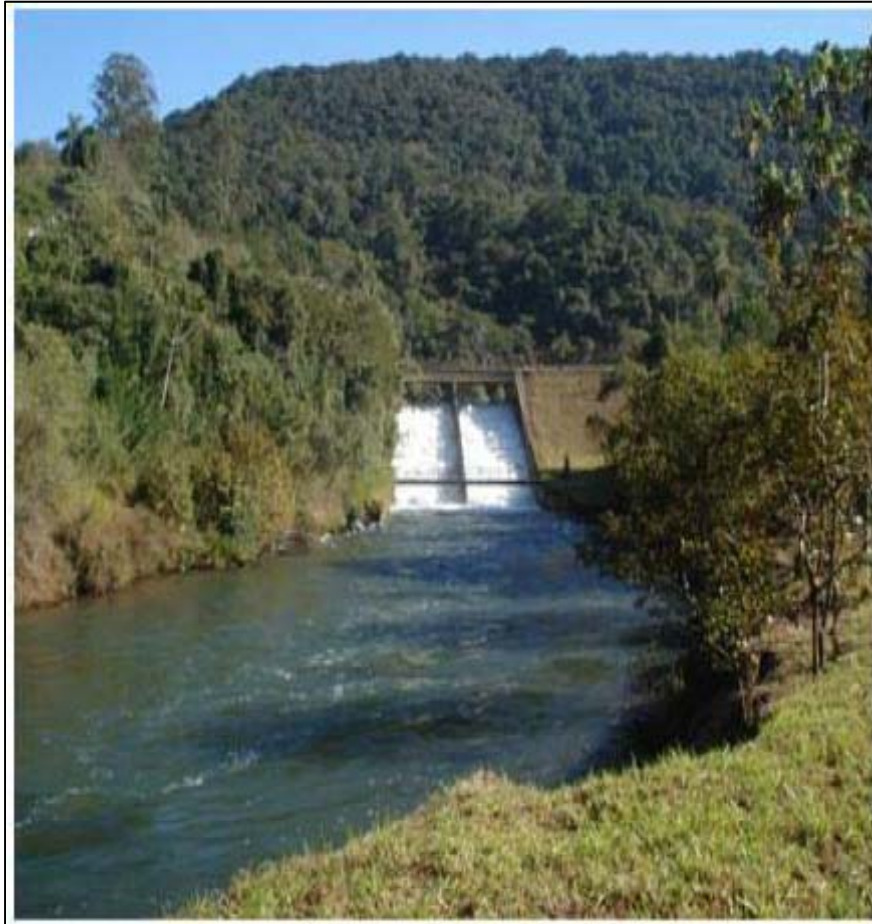
**Figura 25 – Régua linimétrica da Barragem Atibainha**



**Figura 26 – Estação telemétrica Barragem Atibainha**

## **BARRAGEM CASCATA (RIO JUQUERI)**

Situado à jusante do desemboque do Túnel 5, no canal do rio Juqueri, no município de Mairiporã. Recebe as águas transferidas do Atibainha através do Túnel 5. Ele foi construído e tem com a finalidade de um dissipador de energia.



***Figura 27 - Dissipador de energia da Barragem Cascata***

### **CONTROLE DE VAZÃO**

Na barragem Cascata há um vertedor Creager sem comporta. Não há controle de vazão.

As principais características técnicas da barragem Cascata estão destacadas na tabela.

**Tabela 15 – Barragem Cascata**

Barragem Cascata	
Descrição	Dado
Localização	Mairiporã
Rio	Juqueri
Bacia	Tietê
Ano de construção	1.976
Tipo de barragem	Barragem de terra homogênea
Altura máxima	12 m
Comprimento de crista	80 m
Cota da crista (pavimentada)	774 m
Talude de jusante	Revestido com grama
Talude de montante	Protegido com enrocamento
Dispositivo extravasador na ombreira direita	Vertedor creager sem comporta

Fonte: Sabesp - Data Oper e Sabesp, 2009.

## CONTROLE DE NÍVEL

Não há controle de nível no local considerando que a estrutura foi construída com a finalidade de dissipar a energia/redução da velocidade da água no Canal Juqueri.

## RESERVATÓRIO PAIVA CASTRO

O reservatório Paiva Castro está situado nas proximidades da serra de Mairiporã, norte da Serra da Cantareira, próximo à área urbanizada central da Região Metropolitana de São Paulo.

Este reservatório recebe as águas transferidas pelos túneis do Jaguari, Jacareí, Cachoeira e Atibainha e os rios afluentes da bacia do Rio Juqueri.

A partir do reservatório Paiva Castro, as águas encaminhadas à Estação Elevatória de Santa Inês pelo túnel 3.

## CONTROLE DE VAZÃO

No reservatório Paiva Castro estão implantados os seguintes órgãos de controle e estruturas hidráulicas:

- ✓ Descarregador principal de enchentes, munidos de duas comportas setor precedidas de comportas planas auxiliares instaladas sobre vertedores tipo Creager, na ombreira direita da barragem e operáveis localmente;
- ✓ Descarregador e emergência do tipo fusível, implantado na ombreira esquerda da barragem, constituído de dois maciços de terra justapostos e canais de concreto;
- ✓ Descarregador de fundo com válvula borboleta, tubulação e válvula esférica (“by-pass”) implantadas na estrutura do descarregador principal, operáveis localmente;
- ✓ Estrutura hidráulica do descarregador de superfície da Barragem Paiva Castro
- ✓ As vazões destas estruturas são determinadas em função da curva de Descarga e do nível da represa.



**Figura 28 – Descarregador de superfície da Barragem Paiva Castro**



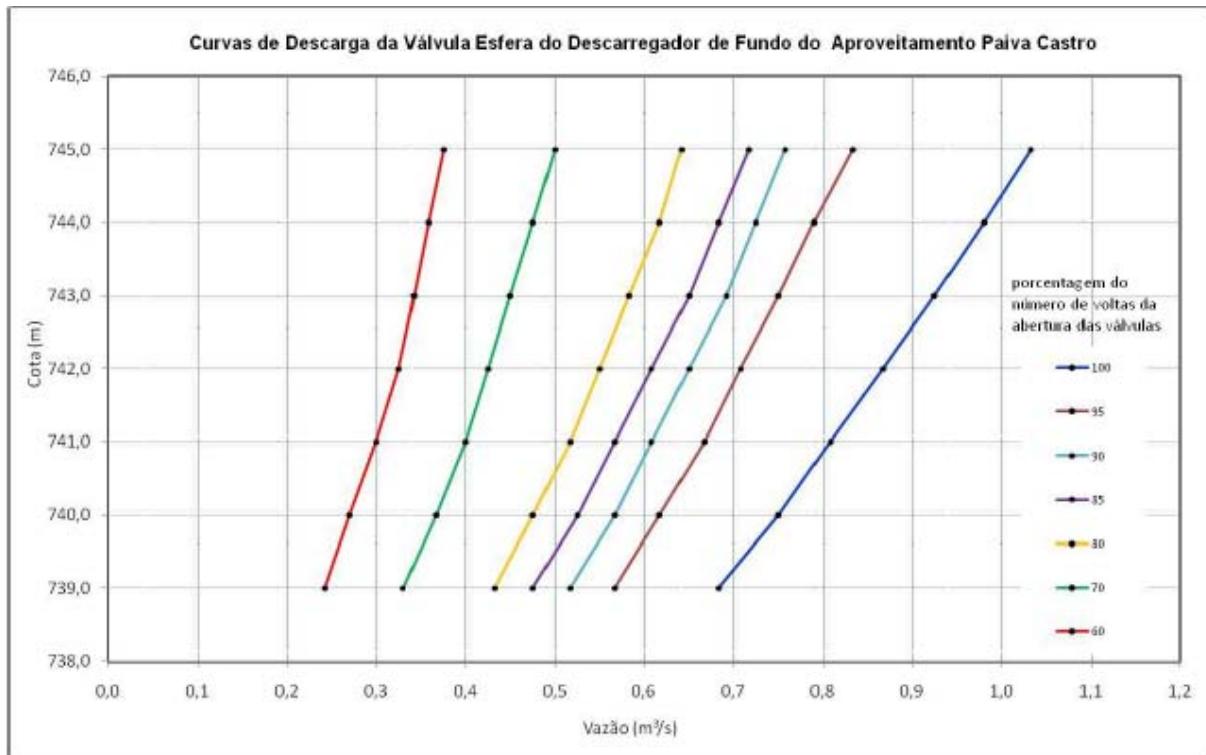
**Figura 29 – Jusante da Barragem Paiva Castro**

A tabela e a figura apresentam as curvas cota x descarga do descarregador de fundo para diversas aberturas da válvula esfera.

**Tabela 16 – Curvas de descarga da válvula esfera do descarregador de fundo Paiva Castro**

Cota (m)	Curva Cota x Vazão X Abertura da Válvula Esfera do Descarregador de Fundo - Reservatório Paiva Castro (Juqueri)						
	Vazão (m <sup>3</sup> /s) Porcentagem do número de voltas da abertura da válvula						
	60	70	80	85	90	95	100
739	0,24	0,33	0,43	0,48	0,52	0,57	0,68
740	0,27	0,37	0,48	0,53	0,57	0,62	0,75
741	0,30	0,40	0,52	0,57	0,61	0,67	0,81
742	0,33	0,43	0,55	0,61	0,65	0,71	0,87
743	0,34	0,45	0,58	0,65	0,69	0,75	0,93
744	0,36	0,48	0,62	0,68	0,73	0,79	0,98
745	0,38	0,50	0,64	0,72	0,76	0,83	1,03

Fonte: Sabesp, 2009.



**Figura 30 – Curvas de descarga válvula esfera Paiva Castro**

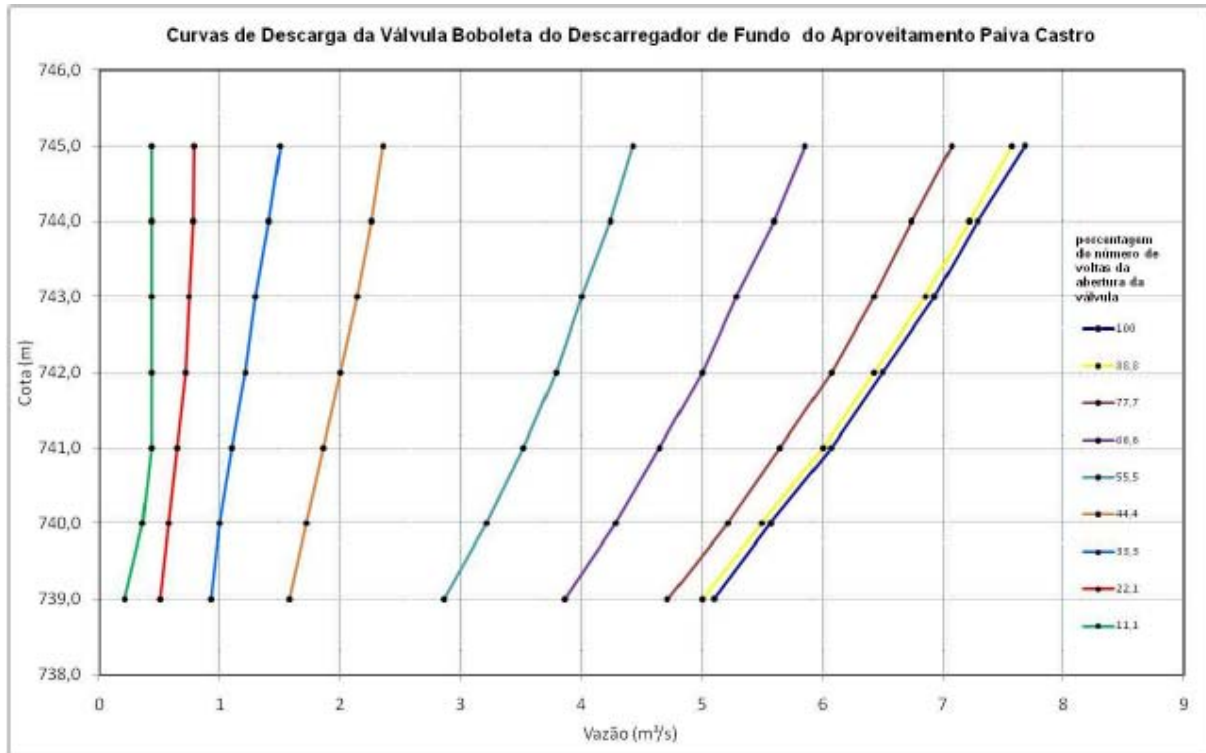
Fonte: Sabesp, 2009.

A tabela e a figura apresentam as curvas cota x descarga do descarregador de fundo para diversas aberturas da válvula borboleta.

**Tabela 17 – Curvas de descarga da válvula borboleta do descarregador de fundo Paiva Castro**

Cota (m)	Curva Cota x Vazão X Abertura da Válvula Borboleta do Descarregador de Fundo - Reservatório Paiva Castro (Juqueri)									
	Vazão (m³/s) Porcentagem do número de voltas da abertura da válvula (%)									
	11,1	22,2	33,3	44,4	55,5	66,6	77,7	88,8	100	
739	0,21	0,50	0,93	1,57	2,86	3,86	4,71	5,00	5,10	
740	0,36	0,57	1,00	1,71	3,21	4,29	5,21	5,50	5,57	
741	0,43	0,64	1,10	1,86	3,52	4,65	5,65	6,00	6,07	
742	0,43	0,71	1,21	2,00	3,79	5,00	6,07	6,43	6,50	
743	0,43	0,74	1,30	2,14	4,00	5,29	6,43	6,86	6,93	
744	0,43	0,78	1,41	2,26	4,24	5,60	6,74	7,21	7,29	
745	0,43	0,79	1,50	2,36	4,43	5,86	7,07	7,57	7,68	

Fonte: Sabesp, 2009.



**Figura 31 – Curvas de descarga válvula borboleta Paiva Castro**

**Fonte: Sabesp, 2009.**

As principais características técnicas da barragem Paiva Castro estão destacadas na tabela.

**Tabela 18 – Barragem Paiva Castro**

<b>Barragem Paiva Castro</b>	
<b>Descrição</b>	<b>Dado</b>
<b>Informações Hidrológicas</b>	
Precipitação Média na Bacia (anual)	1.400 mm
<b>Dados na Seção do Barramento</b>	
Área de Drenagem	369,00 km <sup>2</sup>
Vazão Média (afluência)	4,40 m <sup>3</sup> /s
<b>Características do Reservatório</b>	
Volume Útil	10,00 hm <sup>3</sup>
Volume Morto	25,80 hm <sup>3</sup>
Área Inundada Máxima (espelho d'água)	5,60 km <sup>2</sup>
Área Inundada Mínima (espelho d'água)	4,40 km <sup>2</sup>
N.A. Máximo Normal/Operacional	745,61 m
N.A. Mínimo Normal/Operacional	743,80 m
<b>Características da Barragem</b>	
Tipo	Aterro Compactado
Volume do Maciço	0,20 hm <sup>3</sup>
Comprimento	270,00 m
Cota do Coroamento	750,00 m
Altura Máxima	22,00 m
<b>Estruturas de Controle</b>	
<b>Vazões mínimas a jusante</b>	
válvula borboleta de diâmetro 1000mm, com eixo na cota 734,20	
válvula esfera de diâmetro 350mm, com eixo cota 734,20	
válvulas instaladas na estrutura do descarregador principal.	
<b>Seguranças contra cheias</b>	
descarregador principal com duas comportas setor de largura 4,0m e altura 6,7m, sobre dois vertedores perfil Creager, com cristas na cota 738,91 e largura 3,9m;	
descarregador de emergência com dois diques encaixados em estrutura de concreto na ombreira esquerda da barragem, com nível da soleira na cota 743,20, níveis das cristas do dique 1 na cota 747,30 e dique 2 na cota 747,75 e largura de 5,0m	
<b>Vazões para São Paulo</b>	
comporta plana precedida de stop-log sobre abertura de seção quadrada de 3,80m de base e cota de soleira 735,00	

**Fonte: Sabesp - Data Oper e Sabesp, 2009.**

## CONTROLE DE NÍVEL

Para o controle do nível da represa Paiva Castro foi instalado um sensor ultrassônico que mede a variação do nível de água da represa e, estes dados são transmitidos remotamente via telemetria num intervalo de até 10 minutos.



**Figura 32 – Estação telemétrica Paiva Castro**



**Figura 33 – Régua linimétrica Barragem Paiva Castro**

## RESERVATÓRIO ÁGUAS CLARAS

O reservatório Águas Claras recebe as vazões recalçadas pela Elevatória Santa Inês em múltiplos de 11 m<sup>3</sup>/s, cabendo-lhe a função de regularizá-las a nível diário e horário, a partir das vazões requisitadas pela Estação de Tratamento de Água do Guaraú.

### CONTROLE DE VAZÃO

- ✓ O vertedor de cheias tipo tulipa e a comporta plana de fundo para vazões mínimas estão implantados numa estrutura única junto à margem esquerda do reservatório e barragem.
- ✓ A comporta plana de fundo é acionada manualmente a partir da ponte de acesso; A vazão é determinada pela curva de descarga, em função da abertura da comporta e do nível da represa.

As principais características técnicas da barragem Águas Claras estão destacadas na tabela.

**Tabela 19 – Barragem Águas Claras**

<b>Barragem Águas Claras</b>	
<b>Descrição</b>	<b>Dado</b>
<b>Informações Hidrológicas</b>	
Precipitação Média na Bacia (anual)	1.600mm
<b>Dados na Seção do Barramento</b>	
Área de Drenagem	26 Km <sup>2</sup>
Vazão Média (afluência)	0,45 m <sup>3</sup> /s
<b>Características do Reservatório</b>	
Volume Útil	0,515hm <sup>3</sup>
Volume Morto	0,513hm <sup>3</sup>
Total	1,028 hm <sup>3</sup>
N.A. Máximo Normal/Operacional	860,32 m
N.A. Mínimo Normal/Operacional	856,43 m
<b>Características da Barragem</b>	
Tipo	Aterro Compactado
Volume do Maciço	0,12 hm <sup>3</sup>
Comprimento	120,00 m
Cota do Coroamento	864,42 m
Altura Máxima	24,00 m
<b>Estruturas de Controle</b>	
<b>Vazões à jusante</b>	
comporta plana de fundo para abertura de seção quadrada de base 1,50m e cota da soleira 843,50.	
<b>Seguranças contra cheias</b>	
Vertedor tulipa com crista na cota 860,16 e diâmetro externo de 5,30m; Vertedor lateral do canal coberto de acesso ao Túnel tipo Creager de comprimento 22,40m e crista na cota 860,00 (desativado).	
<b>Vazões para São Paulo/ETA - Guaraú</b>	
Comporta plana para abertura de altura 3,65m por largura 4,0m e soleira na cota 844,75, implantada na estrutura de tomada de água do túnel 2.	

Fonte: Sabesp - Data Oper e Sabesp, 2009.

## 7. ESTRUTURAS HIDRÁULICAS PARA TRANSFERÊNCIAS DE ÁGUA

### TÚNEL 7

A ligação Jacareí – Cachoeira compreende a tomada seletiva situada no Reservatório Jacareí, o túnel 7 de 5.885m de extensão, escavado em rocha, e a estrutura de desemboque provida de comportas situada no Reservatório Cachoeira.

As principais características técnicas do Túnel 7 estão destacadas na tabela.

**Tabela 20 – Túnel 7**

Túnel 7	
Descrição	Dado
<b>Tomada de Água Seletiva</b>	
Tipo: torre de tomada com comportas deslizantes acionadas por guincho a partir da ponte de acesso.	
Total de aberturas: 6, simetricamente dispostas em 3 pares	
Dimensões das aberturas: 8m de altura por 1,50m de largura	
Cotas de soleira das aberturas	
aberturas 1 e 2	818,00 m
aberturas 3 e 4	827,00 m
aberturas 5 e 6	836,00 m
<b>Túnel 7</b>	
Túnel escavado em rocha e revestido em concreto	
Área de seção transversal variável, da ordem de:	28 m <sup>2</sup>
Extensão	5.885 m
Declividade	0,18%
Cota de fundo no início do túnel	809,60 m
Cota de fundo no final do túnel	806,72 m
Capacidade máxima de transporte (condições normais)	35,00 m <sup>3</sup> /s
<b>Estrutura do Desemboque</b>	
Poço de concreto de diâmetro interno	5,00 m
Cota do piso superior	827,30 m
Cota do fundo	806,72 m

Fonte: Sabesp - Data Oper e Sabesp, 2009.

## CONTROLE DE VAZÃO

A torre da tomada da água é composta de 6 comportas deslizantes acionadas manualmente por um guincho dispostas em 3 pares, com soleiras nas cotas 818,00, 827,00 e 836,00m.

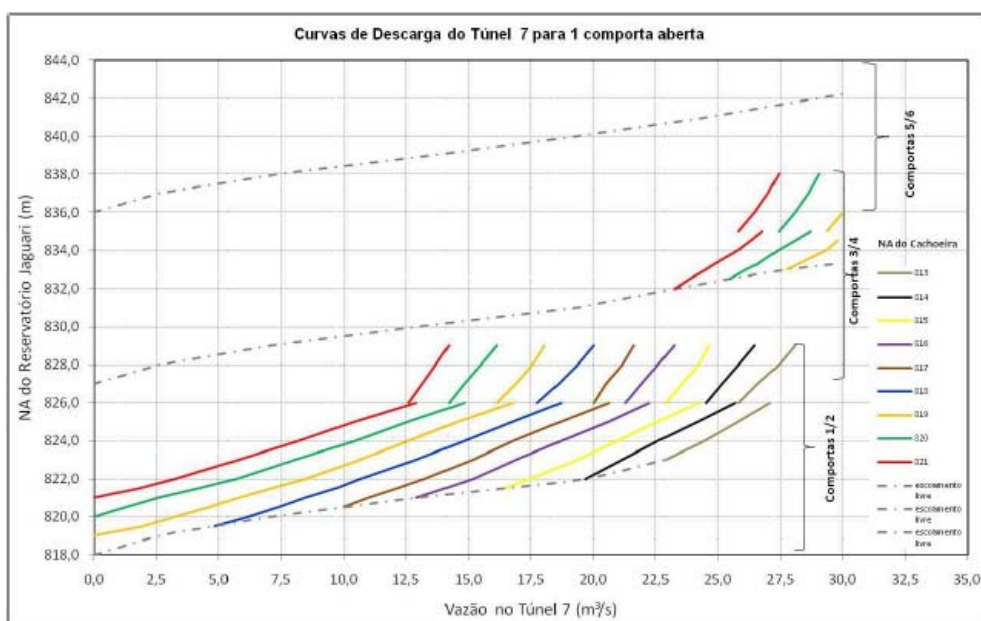
- ✓ Emboque do Túnel 7: A vazão é determinada pela curva de descarga em função da abertura da comporta e do nível da represa;
- ✓ Desemboque do Túnel 7: Não há possibilidade de instalação do medidor de vazão (afogado).

A tabela e a figura apresentam as curvas de descarga para a alternativa de operação de apenas uma comporta ao longo das 3 aberturas da tomada d'água seletiva fornecendo a vazão em função dos NA dos reservatórios do Jaguari e Cachoeira.

**Tabela 21 – Relação cotas do na nos reservatórios Jaguari e Cachoeira e as vazões do túnel 7 para uma operação com uma comporta**

Cota (m)	Curvas de Descarga em Operação com 1 comporta no Túnel 7											
	Vazão (m³/s) em função do NA do reservatório Cachoeira (m)											escoamento livre
	813	814	815	816	817	818	819	820	821	escoamento livre	escoamento livre	escoamento livre
818,0												0,00
819,0							0,00					2,58
819,5						4,84	1,94					4,84
820,0						6,13	3,23	0,00				7,10
820,5					10,00	7,42	4,65	1,29				10,00
821,0				12,90	10,98	8,47	5,81	2,58	0,00			12,90
821,5			16,45	14,07	12,13	9,67	7,10	4,19	1,81			16,45
822,0		19,68	17,42	15,16	13,23	10,65	8,45	5,68	3,23			19,68
823,0	22,90	21,16	19,36	16,90	15,16	12,90	10,65	8,07	5,81			22,90
824,0	24,45	22,58	20,97	18,71	16,77	14,84	12,58	10,45	8,19			
825,0	25,81	24,19	22,58	20,65	18,71	16,77	14,58	12,58	10,45			
826,0	27,10	25,68	24,19	22,26	20,65	18,71	16,77	14,84	12,90			
826,0	25,81	24,52	22,90	21,29	20,00	17,74	16,13	14,19	12,58			
827,0	26,58	25,16	23,55	21,94	20,52	18,60	16,90	14,84	13,15		0,00	
828,0	27,42	25,81	24,19	22,58	21,16	19,36	17,55	15,48	13,68		2,58	
829,0	28,07	26,45	24,65	23,23	21,61	20,00	18,07	16,13	14,19	14,32	7,10	
830,0												12,90
831,0												19,36
832,0									23,23			23,23
832,5								25,48	23,87			25,48
833,0							27,74	26,13	24,52			27,74
833,3							28,20	26,58	24,84			29,68
834,0							29,36	27,42	25,81			
834,5							29,80	28,07	26,30			
835,0								28,71	26,77			
835,0							29,36	27,42	25,81			
836,0							30,00	28,07	26,45			0,00
837,0								28,60	27,00			2,58
838,0								29,03	27,42			7,42
839,0												13,55
840,0												19,36
841,0												24,52
842,0												29,03
842,2												30,00
843,2												

Fonte: Sabesp, 2009.



**Figura 34 – Curvas de descarga Túnel 7 – uma comporta**

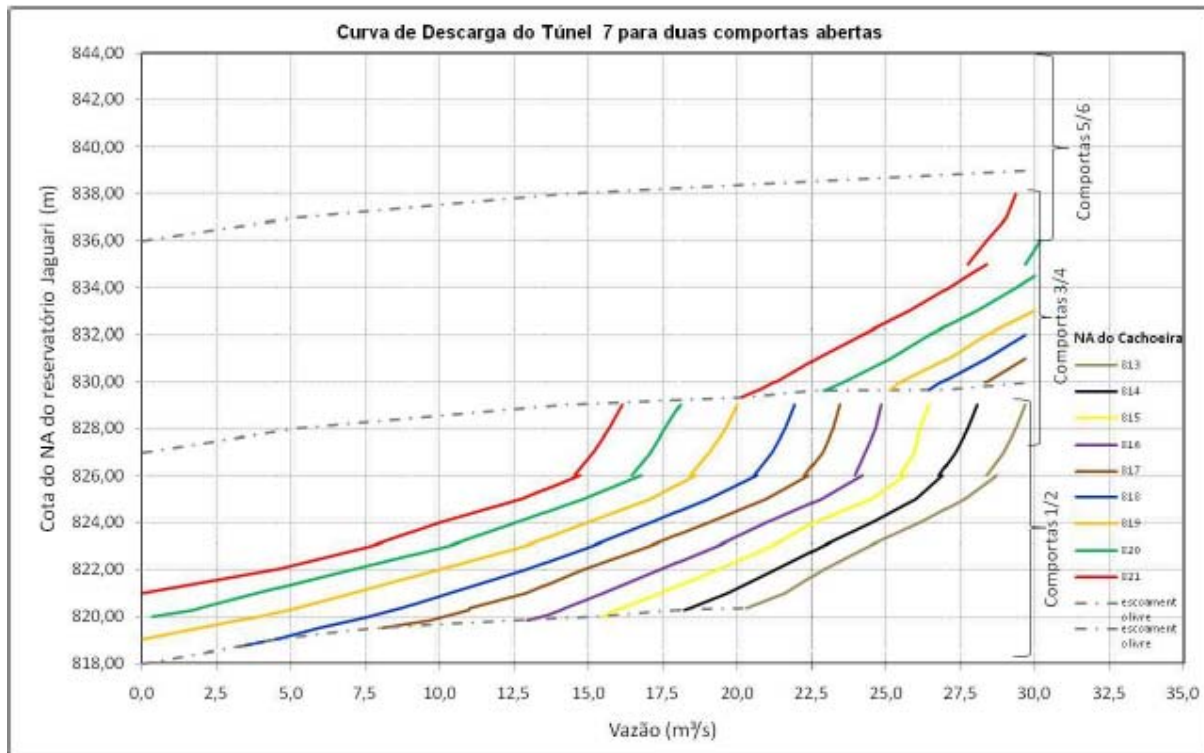
Fonte: Sabesp, 2009.

A tabela e a figura apresentam as curvas de descarga para a alternativa de operação de das duas comportas ao longo das 3 aberturas da tomada d'água seletiva fornecendo a vazão em função dos NA dos reservatórios do Jaguari e Cachoeira.

**Tabela 22 – Relação cotas do na nos reservatórios Jaguari e Cachoeira e as vazões do túnel 7 para uma operação com duas comportas**

Cota (m)	Curvas de Descarga em Operação com 2 comportas no Túnel 7											
	Vazão (m³/s) em função do NA do reservatório Cachoeira (m)											
	813	814	815	816	817	818	819	820	821	escoamento livre	escoamento livre	escoamento livre
818,00										0,00		
818,70						3,23				3,23		
819,00						4,52	0,00			4,52		
819,50					8,07	5,95	1,94			8,07		
819,83				12,95	9,68	7,10	3,23			12,90		
820,00			15,48	13,45	10,15	7,62	3,95	0,32		15,48		
820,27		18,20	15,90	14,05	10,99	8,45	4,92	1,75		18,20		
820,33	20,32	18,39	16,13	14,19	11,00	8,71	5,16	1,94		20,32		
821,00	21,61	19,67	17,42	15,48	12,90	10,32	7,10	3,87	0,00			
822,00	22,90	21,29	19,36	17,42	14,84	12,90	10,00	7,10	4,52			
823,00	24,44	22,90	21,19	19,36	17,10	15,16	12,90	10,32	7,74			
824,00	26,13	24,52	22,58	20,97	19,03	17,10	14,97	12,58	10,00			
825,00	27,65	26,00	24,52	22,84	20,97	19,03	17,10	14,84	12,77			
826,00	28,71	26,90	25,65	24,19	22,40	20,65	18,60	16,77	14,70			
826,00	28,39	26,77	25,48	23,94	22,26	20,58	18,39	16,45	14,52			
827,00	28,95	27,32	25,94	24,30	22,85	21,16	19,03	17,10	15,16		0,00	
828,00	29,36	27,74	26,13	24,65	23,20	21,61	19,60	17,58	15,70		5,16	
829,00	29,68	28,07	26,45	24,84	23,42	21,94	20,00	18,07	16,13		14,19	
829,33									20,15		20,32	
829,60								22,90	20,65		22,58	
829,67						26,45	25,16	23,00	20,75		27,00	
829,98					28,31	26,85	25,46	23,56	21,25		29,90	
830,00					28,39	26,88	25,48	23,55	21,29		30,00	
831,00					29,67	28,39	27,10	25,16	22,68			
832,00						29,68	28,39	26,45	24,19			
833,00							30,00	28,07	25,81			
834,00								29,36	27,10			
834,50								30,00	27,74			
835,00									28,39			
835,00								29,68	27,74			
836,00								30,19	28,39			0,00
837,00									29,03			5,16
838,00									29,36			14,19
839,00												30,00
840,00												
841,00												
842,00												
843,00												
844,00												

Fonte: Sabesp, 2009.



**Figura 35 – Curvas de descarga Túnel 7 – duas comportas**

Fonte: Sabesp, 2009.

Conforme mencionado na página 37 do Relatório de Consolidação das Principais Características Operacionais do Sistema Cantareira – Relatório Final – outubro de 2009 – V3.0 da Hidro – Engenheiros Consultores, em razão das características construtivas e de segurança, tanto no emboque como o desemboque do Túnel 7, há dificuldade em instalar equipamentos em suas estruturas.

## TÚNEL 6

A ligação Cachoeira – Atibainha compreende a estrutura de tomada de água situada no Reservatório Cachoeira e provida de comporta setor, o túnel 6, de 4,7 km de extensão e escavado em rocha, e a estrutura de desemboque com vertedor de medição e canal de cerca de 1200m que conduz as águas até o Reservatório Atibainha.



**Figura 36 – Estação telemétrica instalada no Desemboque do Túnel 6**

A estação telemétrica foi furtada em setembro de 2015. Reinstalada em abril de 2017, foi novamente furtada em 04/09/17, mesmo com inúmeras precauções que haviam sido realizadas visando proteção da mesma como: ponte com altura de 6 metros, soldagem dos parafusos da sua base, caixa de instrumentos com cintas de proteção e cadeado duplo.

As principais características técnicas do Túnel 6 estão destacadas na tabela.

**Tabela 23 – Túnel 6**

Túnel 6	
Descrição	Dado
<b>Tomada de Água Seletiva</b>	
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 das aberturas na seção da comporta:	
largura	4,81m
altura	2,87m
Cotas de soleira	807,80 m
<b>Túnel 6</b>	
Túnel escavado em rocha	
Área de seção transversal variável, da ordem de:	14 m <sup>2</sup>
Extensão	4.769,20 m
Declividade	0,10%
Cota de fundo no início do túnel	802,80 m
Cota de fundo no final do túnel	800,50 m
Capacidade máxima de transporte (condições normais)	35,00 m <sup>3</sup> /s
<b>Estrutura do Desemboque</b>	
Desemboque em canal livre sem órgãos de operação	5,00 m
Cota do fundo	801,5 m
Vertedor Creager de medição com:	
crista na cota	806,00m
comprimento	10,0m

**Fonte: Sabesp - Data Oper e Sabesp, 2009.**

## CONTROLE DE VAZÃO

- ✓ Emboque do Túnel 6: O controle de vazão é acionado localmente na estrutura da tomada de água; a vazão é determinada pela curva de descarga em função da abertura da comporta;
- ✓ Desemboque do Túnel 6: Há uma estrutura de desemboque com vertedor de medição, foi instalado um sensor ultrassônico que mede o nível de água que passa no vertedor e, estes dados são transmitidos remotamente via telemetria num intervalo de até 10 minutos.

A tabela e a figura apresentam as curvas de descarga consolidadas da comporta setor que permitem determinar as vazões no túnel 6 em função do NA no reservatório Cachoeira e a abertura da comporta.

**Tabela 24 – Relação cota x vazão x abertura da comporta no emboque do túnel 6**

Cota (m)	Curvas de Descarga da Comporta Setor a Montante do Túnel 6													
	Vazão no Túnel 6 (m³/s) em função da abertura da comporta setor (m)													
	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20	2,40	2,60	2,80
808,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
808,45	0,36	0,66	0,97	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
808,55	0,54	0,97	1,43	1,83	2,17	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22
808,65	0,68	1,22	1,80	2,30	2,73	3,24	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33
808,75	0,79	1,43	2,11	2,71	3,21	3,81	4,41	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44
808,85	0,90	1,63	2,40	3,07	3,65	4,33	5,00	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10
808,95	1,00	1,80	2,66	3,41	4,04	4,80	5,54	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90
809,05	1,09	1,97	2,90	3,72	4,41	5,23	6,05	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60
809,15	1,18	2,12	3,12	4,01	4,75	5,64	6,52	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25
809,25	1,26	2,27	3,34	4,28	5,08	6,03	6,97	7,80	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
809,35	1,33	2,41	3,54	4,54	5,39	6,40	7,40	8,28	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80
809,45	1,41	2,54	3,74	4,80	5,69	6,75	7,81	8,73	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50
809,55	1,48	2,67	3,93	5,04	5,98	7,09	8,20	9,17	10,05	10,40	10,40	10,40	10,40	10,40
809,65	1,55	2,79	4,11	5,27	6,25	7,42	8,58	9,60	10,51	11,30	11,30	11,30	11,30	11,30
809,75	1,61	2,91	4,29	5,50	6,52	7,74	8,94	10,01	10,96	11,86	12,20	12,20	12,20	12,20
809,85	1,68	3,03	4,46	5,71	6,78	8,05	9,30	10,40	11,39	12,33	13,20	13,20	13,20	13,20
809,95	1,74	3,14	4,62	5,93	7,03	8,34	9,64	10,79	11,82	12,79	13,75	14,20	14,20	14,20
810,05	1,80	3,25	4,78	6,13	7,28	8,63	9,98	11,17	12,23	13,23	14,23	15,18	15,20	15,20
810,15	1,86	3,35	4,94	6,33	7,51	8,92	10,31	11,53	12,63	13,67	14,69	15,68	16,40	16,40
810,25	1,92	3,46	5,09	6,53	7,75	9,19	10,63	11,89	13,02	14,09	15,15	16,17	17,20	17,50
810,35	1,97	3,56	5,24	6,72	7,98	9,46	10,94	12,24	13,40	14,50	15,59	16,64	17,70	18,50
810,45	2,03	3,66	5,39	6,91	8,20	9,73	11,25	12,58	13,78	14,91	16,03	17,11	18,20	19,50
810,55	2,08	3,76	5,53	7,09	8,42	9,99	11,54	12,92	14,15	15,31	16,46	17,56	18,68	20,20
810,65	2,13	3,85	5,67	7,27	8,63	10,24	11,84	13,25	14,51	15,69	16,88	18,01	19,16	21,20
810,75	2,19	3,94	5,81	7,45	8,84	10,49	12,13	13,57	14,86	16,08	17,29	18,45	19,62	22,10
810,85	2,24	4,04	5,95	7,62	9,05	10,74	12,41	13,88	15,20	16,45	17,69	18,88	20,08	22,98
811,85	2,70	4,88	7,19	9,22	10,94	12,98	15,01	16,79	18,39	19,89	21,39	22,83	24,28	27,40
812,85	3,12	5,63	8,29	10,63	12,61	14,96	17,29	19,35	21,19	22,93	24,65	26,31	27,99	30,40
813,85	3,49	6,30	9,28	11,90	14,12	16,76	19,37	21,67	23,73	25,68	27,61	29,47	31,34	33,60
814,85	3,84	6,92	10,20	13,08	15,52	18,41	21,28	23,82	26,08	28,22	30,34	32,38	34,45	37,30
815,85	4,16	7,51	11,06	14,18	16,82	19,96	23,08	25,82	28,28	30,59	32,90	35,11	37,34	40,82
816,85	4,46	8,06	11,87	15,22	18,06	21,43	24,77	27,71	30,35	32,83	35,31	37,68	40,08	43,42
817,85	4,75	8,58	12,64	16,20	19,23	22,82	26,37	29,51	32,31	34,96	37,59	40,12	42,68	46,61
818,85	5,03	9,08	13,37	17,15	20,34	24,14	27,90	31,22	34,19	36,99	39,78	42,45	45,16	49,20
819,85	5,29	9,56	14,08	18,05	21,42	25,41	29,38	32,87	35,99	38,94	41,88	44,69	47,54	51,26
820,85	5,55	10,02	14,76	18,92	22,45	26,64	30,79	34,45	37,73	40,82	43,90	46,84	49,83	53,20
821,85	5,80	10,46	15,41	19,76	23,45	27,82	32,16	35,98	39,41	42,64	45,85	48,92	52,04	55,16
822,85	6,04	10,89	16,05	20,58	24,41	28,97	33,48	37,47	41,03	44,39	47,73	50,94	54,19	57,54
823,85	6,27	11,31	16,66	21,36	25,35	30,08	34,77	38,90	42,60	46,09	49,56	52,89	56,27	60,00
824,85	6,49	11,72	17,26	22,13	26,26	31,16	36,02	40,30	44,13	47,75	51,35	54,80	58,29	61,92

Fonte: Sabesp, 2009.



**Figura 37 – Curvas de descarga Túnel 6**

Fonte: Sabesp, 2009.

## TÚNEL 5

A ligação Atibainha – Paiva Castro realizada pelo Túnel 5 compreende: a tomada de água no reservatório Atibainha, com 9.840m de extensão escavado em rocha e revestido em concreto, desemboque com vertedor de medição perfil Creager, canal de jusante no leito do rio Juqueri – Mirim de 4.100m, seguido de 2.300m do represamento deste Rio, até o Vertedor da Cascata.

Deste ponto até o início do Reservatório Paiva Castro, junto à área urbana de Mairiporã, estão implantados cinco vertedores em concreto de altura aproximada de 5m dispostos ao longo do canal retificado do Rio Juqueri, com 800m de comprimento e 0,2% de declividade, para dissipação de energia e impedimento de erosão do canal.

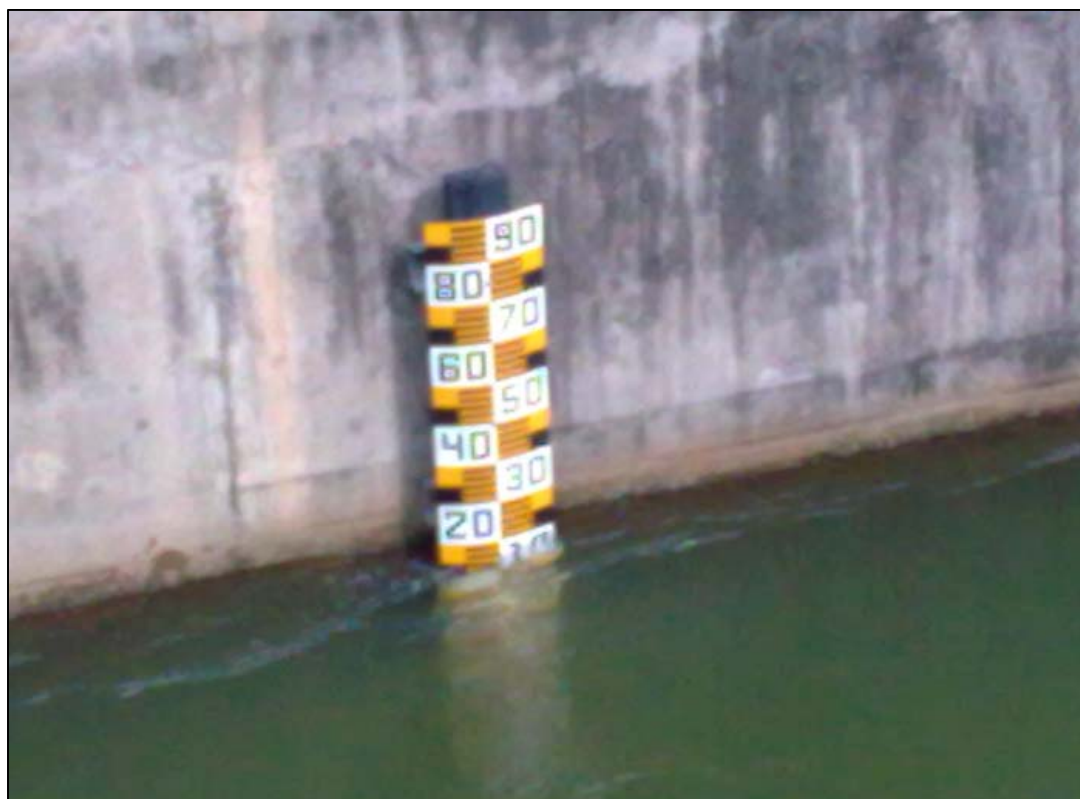
O controle de vazões no local é realizado através de comportas em seu emboque e através de um vertedor creager em seu desemboque. O monitoramento de níveis, vazões e pluviometrias é realizado através de uma estação telemétrica instalada no local que possui modem satelital tendo em vista garantir a coleta dos dados considerando que sua localização é local é isolado e de difícil acesso e possui elevado grau de vandalismo.



**Figura 38 – Caixa com identificação e estação telemétrica**



**Figura 39 – Vertedor creager instalado no Desemboque do Túnel 5**



**Figura 40 – Régua linimétrica**

As principais características técnicas do Túnel 5 estão destacadas na tabela.

**Tabela 25 – Túnel 5**

Túnel 5	
Descrição	Dado
<b>Tomada de Água Seletiva</b>	
Tipo: estrutura de concreto munida de comporta setor operada localmente, acionada por guincho na parte superior da estrutura.	
Dimensões das aberturas na seção da comporta:	
largura	5,70m
altura	2,87m
Cotas de soleira	775,20 m
<b>Túnel 5</b>	
Túnel escavado em rocha	
Área de seção transversal variável, da ordem de:	18,1 m <sup>2</sup>
Extensão	9.840,00 m
Declividade	0,00%
Cota de fundo no início do túnel	762,50 m
Capacidade máxima de transporte (condições normais)	66,00 m <sup>3</sup> /s
<b>Estrutura do Desemboque</b>	
Desemboque em canal livre sem órgãos de operação	
Cota do fundo	767,35 m
Vertedor Creager de medição com:	
crista na cota	770,90m
comprimento	6,50m
Canal de jusante no leito do rio Juqueri-Mirim com:	
seção média	33m <sup>2</sup>
extensão	4.100m
Vertedor e represa da cascata	
Vertedor sem órgãos de operação, com dissipação ao longo do perfil plano e crista na cota 769,60m. Represamento ao longo do canal natural do Rio Juqueri-Mirim com 2.300m de comprimento.	
Canal retificado com leito do Rio Juqueri, com comprimento de 8.000m, declividade de 0,2% e seção média de 140m <sup>2</sup> .	
Vertedores de nº 1 a 5, em concreto, com alturas de quedas para dissipação de energia variáveis, mas ao redor de 5m.	

**Fonte: Sabesp - Data Oper e Sabesp, 2009.**

## CONTROLE DE VAZÃO

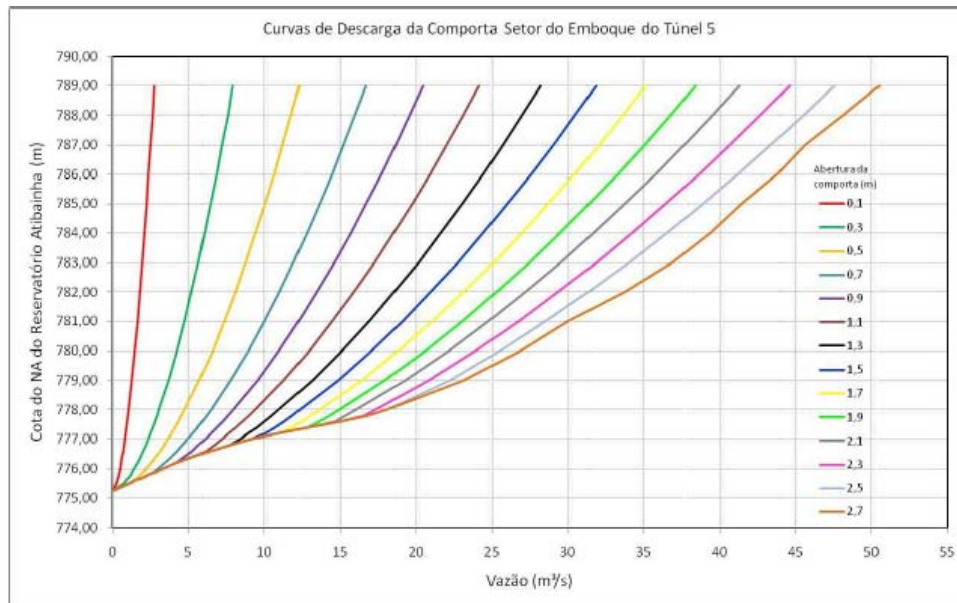
- ✓ Emboque do Túnel 5: o acionamento foi automatizado, com comando local, a vazão é determinada pela curva de descarga em função da abertura da comporta;
- ✓ Desemboque do Túnel 5: Há uma estrutura de desemboque com vertedor de medição perfil Creager; foi instalado um sensor ultrassônico que mede o nível de água que passa no vertedor e, estes dados são transmitidos remotamente via telemetria num intervalo de até 10 minutos.

A tabela e a figura apresentam as curvas de descarga da comporta setor que permitem determinar as vazões no túnel 5 em função do NA no reservatório Atibainha e a abertura da comporta.

**Tabela 26 – Relação cota x vazão x abertura da comporta no emboque do túnel 5**

Cota (m)	Curva de Descarga da Comporta Setor no emboque do Túnel 5													
	Vazões no Túnel 5 (m³/s) em função das aberturas da comporta setor (m)													
	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7
775,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
775,50	0,26	0,76	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
775,60	0,32	0,92	1,43	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
775,70	0,37	1,07	1,66	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
775,80	0,42	1,20	1,86	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35
775,90	0,46	1,33	2,05	2,79	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90
776,00	0,50	1,44	2,23	3,03	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30
776,20	0,58	1,66	2,57	3,48	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
776,40	0,65	1,85	2,87	3,90	4,78	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30
776,60	0,71	2,04	3,15	4,28	5,25	6,19	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40
776,80	0,77	2,21	3,42	4,64	5,69	6,72	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70
777,00	0,83	2,37	3,67	4,98	6,11	7,21	8,42	9,10	9,10	9,10	9,10	9,10	9,10	9,10
777,20	0,88	2,53	3,91	5,31	6,51	7,69	8,97	10,13	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00
777,40	0,93	2,67	4,14	5,62	6,89	8,14	9,50	10,73	11,83	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80
777,60	0,98	2,82	4,37	5,93	7,26	8,57	10,01	11,30	12,47	13,64	14,66	15,00	15,00	15,00
777,80	1,03	2,96	4,58	6,22	7,62	8,99	10,50	11,86	13,08	14,30	15,38	16,60	16,88	16,88
778,00	1,08	3,09	4,79	6,50	7,96	9,40	10,98	12,39	13,67	14,95	16,07	17,35	18,13	18,13
779,00	1,29	3,71	5,74	7,79	9,55	11,28	13,17	14,86	16,40	17,93	19,28	20,81	22,20	23,13
780,00	1,48	4,26	6,60	8,95	10,97	12,95	15,12	17,07	18,84	20,60	22,14	23,91	25,50	26,88
781,00	1,66	4,76	7,38	10,01	12,27	14,49	16,92	19,10	21,07	23,04	24,77	26,74	28,53	30,00
782,00	1,82	5,23	8,11	11,00	13,48	15,92	18,58	20,98	23,15	25,31	27,21	29,38	31,34	33,75
783,00	1,98	5,67	8,79	11,93	14,62	17,26	20,15	22,75	25,10	27,45	29,51	31,86	33,98	36,88
784,00	2,12	6,09	9,44	12,81	15,70	18,53	21,64	24,43	26,95	29,47	31,68	34,21	36,49	39,38
785,00	2,26	6,49	10,06	13,65	16,73	19,75	23,05	26,03	28,71	31,41	33,76	36,45	38,88	41,45
786,00	2,40	6,87	10,65	14,45	17,71	20,91	24,41	27,56	30,41	33,26	35,75	38,60	41,17	43,75
787,00	2,52	7,24	11,22	15,23	18,66	22,03	25,72	29,04	32,03	35,04	37,66	40,66	43,38	45,63
788,00	2,65	7,60	11,77	15,97	19,58	23,11	26,98	30,46	33,61	36,76	39,51	42,66	45,50	48,13
789,00	2,77	7,94	12,30	16,70	20,47	24,16	28,20	31,84	35,13	38,42	41,30	44,59	47,56	50,50

Fonte: Sabesp, 2009.



**Figura 41 – Curvas de descarga Túnel 5**

Fonte: Sabesp, 2009.

## ELEVATÓRIA SANTA INÊS

A estação elevatória de Santa Inês (ESI) é composta por 4 grupos moto-bomba; sendo que um deles é reserva para períodos de manutenção.

### CONTROLE DE VAZÃO

- ✓ As bombas são automatizadas e acionadas localmente;
- ✓ Cada grupo moto-bomba tem capacidade nominal de 11m<sup>3</sup>/s;
- ✓ A vazão é determinada em função da capacidade de rendimento e das horas de funcionamento.

## TÚNEL 1 E 4

Estes túneis recebem as águas bombeadas pela elevatória de Santa Inês (ESI) transferindo-a para o Reservatório Águas Claras, localizada à sua montante.

### CONTROLE DE VAZÃO

- ✓ Ambos os túneis são escavados em rocha e em razão de suas características construtivas, grande turbulência, remanso das águas e por segurança, não possibilitam a instalação de equipamento de medição de vazão.

## TÚNEL 2

A ligação Águas Claras — ETA Guaraú compreende tomada de água na represa Águas Claras, túnel 2 de 4.878m de comprimento escavado em rocha, revestido em concreto nos seus trechos inicial e final e apenas na base em seu trecho intermediário, e desemboque constituído de 3 válvulas dissipadoras do tipo cônica funcionando simultaneamente.

As principais características técnicas do Túnel 2 estão destacadas na tabela.

**Tabela 27 – Túnel 2**

Túnel 2	
Descrição	Dado
<b>Tomada de Água</b>	
Tipo: Estrutura de tomada de água do túnel 2, munida de comporta plana e operada localmente.	
Dimensões das aberturas na seção da comporta:	
largura	4,00m
altura	3,65m
Cotas de soleira	844,75 m
<b>Túnel 2</b>	
Túnel escavado em rocha	
Área de seção transversal variável, da ordem de:	19,2 m <sup>2</sup>
Extensão	4.878,00 m
<b>Estrutura do Desemboque</b>	
Desemboque com três válvulas dissipadoras tipo cônica de diâmetro de 1500mm	
Cota do fundo	831,50 m
Cota do eixo das válvulas	838,60 m
Bacia de dissipação em concreto	
largura	15,00 m
comprimento	30,39 m

Fonte: Sabesp - Data Oper e Sabesp, 2009.

## CONTROLE DE VAZÃO

- ✓ A medição das vazões aduzidas é realizada na ETA Guaraú por meio de um Tubo Venturi.

## **8. DISPONIBILIZAÇÃO E DIVULGAÇÃO DOS DADOS E INFORMAÇÕES**

Conforme artigo 7º da Resolução Conjunta ANA/DAEE nº 926 de 29/05/17, todas as informações e dados coletados em tempo real na rede de monitoramento operado pela Sabesp deverão estar disponíveis para a sala de situação do DAEE e dos Comitês PCJ e CBH-AT.

Essa exigência já está sendo atendida pela Sabesp, que disponibiliza em tempo real as informações para a Sala de Situação do DAEE, Comitês PCJ, Comitê CBH-AT, instalada na sede do DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica de Piracicaba e na sede do DAEE em São Paulo, Agência Nacional de Águas – ANA e nos diversos canais de comunicação da SABESP, detalhados abaixo.

As informações referentes aos volumes armazenados (em hectômetros cúbicos e percentual), vazões descarregadas a jusantes e transferidas ( $m^3/s$ ) são consolidados diariamente com os dados das 7h00 e divulgados em boletins até as 9h00.

Para isso foram disponibilizados acessos através do site do Sistema de Alerta a Inundações – SAISP e do SSD2 Web Visualizador. Os endereços dos sites e links serão citados a seguir.

### **8.1 Disponibilização de informações no Site da SABESP na Internet:**

A Sabesp disponibiliza diariamente de diferentes maneiras a todos os interessados os dados operacionais, de monitoramento e das estações telemétricas através das seguintes páginas.

No endereço <http://www2.sabesp.com.br/mananciais/> são apresentados os volumes armazenados e pluviometrias dos Sistemas Produtores da RMSP.



**Figura 42 – Volumes armazenados e pluviometrias dos Sistemas Produtores da RMSP.**

### **Boletim dos Mananciais**

Diariamente disponibilizado no endereço [www.sabesp.com.br](http://www.sabesp.com.br), o Boletim dos Mananciais apresenta dados sobre chuvas, níveis e volumes de armazenamento, manobras, funcionamento de estações elevatórias, observações operacionais, entre outras, fundamentais para a gestão dos recursos hídricos.

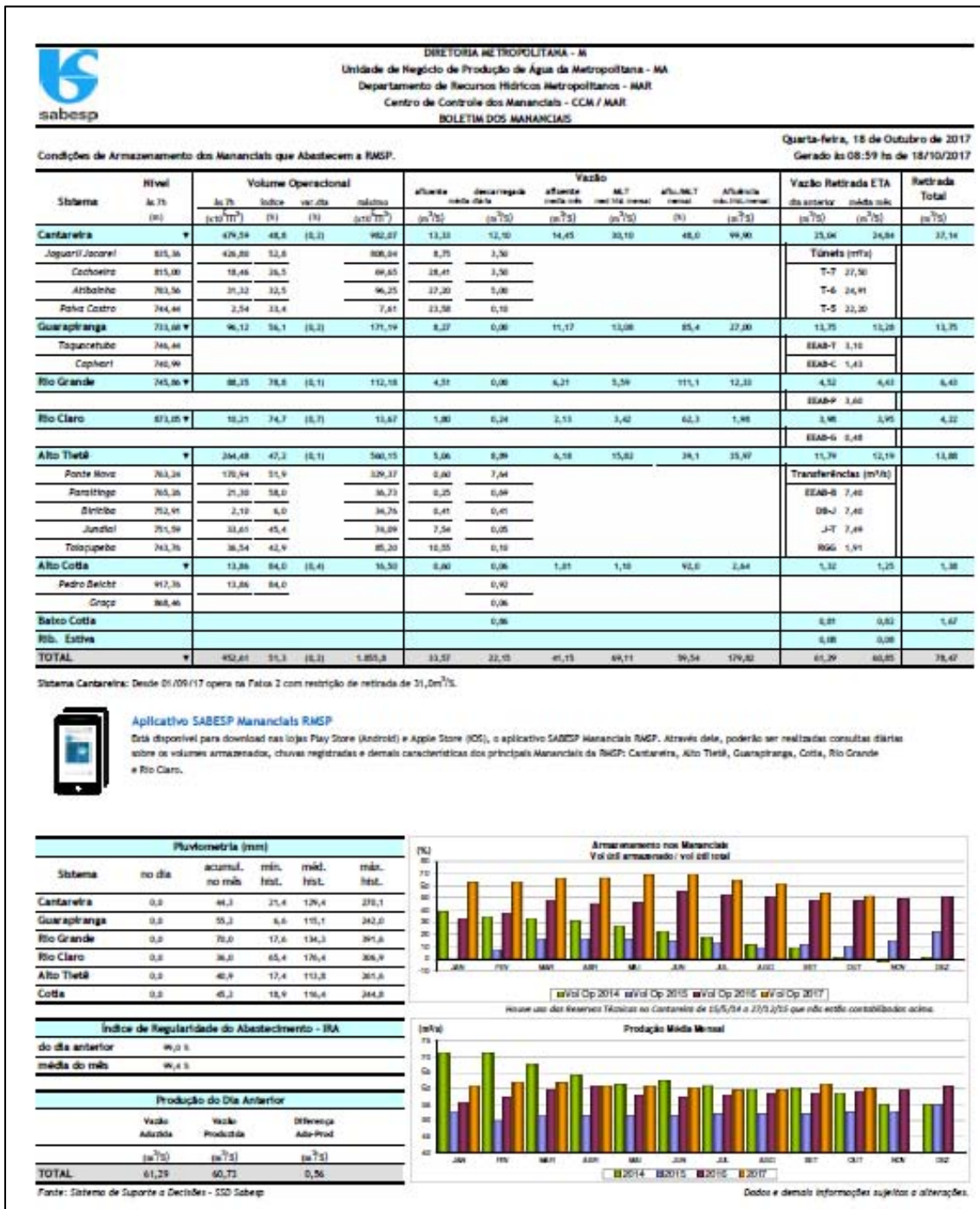
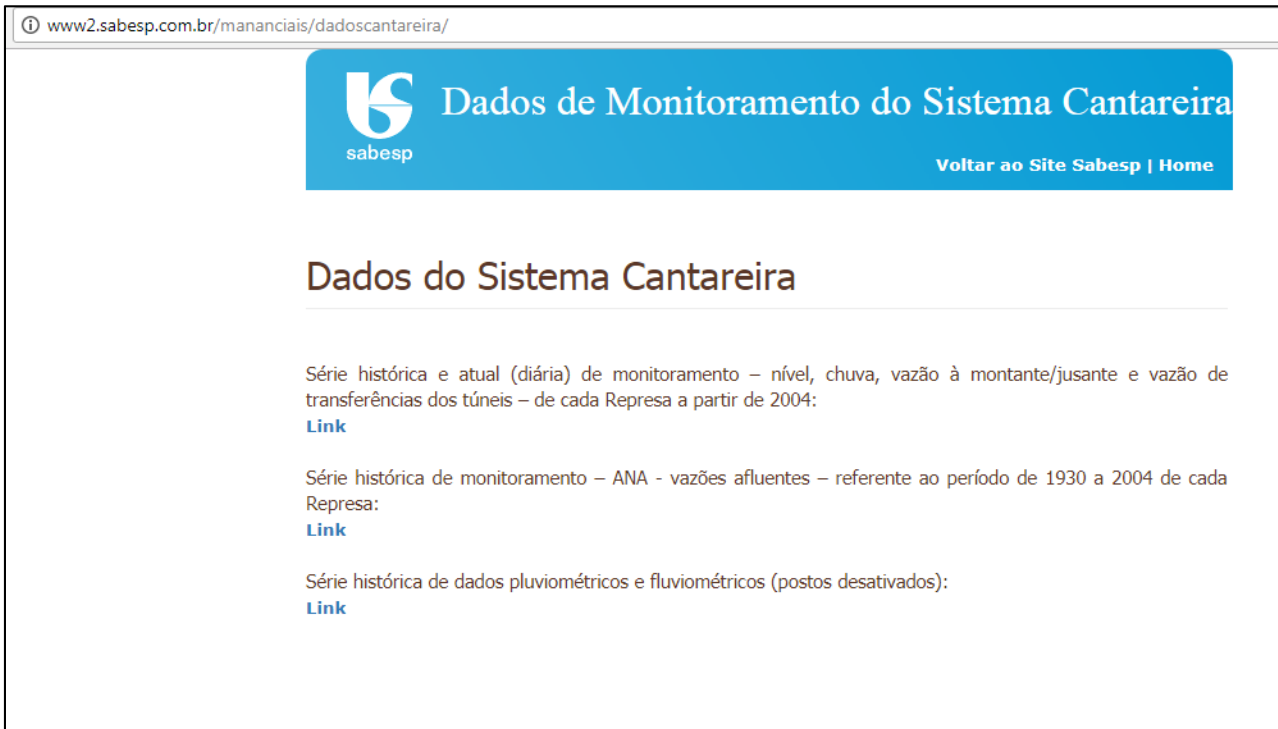



Figura 43 – Boletim dos Mananciais

### Monitoramento do Sistema Cantareira

No endereço <http://www2.sabesp.com.br/mananciais/dadoscantareira/>, são apresentados dados de monitoramento do Sistema Cantareira tais como: série histórica e atual (diária) de monitoramento do nível, chuva, vazão a montante, vazão de transferência dos túneis, vazões afluentes e série histórica de dados pluviométricos e fluviométricos.



www2.sabesp.com.br/mananciais/dadoscantareira/

 **Dados de Monitoramento do Sistema Cantareira**  
sabesp [Voltar ao Site Sabesp | Home](#)

## Dados do Sistema Cantareira

Série histórica e atual (diária) de monitoramento – nível, chuva, vazão à montante/jusante e vazão de transferências dos túneis – de cada Represa a partir de 2004:  
[Link](#)

Série histórica de monitoramento – ANA - vazões afluentes – referente ao período de 1930 a 2004 de cada Represa:  
[Link](#)

Série histórica de dados pluviométricos e fluviométricos (postos desativados):  
[Link](#)

**Figura 44 – Dados de monitoramento do Sistema Cantareira.**

### **Balanço Hídrico do Sistema Cantareira**

No endereço <http://www2.sabesp.com.br/mananciais/divulgacaopcj.aspx> é disponibilizado o balanço hídrico do Sistema Cantareira e em <http://www2.sabesp.com.br/mananciais/BalancoHEq.aspx>, o Balanço hídrico do Sistema Equivalente do Sistema Cantareira.

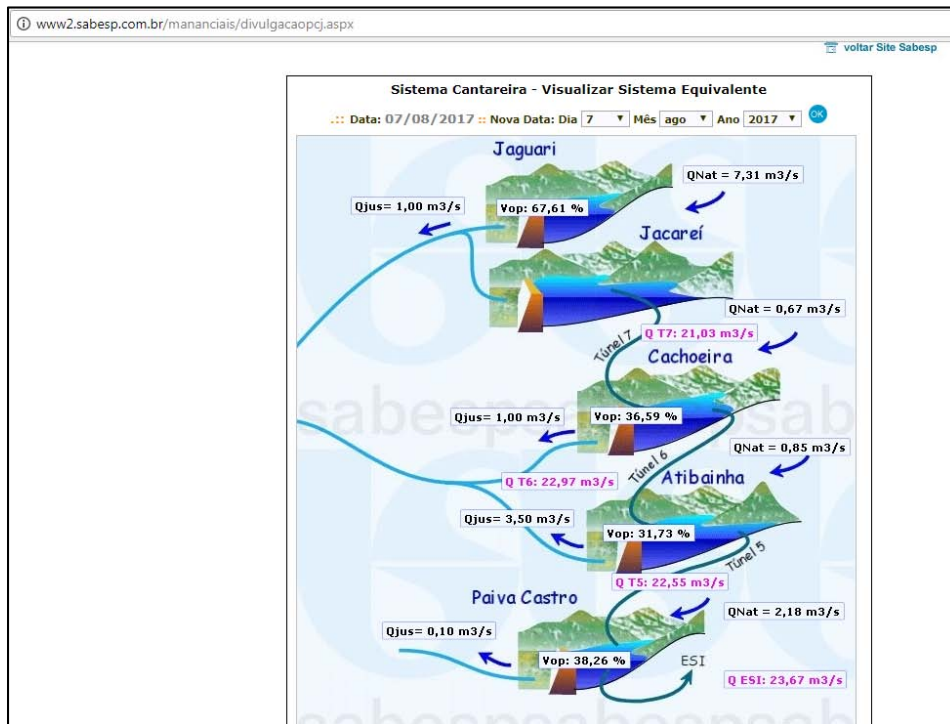


Figura 45 – Balanço hídrico do Sistema Cantareira.



Figura 46 – Balanço hídrico do Sistema Equivalente do Sistema Cantareira.

## 8.2 Disponibilização de informações em outros ambientes

Os dados e informações coletados pela rede telemétrica Sabesp instalada no Sistema Cantareira estão disponibilizados no site do Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo – Saisp e pode de consultada através do endereço: <https://www.saisp.br/geral/logon.jsp?userid=Publico>

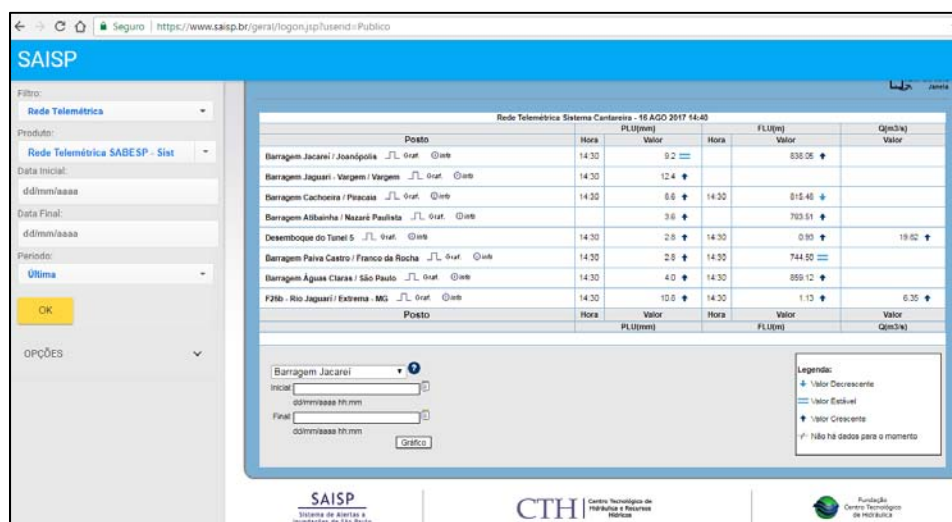


Figura 47 – Estações telemétricas operadas pela Sabesp no Sistema Cantareira.

Através do site <http://sspcj.org.br/> da Sala de Situação das Bacias PCJ são disponibilizados diversos links, boletins e informações referentes ao Sistema Cantareira, cujo os dados são cedidos através do sistema SSD 2 Sabesp Visualizador da Sabesp.

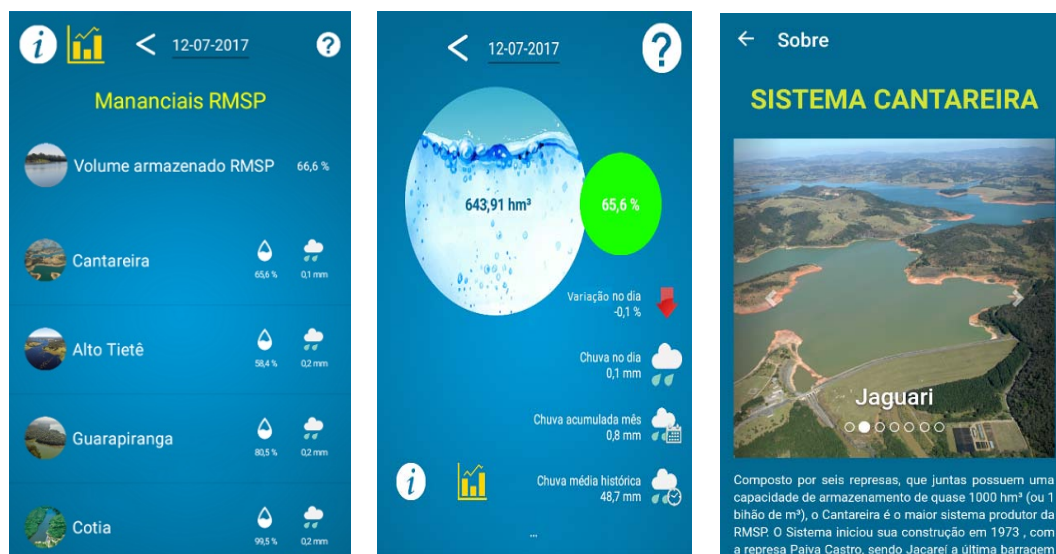


Figura 48 – Sala de Situação das Bacias PCJ.

A ANA também possui acesso aos dados diários e as séries históricas do Sistema Cantareira por meio do sistema SSD 2 Sabesp Visualizador da Sabesp.

### 8.3 Aplicativo Sabesp Mananciais RMSP

O aplicativo Sabesp Mananciais RMSP foi desenvolvido para divulgação de informações acerca dos mananciais utilizados pela Sabesp para abastecimento público de água da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP.



**Figura 49 – Telas do aplicativo Sabesp Mananciais RMSP.**

O aplicativo tem compatibilidade com os sistemas Android e iOS. Está disponível desde setembro/17, para download nas lojas do Google Play e Apple Store, gratuitamente.

Conforme demonstrado, portanto, a Sabesp disponibiliza dados e informações através de diversos canais de comunicação, demonstrando total transparência quanto a gestão dos recursos hídricos, seja para os órgãos gestores, público em geral, Comitês de Bacias, e demais interessados.

## 9. CONCLUSÃO

Ao longo deste relatório, avaliamos que os equipamentos utilizados para controle de níveis e vazões das estruturas hidráulicas do Sistema Cantareira atendem e garantem condições adequadas de operação deste Sistema Produtor, responsável pelo abastecimento de água de duas importantes regiões do Estado de São Paulo, a RMS e os municípios das Bacias PCJ.

Embora tenham sido apresentados somente os custos de monitoramento de nível, precipitação, vazão e avaliação das estruturas hidráulicas, para manter e operar um complexo conjunto de estruturas como o Sistema Cantareira são necessários outros custos que envolvem despesas com pessoal, segurança das instalações, energia elétrica, manutenções preventivas e corretivas de todas as instalações, entre outras.

A Sabesp ao longo dos últimos anos, investiu bastante na modernização de seus postos de monitoramento para controle de nível e precipitação, instalando estações telemétricas associadas a um sistema avançado e, ainda continua buscando novas tecnologias para melhorar o monitoramento de suas estruturas.

Todos os 6 reservatórios que compõem o Sistema Cantareira, incluindo os desemboques dos Túneis 6 e 5, possuem sensores automáticos com telemetria para transmissão de dados e, são monitoradas em tempo real as informações de nível, vazão ou de volume.

Conforme descrito neste documento serão instaladas pela Sabesp 4 novas estações telemétricas para monitoramento das vazões descarregadas através das Barragens Jaguari, Jacareí, Cachoeira e Atibainha, com dados disponibilizados e de acesso público através do site do Sistema de Alerta a Inundações - Saisp.

Para os demais pontos, alguns professores e consultor externo foram solicitados a sugerir alguma proposta, mas, o consenso entre eles é que qualquer mudança de tecnologia não trará benefício algum tanto na medição como na operação do sistema.

Segundo eles a implantação de outra tecnologia diferente da utilizada atualmente nessas medições em nada compromete a operação eficaz, tampouco afeta a transparência das operações efetuadas entre todos os parceiros envolvidos.

O Parecer Técnico Estruturas de Operação e Medição das Vazões Veiculadas nos Túneis 7, 4/1 e 2 do Sistema Cantareira – validação de metodologia elaborada pelo engenheiro consultor Constante Bombonato Júnior, conclui que “Analisadas as

características construtivas do Sistema Cantareira, os dispositivos de medição de vazões disponíveis e as metodologias utilizadas para tal, pode-se concluir que o sistema de avaliação e mensuração das transferências de água entre as represas é tecnicamente correto, apresenta a precisão exigida e dispõe da acuracidade necessária, tudo em conformidade com o que reconhecido, aceito e recomendado pela literatura técnico-científica.

Todo o Sistema está dotado, portanto, de instalações ou dispositivos que permitem seu controle operacional eficiente desde as transferências mais a montante até a saída final do Sistema Cantareira”.

Ressalta-se que o Sistema Cantareira possui um conjunto de estruturas com elevada qualidade construtiva que são constantemente avaliadas por um corpo técnico capacitado, o que permite que a operação seja realizada com qualidade.

Diante do exposto, após aprovação desta proposta pela ANA e DAEE, e sua implementação, o Artigo 7º da Resolução Conjunta ANA/DAEE nº 926 de 29/05/17 estará atendido.

**RELATÓRIO TÉCNICO: ATENDIMENTO AO ARTIGO 7 ° DA RESOLUÇÃO  
CONJUNTA ANA/DAEE Nº926 DE 29/05/17**

**Diretoria Metropolitana – M**  
*Eng. Paulo Massato Yoshimoto*

**Unidade de Negócio de Produção de Água - MA**  
*Eng. Marco Antonio Lopez Barros*

**EQUIPE TÉCNICA:**

**Departamento de Recursos Hídricos Metropolitanos – MAR**  
*Eng. Mara Ramos*

**Centro de Controle dos Mananciais – CCM**  
*Eng. Nilzo René Fumes*  
*Eng. Carlos Toshio Wada*  
*Eng. Rafael Miranda*

**Divisão de Recursos Hídricos Metropolitanos Norte – MARN**  
*Eng. Carlos Roberto Dardis*  
*Eng. Emerson Martins Moreira*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA DAS BACIAS PCJ. Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. Disponível em: <http://www.agenciapcj.org.br/novo/informacoes-das-bacias/localizacao>. Acesso em 11.10.2017.

ANA/DAEE. Resolução conjunta ANA/DAEE nº 926 de 29 de Maio de 2017. Agência Nacional das Águas e Departamento de Águas e Energia Elétrica. Disponível em: <http://www.agenciapcj.org.br/docs/resolucoes/resolucao-ana-dae-926-17.pdf>. Acesso em 11.09.2017.

COMITE PCJ. Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí 2010 – 2020, com propostas de atualização do enquadramento dos corpos d'água e de programa para efetivação dos enquadramentos dos corpos d'água até o ano de 2035. Disponível em: [http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/PB/PCJ\\_PB-2010-2020\\_RelatorioFinal.pdf](http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/PB/PCJ_PB-2010-2020_RelatorioFinal.pdf). Acesso em 07.08.2017.

COMITE PCJ. Plano Diretor de Recursos Hídricos para a Bacia PJ 2008-2009. Disponível em: [http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/planos\\_diretores\\_BH/piracicaba-e-jaguari.pdf](http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/planos_diretores_BH/piracicaba-e-jaguari.pdf). Acesso em 07.08.2017.

FABHAT. Relatório – I Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê - UGRHI 06: Ano Base 2016/2035. 2016 Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/events//CBH-AT/4331/4minuta-de-deliberacao-bh-at-31-de-30.11.2016----anexo----relatorio-i.pdf>. Acesso em: 18.10.2017.

PCJ. AGENCIA DAS BACIAS PCJ. Disponível em: <http://www.agenciapcj.org.br/novo/informacoes-das-bacias/localizacao>. Acesso em 11.09.2017.

SABESP. Disponível em: <http://www2.sabesp.com.br/mananciais/DivulgacaoSiteSabesp.aspx>. Acesso em 07.08.2017.

SABESP. Relatório de consolidação das principais características operacionais do Sistema Cantareira. Relatório Final. Hidro Engenheiros Consultores LTDA. Out/2009 – v 3.0. 90 p.

SABESP. Plano Integrado Regional – PIR: Relatório síntese 2017-2021. Diretoria Metropolitana. 2016. 349 p.

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Relatório de Sustentabilidade 2016. 2017.

SABESP. Proposta Renovação Outorga Sistema Cantareira. 30.07.2015. 2015. 18 p.

## **Anexo A**

# **Resolução conjunta ANA\_DAEÉ nº 926\_29mai17\_outorga**

RESOLUÇÃO CONJUNTA ANA/DAEE Nº 926, DE 29 DE MAIO DE 2017  
Documento nº 00000.031750/2017-80

O DIRETOR-PRESIDENTE DA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA, no uso da atribuição que lhe confere o art. 103, inciso IV e XIII, do Regimento Interno, aprovado pela Resolução nº 828, de 15 de maio de 2017, torna público que a DIRETORIA COLEGIADA em sua 657ª Reunião Ordinária, realizada em 29 de maio de 2017, considerando o disposto no art. 12, inciso V, da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, com base nos elementos constantes do Processo nº 02501.001114/2017-16, e o SUPERINTENDENTE DO DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE, do Estado de São Paulo, no uso de suas atribuições, definidas nos artigos 9º e 10 da Lei do Estado de São Paulo nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, com base nos elementos constantes dos Autos DAEE nº 9805040, considerando:

O disposto no art. 8º da Lei do Estado de São Paulo 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;

Resolvem:

Art. 1º Outorgar à COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP, CNPJ 43.776.517/0001-80, o uso das vazões máximas médias mensais do SISTEMA CANTAREIRA, para fins de abastecimento público, utilizando e interferindo em recursos hídricos, conforme os artigos 2º e 3º desta resolução.

Art. 2º Usos da água e interferências nos recursos hídricos outorgados por esta Resolução:

USO	RECURSO HÍDRICO	MUNICÍPIO	COORD. UTM (km) MC = 45º	
			N	E
Barramento	Rio Jaguari	Vargem	7.465,00	354,00
Barramento	Rio Jacareí	Vargem/Bragança Paulista	7.461,00	351,80
Reversão Jacareí-Cachoeira: Emboque do túnel 7 *	Rio Jacareí (Reservatório Interligado dos rios Jaguari e Jacareí)	Joanópolis	7.458,75	363,83
Reversão Jacareí-Cachoeira: Desemboque do túnel 7 *	Ribeirão Boa Vista (Reservatório do Rio Cachoeira)	Piracaia	7.454,95	368,11
Barramento	Rio Cachoeira	Piracaia	7.450,40	364,70
Reversão Cachoeira-Atibainha Emboque do túnel 6 *	Afluente do Ribeirão dos Bujis (Reservatório do Rio Cachoeira)	Piracaia	7.448,00	365,80
Reversão Cachoeira-Atibainha: Desemboque do túnel 6 *	Afluente do Córrego da Cruz das Almas (Reservatório do Rio Atibainha)	Piracaia	7.443,87	368,07
Barramento	Rio Atibainha	Nazaré Paulista	7.436,71	357,42
Reversão Atibainha-Juqueri Emboque do túnel 5 *	Afluente do Rio Atibainha (Reservatório do Rio Atibainha)	Nazaré Paulista	7.431,23	355,49
Reversão Atibainha-Juqueri Desemboque do túnel 5 *	Rio Juqueri-Mirim: Reversão da bacia do rio Piracicaba para a bacia do Tietê	Nazaré Paulista	7.426,49	348,62
Barramento	Rio Juqueri (Cascata)	Mairiporã	7.424,75	343,70
Canalização	Rio Juqueri	Mairiporã	7.426,49	348,62
			7.420,38	337,29
Barramento	Rio Juqueri (Paiva Castro)	Franco da Rocha	7.418,96	328,34
Reversão Juqueri-Sta. Inês Emboque do túnel 3 (Elevatória de Santa Inês)	Rio Juqueri (Reservatório Paiva Castro)	Caieiras	7.414,58	329,45
Reversão Juqueri-Sta. Inês Desemboque do túnel 1/4	Ribeirão Santa Inês (Reservatório Águas Claras)	Caieiras	7.411,78	330,12
Barramento	Ribeirão Santa Inês (Águas Claras)	Caieiras	7.411,49	330,63
Captação	Ribeirão Santa Inês (Reservatório Águas Claras): Entrada do Túnel 2	Caieiras	7.411,27	330,46

\* Capacidade da Estrutura Hidráulica dos túneis 7, 6 e 5: 35,0 m³/s.

Parágrafo único. Os Anexos I e II apresentam uma descrição sucinta do Sistema Cantareira, com as principais estruturas componentes, dados e informações básicas.

Art. 3º A SABESP fica autorizada a utilizar a vazão máxima média mensal de até 33,0 m³/s do Sistema Cantareira, na transposição do reservatório de Paiva Castro, no rio Juqueri, para o reservatório de Águas Claras, no ribeirão Santa Inês, por meio da EESI - Estação Elevatória de Santa Inês.

Art. 4º As condições de operação dos aproveitamentos do Sistema Cantareira estão estabelecidas na Resolução Conjunta ANA/DAEE nº 925, de 29 de maio de 2017, respeitadas as seguintes vazões:

- I. Mínima instantânea de 0,25 m<sup>3</sup>/s para jusante dos reservatórios Jacareí/Jaguari, no rio Jaguari;
- II. Mínima instantânea de 0,25 m<sup>3</sup>/s para jusante dos reservatórios Cachoeira/Atibainha, no rio Atibaia;
- III. Mínima média diária de 10,0 m<sup>3</sup>/s no posto de controle Captação de Valinhos, no rio Atibaia, e de 2,0 m<sup>3</sup>/s no posto de controle de Buenópolis, no rio Jaguari;
- IV. Mínima instantânea de 0,10 m<sup>3</sup>/s para jusante do reservatório Paiva Castro, no rio Juqueri;

Art. 5º Em situações emergenciais, a SABESP poderá adotar, de forma temporária, condições de operação diferentes daquelas estabelecidas na Resolução Conjunta ANA/DAEE nº 925, de 29 de maio de 2017.

§1º Serão consideradas situações emergenciais aquelas em que fique caracterizado risco iminente para a saúde da população das Bacias PCJ ou da Bacia do Alto Tietê, para o meio ambiente e para as estruturas hidráulicas que compõem o Sistema Cantareira.

§2º As operações do Sistema Cantareira, nas situações emergenciais definidas no parágrafo 1º deste artigo, serão realizadas pela SABESP, que deverá comunicar imediatamente os fatos e providências adotadas ao DAEE e à ANA, bem como aos Comitês PCJ e CBH-AT, e encaminhar informe detalhado, acompanhado das devidas justificativas, após os eventos.

Art. 6º A SABESP deverá apresentar, no prazo de até 6 (seis) meses, para aprovação da ANA e do DAEE, ouvidos os comitês PCJ e CBH-AT, plano de ampliação e modernização da rede de postos de monitoramento de chuva e vazão nas bacias de contribuição do Sistema Cantareira, em conformidade com o Plano Diretor da Bacia do PJ1 e o Plano das Bacias PCJ.

§1º A instalação, manutenção, operação e segurança da rede de postos de monitoramento referida no *caput* serão de responsabilidade da SABESP, que deverá disponibilizar as informações e dados coletados em tempo real, para acesso público, para as salas de situação do DAEE e dos Comitês PCJ e CBH-AT, bem como inseri-los no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, gerido pela ANA.

§2º A SABESP terá o prazo de 12 (doze) meses, após aprovação da ANA e do DAEE, para implementação do plano referido no *caput* deste artigo, prorrogável mediante justificativa aprovada por ANA e DAEE.

Art. 7º A SABESP deverá apresentar, no prazo de até 6 (seis) meses, para aprovação da ANA e do DAEE, plano para melhoria, ampliação e modernização dos equipamentos de controle de níveis dos reservatórios e de controle de vazão pelas estruturas hidráulicas mencionadas no art. 2º dos aproveitamentos do Sistema Cantareira.

§1º A instalação, manutenção, operação e segurança dos equipamentos referidos no *caput* serão de responsabilidade da SABESP, que deverá disponibilizar as informações e dados coletados, em tempo real, para acesso público, para as salas de situação da ANA, do DAEE e dos Comitês PCJ e CBH-AT.

§2º A SABESP terá o prazo de 12 (doze) meses, após aprovação da ANA e do DAEE, para implementação do plano referido no parágrafo 1º deste artigo, prorrogável mediante justificativa aprovada por ANA e DAEE.

Art. 8º A SABESP deverá realizar o monitoramento da qualidade de água nos corpos d'água do Sistema Cantareira, conforme legislação vigente.

Art. 9º A SABESP deverá apresentar versão atualizada das curvas cota *versus* área superficial e cota *versus* volume dos reservatórios mencionados no Anexo I, juntamente com o pedido de renovação da presente outorga.

Parágrafo único. A atualização mencionada no *caput* deverá ser realizada após 8 (oito) anos de vigência desta Resolução.

Art. 10. A SABESP deverá apresentar, no prazo de até 12 (doze) meses, projeto para gestão da demanda, considerando as metas de racionalização de uso estabelecidas nos Planos das Bacias dos Comitês PCJ e CBH-AT, que inclua controle de perdas físicas, incentivo ao uso racional da água, combate ao desperdício e incentivo ao reúso de água, com proposta de metas para o controle de perdas a ser aprovada pela ANA e DAEE.

Art. 11. A SABESP deverá apresentar, no prazo de até 12 (doze) meses, para aprovação da ANA e do DAEE, ouvidos os comitês PCJ e CBH-AT, plano de operação dos reservatórios durante o período de cheias, observando as condições de operação estabelecidas pela ANA e DAEE em resolução específica.

Art. 12. A SABESP deverá apresentar, no prazo de até 6 (seis) meses, para aprovação da ANA e do DAEE, ouvidos os comitês PCJ e CBH-AT, plano de adaptação das infraestruturas dos reservatórios para a eventual operação com níveis abaixo do mínimo operacional, que contemple as ações a serem implementadas e os prazos correspondentes.

Art. 13. A SABESP deverá apresentar, no prazo de até 6 (seis) meses, proposta ao DAEE e à ANA de apoio para a ampliação de projetos nos moldes dos Programas Produtor de Água da ANA e Nascentes do Governo de São Paulo na bacia contribuinte ao Sistema Cantareira, com o objetivo de reduzir a erosão e o assoreamento, melhorar a captação e infiltração da água de chuva, de modo a propiciar a melhoria da qualidade de água neste sistema, prevendo monitoramento para aferição das metas.

Art. 14. Os usos dos recursos hídricos, decorrentes desta outorga, estão sujeitos à cobrança pelo uso da água, nos termos dos artigos 19 a 21 da Lei Federal nº 9.433, de 1997, e do artigo 4º, inciso VIII, da Lei Federal nº 9.984, de 2000, nos rios de domínio da União, e do artigo 14 da Lei Estadual nº 7.663, de 1991, e da Lei Estadual nº 12.183, de 2005, nos rios de domínio do Estado de São Paulo.

§ 1º Para efeito da cobrança pelo uso dos recursos hídricos, ficam definidos dois pontos de controle:

I – Túnel 5, por meio do qual se dá a transposição de águas da bacia do rio Piracicaba para a bacia do Alto Tietê; e

II – Captação da SABESP no reservatório de Águas Claras, no ribeirão Santa Inês, de onde as águas brutas são aduzidas para a E.T.A. Guaraú.

§ 2º Para efeito da cobrança pelo uso dos recursos hídricos nas Bacias PCJ, não será considerada o volume transposto da bacia do rio Paraíba do Sul.

Art. 15. Os usos e interferências nos recursos hídricos, relacionados no artigo 2º, deverão estar de acordo com a legislação estadual e federal, referentes à proteção ambiental e à poluição das águas, atendendo às exigências dos órgãos responsáveis, nos aspectos de sua competência.

Art. 16. A SABESP deverá atender às obrigações decorrentes da Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens.

§ 1º As atribuições da autoridade outorgante decorrentes desta Lei nos barramentos dos rios Jaguari e Cachoeira, por estarem instalados em rios de domínio da União, são de competência da ANA.

§ 2º As atribuições da autoridade outorgante decorrentes desta Lei nos barramentos dos rios Jacareí, Atibainha, Juqueri e Santa Inês, por estarem instalados em rios de domínio do Estado de São Paulo, são de competência do DAEE.

Art. 17. Fica a SABESP obrigada a:

I - Operar as infraestruturas hídricas, segundo as condições determinadas na Resolução Conjunta ANA/DAEE nº 925, de 29 de maio de 2017;

II - Manter as infraestruturas hídricas e serviços em perfeitas condições de estabilidade e segurança, respondendo pelos danos a que der causa, em relação ao meio ambiente e a terceiros;

III - Responder civilmente, por danos causados à vida, à saúde, ao meio ambiente, por prejuízos de qualquer natureza a terceiros, em razão da manutenção, operação ou funcionamento das infraestruturas hídricas, bem como do uso inadequado que vier a fazer da presente outorga;

IV - Responder por todos os encargos relativos à execução de serviços ou obras e à implantação de equipamentos ou mecanismos, necessários a manter as condições acima, bem como nos casos de alteração, modificação ou adaptação dos sistemas que, a critério da ANA e do DAEE, venham a ser exigidos, em função do interesse público ou social.

Art. 18. A fiscalização do cumprimento do estabelecido nesta Resolução e na Resolução Conjunta ANA/DAEE nº 925, de 29 de maio de 2017 será realizada pela ANA e pelo DAEE, respeitadas as suas competências.

Art. 19. A não observância ao estabelecido nesta Resolução e na Resolução Conjunta ANA/DAEE nº 925, de 29 de maio de 2017, poderá caracterizar a SABESP como infratora, com a consequente aplicação das penalidades previstas nas Seções I e II do Capítulo 2º, artigos 9º a 13 da Lei Estadual 7.663, de 1991, regulamentados pelo Decreto Estadual n.º 41.258, de 01 de novembro de 1996, e disciplinado pela Portaria DAEE n.º 1/98, de 02 de janeiro de 1998, bem como o estabelecido na Resolução ANA nº 662, de 2010, de acordo com os artigos 49 e 50 da Lei Federal n.º 9.433, de 1997, respeitado o domínio das águas.

Art. 20. Esta Resolução tem validade de 10 (dez) anos, a contar da data de sua publicação.

Art. 21. Esta outorga deverá, obrigatoriamente, permanecer no local onde foram autorizados os usos e interferências nos recursos hídricos citados nesse documento, para fins de fiscalização.

Art. 22. A SABESP deverá cumprir, naquilo que lhe couber, o disposto na Resolução ANA nº 833, de 05 de dezembro de 2011.

Art. 23. Esta Resolução revoga a outorga anterior, constante da Portaria DAEE 1.213, de 06 de agosto de 2004, a Resolução Conjunta ANA/DAEE nº 910, de 07 de julho de 2014, publicada no DOU em 11 de julho de 2014, seção 1, página 69, a Portaria DAEE nº 1.396, de 11 de julho de 2014 e a Resolução Conjunta ANA/DAEE nº 335, de 05 de março de 2014, publicada no DOU em 07 de março de 2014, seção 1, página 79.

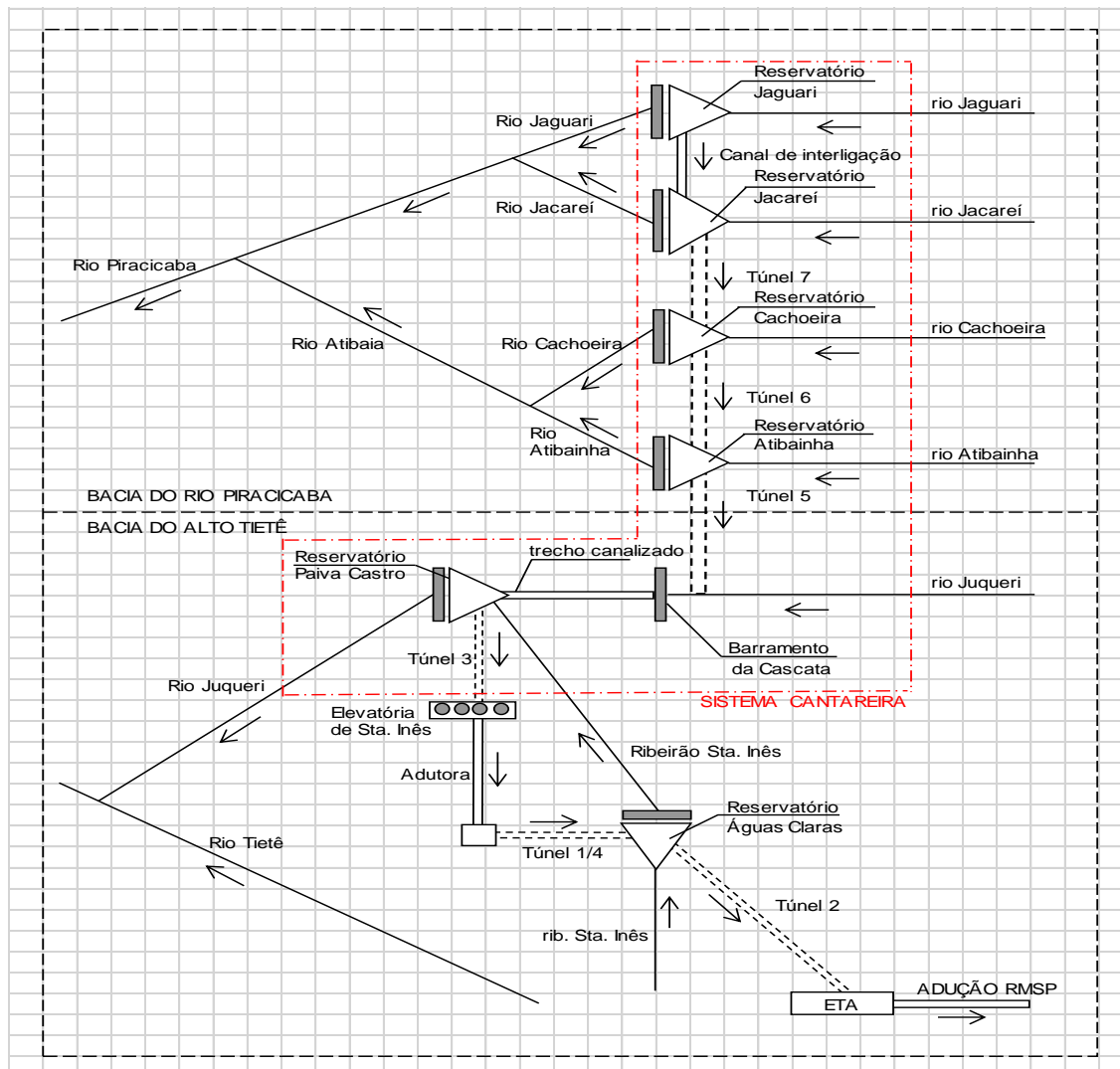
Art. 24. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

VICENTE ANDREU  
Diretor-Presidente da ANA

RICARDO DARUIZ BORSARI  
Superintendente do DAEE

# ANEXO I

## Diagrama Simplificado



## ANEXO II

### Dados básicos dos barramentos do Sistema Cantareira

APROVEITAMENTO	[1]	[2]	[3]	[4]		[5]		[6] Volume Útil
	Área de Drenagem	Vazão Média	Cota de Coroamento do Maciço	N.A. máximo operacional		N.A. mínimo operacional		
	(km <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	Cota	Volume	Cota	Volume	
JAGUARI-JACAREÍ	1.230	24,7	847,00	844,00	1.047,49	820,80	239,45	808,04
CACHOEIRA	392	8,3	827,67	821,88	116,57	811,72	46,92	69,65
ATIBAINHA	312	5,9	791,32	786,72	295,46	781,88	199,20	96,26
PAIVA CASTRO	369	4,7	750,24	745,61	32,93	743,80	25,32	7,61
TOTAL	2.303	43,6	-----	-----	1.492,45	-----	510,89	981,56

Fonte dos dados: Relatório ANA/DAEE: Dados de Referência Acerca da Outorga do Sistema Cantareira (2016).

[1] – Área da bacia de contribuição na seção do barramento;

[2] – Vazão média de longo termo da série histórica de 1930 a 2015;

[3] – Cota da crista do barramento;

[4] – N.A. máximo normal e capacidade total de armazenamento correspondente à cota;

[5] - N.A. mínimo operacional e capacidade total de armazenamento correspondente à cota que ainda permite a reversão da vazão objetivo pelos túneis;

[6] – Volume Útil = Volume máximo normal [4] – Volume mínimo operacional [5].

## **Anexo B**

# **Especificação técnica dos equipamentos**

**COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO  
ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP  
SISTEMA DE ALERTA A INUNDAÇÕES DE SÃO PAULO**



**Especificações técnicas de equipamentos  
REVISÃO 0**

**Julho de 2017**



**COMPANHIA DE SANEMANTO**  
**BÁSICO DE SÃO PAULO - SABESP**

**SISTEMA DE ALERTA A INDUNCAÇÕES DE SÃO PAULO**

**Especificações Técnicas de Equipamentos.**

**REVISÃO 0**

**JULHO DE 2017**

---

# Índice

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. EQUIPAMENTOS .....	2
2.1. Bateria Estacionária .....	3
2.2. Painel Solar .....	4
2.3. Contralador de Carga.....	5
2.4. Remota/Datalogger.....	7
2.5. Modem Celular.....	8
2.6. Modem Via Satélite.....	10
2.7. Protetor Anti-Surto .....	13
2.8. Sensor de Nível.....	14
2.8.1. Sensor de nível de pressão.....	14
2.8.2. Sensor de nível de ultrassom .....	16
2.9. Pluviômetro.....	19

---

## 1. INTRODUÇÃO

Este documento tem por objetivo apresentar as **especificações técnicas dos equipamentos que compõem as estações telemétricas da Rede SABESP**, operadas pela FCTH, *no âmbito do contrato nº 21.245/16* celebrado em 01 de agosto de 2016 entre a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP e a Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica FCTH

## 2. EQUIPAMENTOS

A estação telemétrica típica é composta pelos seguintes equipamentos:

- o 1 Caixa Hermética com painel de comando de 0,5 x 0,5 x 0,30m;
- o 1 Bateria Estacionária 12V 45Ah modelo 12MCF45;
- o 1 Painel Solar Fotovoltaico de 25W;
- o 1 Controlador de Carga para Painel Solar de 14A 12V;
- o 1 Disjuntor 2A 230/400V;
- o 1 Remota/Datalogger com 3 entradas analógicas 2 entradas digitais programável com display e interfaces RS232;
- o 1 modem celular dual chip GPRS com programação em Java e 1 Antena Diretiva fixa de Alto ganho de 804/920 Mhz ;
- o 1 modem via satélite
- o 2 Trilhos elétricos de 0,15m cada;
- o 2 Canaletas de 0,35m e 0,25m com as respectivas tampas;
- o 1 Berço para remota/datalogger;
- o 1 Mini-Borne Fêmea (Série 110) de 2, 3, 4 e 6 polos;
- o 1 Protetor contra distúrbios elétricos DPS Série 900;
- o 1 Pluviômetro por báscula;
- o 1 Sensor de nível: Sensor de pressão ou sensor ultrassônico;
- o 1 Poste Galvanizado de 3" com 6m de altura;
- o 2 Abraçadeiras de 2" com 4 porcas e 2 arruelas cada;
- o 1 Cabo DB9 Cruzado Macho- Macho;
- o 1 Simcard de operadora celular.

A seguir são apresentadas as especificações técnicas dos equipamentos.

## 2.1. BATERIA ESTACIONÁRIA

A bateria estacionária é responsável por manter o funcionamento da estação telemétrica durante o período da noite e dias nublados.

A bateria utilizada nas estações telemétricas é a “12MF45”. A seguir são apresentadas as especificações técnicas do equipamento:

**Tensão nominal (V):** 12

**Capacidade a 25°C (Ah)** 45

**Dimensões (mm)** 212x175x175

**Peso:** 11,5

**Tensão de flutuação (V):** 13,20 – 13,38 a 25°C (2,20-2,23 p/ elemento)

**Tensão de equalização (V):** 14,16 – 14,14 a 25°C (2,36 – 2,40 p/ elemento)

**Compensação de temperatura** -0,33V para cada 10°C acima de 25°C, +0,33V para cada 10°C abaixo de 25°C



Figura 1 – Bateria estacionária.

## 2.2. PAINEL SOLAR

O painel solar é responsável por transformar a energia solar em energia elétrica e com isso fornecer energia para estação telemétrica funcionar.

O painel solar instalado nas estações telemétricas é o "Painel solar de 25W". A seguir são apresentadas as especificações técnicas do equipamento:

- **Potência máxima** 25W
- **Tolerância de Produção**  $\pm 3\%$
- **Tensão máxima potência (Vmp)** 18V
- **Corrente de energia máxima (Imp)** 1.39A
- **Tensão em circuito aberto (Voc)** 21.06V
- **Corrente de curto-circuito (Isc)** 1.47A
- **Tensão máxima do sistema** 1000 V
- **Eficiência da célula solar**  $\geq 17,5\%$
- **Padrão Teste de condições** AM = 1,5 E = 1000W / m<sup>2</sup> Tc = 25 ° C
- **Faixa de temperatura operacional** -40 °C ~ +85 °C
- **Comprimento do Cabo** 90 centímetros
- **Dimensões** (22,04 x 9,65 x 0,1 ") / (56 x 24,5 x 0,25 cm)
- **Peso por peça** 32,8 oz / 930g

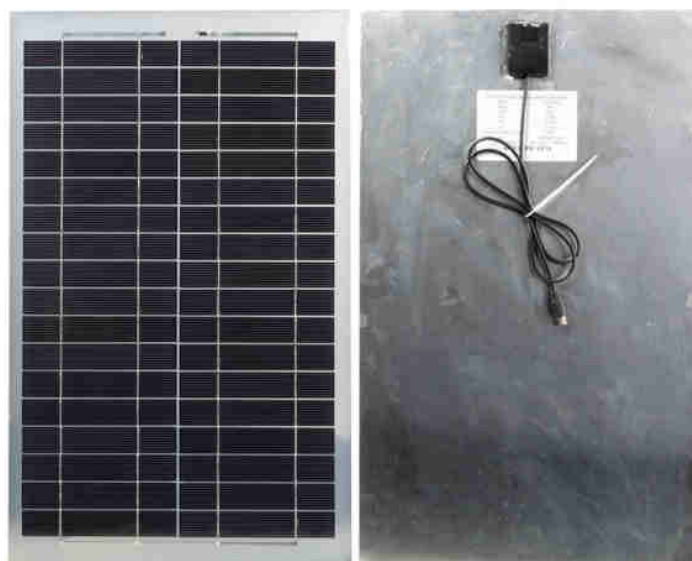


Figura 2 – Painel solar.

## 2.3. CONTRALADOR DE CARGA

O controlador de carga tem as seguintes funções:

- Proteger a bateria de sobrecargas do painel solar e descargas profundas pelos consumidores
- Ajustar automaticamente o sistema com tensão de 12V ou 24V

O controlador de carga utilizado nas estações telemétricas é o “*Phocos CMLUP*”. A seguir são apresentadas as especificações técnicas do equipamento:

- **Tensão de sistema:** 12/24 V reconhecimento automático;
- **Máxima corrente de carga:** 10A
- **Máxima corrente de consumo:** 10A
- **Tensão de flutuação:** 13.8/27.6 V(25 °C)
- **Nível de tensão carga principal:** 14.4/28.8 V (25 °C), 0.5 h (diariamente)
- **Nível de tensão carga rápida:** 14.4/28.8 V (25 °C), 2 h Nível de tensão conexão do consumidor: Tensão da bateria < 12.3/24.6 V
- **Nível de tensão equalização:** 14.8/29.6 V (25 °C), 2 h Atuação da equalização: Tensão da bateria < 12.1/24.2 V (ao menos uma vez a cada 30 dias)
- **Ativação da proteção contra sobretensão:** 15.5/31.0 V
- **Ativação da proteção contra descarga profunda:** 11.4-11.9/22.8-23.8 V estado controlado por “SOC”
- **Tensão de corte desconexão por subtensão:** 11.0/22.0 V estado controlado por tensão
- **Reconexão, níveis de tensão:** 12.8/25.6V
- **Proteção contra sub tensão:** 40.5/21.0V
- **Tensão máxima de painel:** 50V
- **Tensão máxima de bateria:** 50V

- **Compensação de temperatura (Tensão de carga):**  $-4.2 \text{ mV/K}$  por célula da bateria
- **Autoconsumo (repouso):**  $<5\text{mA}$
- **Condutor-terra:** Positivo aterrado
- **Baixa de temperatura armazenagem:**  $-40 \text{ à } +50 \text{ °C}$
- **Altitude máx.:** 4.000 m acima do nível do mar
- **Tipo de bateria:** Chumbo-ácida (GEL, AGM, Líquida)
- **Carregador USB:** 5.0 V; 800 mA
- **Dimensões (LXAXP):** 100 x 100 x 28 mm
- **Peso:** 130g
- **Seção máxima condutor:** 16 mm<sup>2</sup>
- **Grau de proteção tipo:** IP20



Figura 3 – Controlador de carga.

## 2.4. REMOTA/DATALOGGER

A remota/datalogger realiza o controle e armazenagem de dados e é composta de uma placa eletrônica que contém um processador programável e trabalha como um coletor de dados e apresenta as seguintes funções:

- Placa eletrônica microcontrolada programável que gerencia a unidade – UPC e seus periféricos da ER - Estação Remota;
- Aquisição de sinais elétricos digitais e analógicas de sensores diversos;
- Memória interna p/ armazenagem de dados e programas;
- Mostrador e botoeira p/ leitura e inserção de informações e funções;
- Interface de comunicação com computador (RS232) e p/ modem, rádio ou satélite;
- Saída de dados via cartão de memória.



Figura 4 – Remota/Datalogger.

---

## 2.5. MODEM CELULAR

O modem celular é responsável por transmitir os dados coletados e registrados na remota/datalogger.

O modem celular utilizado nas estações telemétricas é o “*Terminal Java TC65i*”. A seguir são apresentadas as especificações técnicas do equipamento:

- **Características principais:** Quad-Band GSM 850/900/1800/1900 MHz, GPRS multi-slot class 12, GSM release 99, 2 Conectores de SIM Card Externos
- **Potência de saída:** Class 4 (2 W) for EGSM850, Class 1 (1 W) for GSM1800, Class 4 (2 W) for EGSM900, Class 1 (1 W) for GSM1800
- **Controlado via comandos AT:** SIM Application Toolkit (release 99), Acesso ao stack TCP/IP através de comandos AT, Serviços Internet: TCP, UDP, HTTP, FTP, SMTP, POP3
- **Consumo:** Tensão de alimentação: 12 a 24 V x 2A, Power down 5mA, Sleep mode (registered DRX =6) 8.0 mA, Speech mode (average) 300 mA, GPRS class 12 (average) 600 mA
- **Temperatura:** Operação Normal: -30°C a +65°C, Desligado: +80°C, Operação Restrita +65°C a +75°C: -30°C a -40°C, Armazenagem: -40°C to +85°C
- **Dimensões:** 80 x 87 x 35 mm
- **Peso:** < 250g
- **Especificação para transmissão GPRS de Dados:** GPRS classe 12, “Mobile station” classe B, Suporte PBCCH Completo, “Coding schemes” CS 1-4
- **Especificação para transmissão CSD e Dados:** Até 14.4 kbit/s, V.110, RLP, Modo não transparente, Suporte USSD



Figura 5 – Modem celular – terminal java TC65i.

## 2.6. MODEM VIA SATÉLITE

O modem via satélite é utilizado em locais em que o sinal de telefonia celular seja intermitente ou onde não tenha cobertura.

O modem utilizado nas estações telemétricas é o “IDP680 – Skywave Terminal Remoto”. A seguir são apresentadas as especificações técnicas do equipamento:

### Comunicação satelital

- **Serviço satelital:** Bidirecional, Global, IsatData Pro
- **Mensagens do modem:** 6.400 bytes
- **Mensagens para o modem:** 10.000 bytes
- **Latência típica:** <15seg, 100 bytes
- **Ângulo de elevação:** +20° até +90°
- **Frequencia:** Rx:1525,0 até 1559,0MHz; Tx: 1626,5 até 1660,5 MHz

### GPS/Glonass

- **Tempo de Aquisição:** Partida a quente: 1 s;
- **Partida a frio:** 29 s/30 s
- **Precisão:** 2,5m/4,0m CEP-Horizontal
- **Sensibilidade: Aquisição:** -148 dBm, Rastreamento: -162 dBm

### Certificações

- **Regulatórias:** Marca CE (R&TTE, RoHS 2), FCC, IC, conformidade Anatel, MSS Russia, SRRC (IDP-690), marca RCM, IEC 60945, C1D2,
- **Outras:** Homologação da Inmarsat, IP67

### Alimentação

- **Tensão de entrada:** +9 até 32V;
- **Proteção contra picos de energia:** +150V; SAE J1455 (Sec. 4.13)

- **Consumo médio de energia (Típico em 12VDC, 22°C):**
  - » Recepção: 8,3 mA; Recepção com GPS/GLONASS: 40 mA;
  - Transmissão: 0,75 A; Hibernação: 100 µA

#### **Dimensões**

- **IDP 680:** 12,6 cm x 12,6 cm x 4,9 cm

#### **Interfaces externas**

- **Portas de entrada/saída:** 4 x Analógicas ou digitais;
- **Portas seriais:** 1 x RS-232; 1 x RS-485
- **Acessórios:** Adaptador 1-Wire via porta RS-232

#### **Ambiente**

- **Temperatura operacional:** -40°C até +85°C
- **Ingresso de Poeira e Água:** IP67
- **Vibração:** SAE J1455 (Sec 4.9.4.2 fig 6-8); MIL-STD-810G (Sec 514.6)
- **Impacto:** MIL-STD-810G (Sec 516.6)

#### **Programação**

- Mecanismo com scripts Lua e serviços básicos. Disponível SDK com ferramentas GUI de desenvolvimento. Software de atualização da aplicação Lua pelo ar (SOTA)
- **Serviços básicos:** Geocerca, Data Logger, Relatório de posição
- **Armazenamento:** 2 MB para serviços do usuário e arquivos de dados, incluindo data logger
- **Aplicativos de nível de dispositivo configuráveis opcionais:**
  - Agente Analítico - Notificações e relatórios sobre o comportamento do motorista e desempenho do veículo/bem. »
  - Agente LAV - Facilita a integração dos terminais IDP em soluções de gestão de frotas. »
  - Agente de Despacho Garmin - Rastreamento, navegação, comunicação e despacho de motorista através dos dispositivos Garmin



**Figura 6 – Modem via satélite**

## 2.7. PROTETOR ANTI-SURTO

O dispositivo de proteção contra surtos elétricos tem por objetivo proteger os equipamentos eletroeletrônicos conectados em linhas de sinais de controle, em sistema de automação.

A proteção anti-surto utilizada nas estações telemétricas é a “*Série 900 Borne*”. A seguir são apresentadas as especificações técnicas do equipamento:

- **Normas aplicáveis:** ABNT NBR IEC 61643-21
- **Aplicação:** Proteção de equipamentos eletroeletrônicos conectados à linha de sinal de instrumentação e controle
- **Número de condutores protegidos:** 2
- **Temperatura de operação:** -40 ... +70
- **Conexão de entrada:** Bornes # 0,5 ... 4mm<sup>2</sup>
- **Acondicionamento:** Caixa plástica verde, não propagante à chamas
- **Grau de proteção:** IP20
- **Peso aproximado:** 40
- **Dimensões:** 79,5 x 63,4 x 12 (C x A xL)



Figura 7 – Proteção anti-surto.

## 2.8. SENSOR DE NÍVEL

O sensor de nível é o equipamento responsável pelo monitoramento automático e contínuo do nível d'água e pode ser de dois tipos:

- Sensor de nível de pressão;
- Sensor de nível de ultrassom;

A seguir são descritas as especificações técnicas de cada tipo de sensor de nível.

### 2.8.1. SENSOR DE NÍVEL DE PRESSÃO

O sensor de nível do tipo de pressão utilizado nas estações telemétricas é o *“Transmissor de Nível Tipo Hidrostático – Nivetec – Série 780”*.

A seguir são apresentadas as especificações técnicas do equipamento:

#### **Transmissor de Nível Hidrostático – Nivetec = Série 780**

- **Montagem:** Suspensa
- **Invólucro:** AISI316
- **Grau de proteção** IP68
- **Conexão elétrica:** Cabo. Material: PU-DN6mm, Comprimento (m) 0 ..300, Composição 2x fio condutores, blindagem e respiro, seção dos fios: 0,5 mm<sup>2</sup>.
- **Alimentação:** 12 ...28 VCC
- **Proteção elétrica:** Inversão de polaridade, limitador de corrente, surtos de tensão ( $\leq 30V_{cc}$ )
- **Sinal de saída:** 4...20mA
- **Elemento sensor:** Transdutor: Piezo-resistivo com diafragma, Material: AISI316L, Proteção: Tampa em polipropileno
- **Range de Medição – bar (mca):** 0...200 (0,2...20)
- **Sobrepresão admissível:** 2xF.E.
- **Temperatura de Operação:** 0 a 60 °C



**Figura 8 – Transmissor de Nível Hidrostático – Nivetec = Série 780**

## 2.8.2. SENSOR DE NÍVEL DE ULTRASSOM

O sensor de nível do tipo ultrassom utilizado nas estações telemétricas é o “*Transmissor Ultrassônico de Medição de Nível Contínuo US11 ou o EasyTrek SP300*”. A seguir são apresentadas as especificações técnicas de cada equipamento:

### **Transmissor Ultrassônico de Medição de Nível Contínuo US11**

- **Exigência Energética:** 12 a 30 Vdc - Tensões em maiores que 30 Vdc causarão danos permanentes.
- **Resistência de carga=** V alimentação – 12.0 / 0.02. • A tensão mínima de alimentação é de 19 volts a 4 mA. • Por exemplo: V alimentação = 24 V e resistência máxima de carga = 600ohms.
- **Temperatura Operacional Ambiente:** Eletrônicos: -40°F a 158°F (-40°C a 70°C). Tela LCD: -4°F a 158°F (-20°C a 70°C)
- **Efeito da Temperatura Ambiente:** +/- 0,1% por 1°F
- **Repetibilidade:** 0,1 pol (3 mm)
- **Resolução:** 0,125 pol (3 mm)
- **Tempo de Resposta:** Menor que 1 segundo
- **Calibração:** Zero e Intervalo: para o 0,01 pol (3 mm) mais próximo
- **Zona Próxima:** 12 pol (305 mm)
- **Intervalo mínimo:** 3 polegadas (76 mm)
- **Intervalo máximo:** 30 pés (9,1 m)
- **Saída:** Loop de sinal de 2 fios: 4 – 20 mA DC (isolado)
- **Precisão:** 0,15% da variação máxima do sensor
- **Compensação de Temperatura:** Automática
- **Amortecimento:** 0 a 90 segundos.
- **Eco Perdido:** 22 mA ou 3,7 mA – selecionável por campo
- **Zona Próxima:** 22 mA ou 3,7 mA – selecionável por campo
- **Taxa de Repetição de Pulso:** 300 ou 400 ms- selecionável por campo

- **Proteção Contra Falhas:** 22 mA



Figura 9 – Sensor de nível do tipo ultrassônico – US11.

### Transmissor Ultrassônico de Medição de Nível Contínuo EasyTrek

#### SP300

- **Temperatura de processo:** Transdutores de PP, PVDF e PTFE -30°C...+90°
- **Temperatura de ambiente:** -30 °C ... +80 °C
- **Pressão **\*\***(Absoluta):** 0.05 ... 0.3 MPa (0.5 ... 3 bar) SS316Ti para sensores de aço inoxidável 0.09 ... 0.11 MPa (0.9 ... 1.1 bar)
- **Vedação:** Transdutor PP: EPDM ; Todas outras versões de transdutores: FPM
- **Grau de proteção:** IP 68
- **Alimentação:** 12 (3) ... 36 V DC com comunicação HART, 48 mW ... 720 mW, isolante Galvânico; proteção contra surtos
- **Precisão:** (0.2% da distância medida mais 0.05% do range de medição)
- **Resolução:** Dependendo da distância medida: < 2 m: 1 mm, 2 ... 5 m: 2 mm, 5 ... 10 m: 5 mm, > 10 m: 10 mm

- **Saídas: Analógico:** 4 ... 20 mA, (3.9 ... 20.5 mA),  $R_{tmax} = (U_t - 11.4 \text{ V}) / 0.02 \text{ A}$ , isolante Galvânico; proteção contra transientes; SPDT relé, 30 V DC, 1 A DC, Comunicação serial: interface HART (resistência terminal de 250 Ohm)
- **Conexão elétrica:** 6 x 0.5 mm<sup>2</sup> cabo blindado 6mm x 5mm (comprimento máximo de 30m)
- **Proteção elétrica:** Classe III SELV



Figura 10 – Sensor de nível do tipo ultrassônico – Easy trek.

## 2.9. PLUVIÔMETRO

O pluviômetro é o equipamento responsável pelo monitoramento automático e contínuo do volume pluviométrico

O pluviômetro utilizado na estação telemétrica é o “DAVIS 7857”. . A seguir é apresentado as especificações técnicas:

- Resolução 0,2mm
- Cone coletor de água da chuva preso à base
- Base com mecanismo basculante e cabo de 12 m (40')
- Grampo tipo U, chapa de reforço, 2 parafusos do tipo lag screw,
- 2 arruelas de pressão e 2 porcas sextavada
- Tela contra Detritos
- 9 cm (16 3.5”) lanças anti-pássaros (opcional)



Figura 11 -Pluviômetro.

## **Anexo C**

# **Relatório de consolidação das principais características operacionais do Sistema Cantareira**

**SABESP**

**RELATÓRIO DE CONSOLIDAÇÃO DAS PRINCIPAIS  
CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DO SISTEMA CANTAREIRA**

***Relatório Final***

*Outubro de 2009 – V 3.0*



sabesp

**HDRO**

ENGENHEIROS CONSULTORES LTDA.

## ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO E OBJETIVO</b> .....	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>DESCRIÇÃO DO SISTEMA CANTAREIRA</b> .....	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>LEVANTAMENTOS DE DADOS</b> .....	<b>6</b>
3.1	LEVANTAMENTOS TOPOBATIMÉTRICOS DOS RESERVATÓRIOS .....	6
3.2	LEVANTAMENTOS DE CAMPO DOS APROVEITAMENTOS .....	7
3.3	LEVANTAMENTOS TOPOBATIMÉTRICOS DOS RIOS .....	11
3.4	DESENHOS “AS BUILT” .....	12
3.5	RELATÓRIOS DE ENSAIOS EM MODELO REDUZIDO .....	14
<b>4.</b>	<b>ANÁLISE CRÍTICA DOS DADOS</b> .....	<b>16</b>
<b>5.</b>	<b>ANÁLISE COMPARATIVA</b> .....	<b>22</b>
5.1	APROVEITAMENTO JAGUARI-JACAREÍ .....	22
5.2	APROVEITAMENTO CACHOEIRA .....	26
5.3	APROVEITAMENTO ATIBAINHA .....	29
5.4	APROVEITAMENTO PAIVA CASTRO (JUQUERI) .....	32
5.5	TÚNEL 7 .....	37
5.6	TÚNEL 6 .....	37
5.7	TÚNEL 5 .....	38
5.8	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE SANTA INÊS .....	38
5.9	RESUMO DOS DADOS DOS APROVEITAMENTOS .....	39
<b>6.</b>	<b>CONSOLIDAÇÃO DOS DADOS</b> .....	<b>40</b>
6.1	APROVEITAMENTO JAGUARI-JACAREÍ .....	40
6.2	APROVEITAMENTO CACHOEIRA .....	46
6.3	APROVEITAMENTO ATIBAINHA .....	55
6.4	APROVEITAMENTO PAIVA CASTRO (BARRAGEM DO JUQUERI) .....	64
6.5	TÚNEL 7 .....	71
6.6	TÚNEL 6 .....	75
6.7	TÚNEL 5 .....	78
<b>7.</b>	<b>COMENTÁRIOS FINAIS</b> .....	<b>81</b>
	<b>ANEXO I – DESENHOS “AS BUILT”</b> .....	<b>83</b>

## 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVO

---

O Sistema Cantareira foi implantado a partir de 1965 e concluído em 1977. Os dados básicos do Sistema Cantareira foram consolidados no documento “Data Oper – Sistema Cantareira” elaborado pela JNS para a SABESP. Nestes 44 anos de início das obras houve importantes avanços tecnológicos nas áreas de levantamentos topográficos e batimétricos. Também nestes 32 anos de operação do Sistema Cantareira em última adição pode ter ocorrido modificações no volume dos reservatórios decorrentes de assoreamento.

Em 2004 foi renovada a outorga do direito de uso das águas do Sistema Produtor do Cantareira representado através da seguinte base legal:

- Resolução ANA nº 429 de 04 de agosto de 2004 que delega competência e define os critérios e procedimentos para a outorga do direito de uso dos recursos hídricos de domínio da União no âmbito das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá;
- Resolução Conjunta ANA-DAEE nº 428 de 04 de agosto de 2004 que dispõe sobre as condições de operação dos reservatórios Jaguari-Jacareí, Cachoeira e Atibainha, localizados na bacia do rio Piracicaba, pertencentes ao Sistema Cantareira;
- Portaria DAEE nº 1213 de 06 de agosto de 2004 que estabelece a outorga para a SABESP.

Este processo de renovação da outorga do Sistema Cantareira alterou suas regras operacionais e requereu uma revisão e consolidação das principais características físicas e operacionais das suas estruturas hidráulicas.

O trabalho de consolidação das principais características físicas e operacionais das estruturas hidráulicas e dos reservatórios dos aproveitamentos do Sistema Cantareira teve como base:

- os dados publicados no Data Oper;
- os levantamentos cadastrais topográficos atualizados, incluindo as barragens e as estruturas hidráulicas;
- os levantamentos atualizados das curvas cota x área x volume dos reservatórios;
- os relatórios que apresentam os resultados dos ensaios em modelo reduzido.

O objetivo deste relatório é apresentar a consolidação das principais características físicas e operacionais das estruturas hidráulicas e dos reservatórios dos aproveitamentos do Sistema Cantareira.

## 2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA CANTAREIRA

---

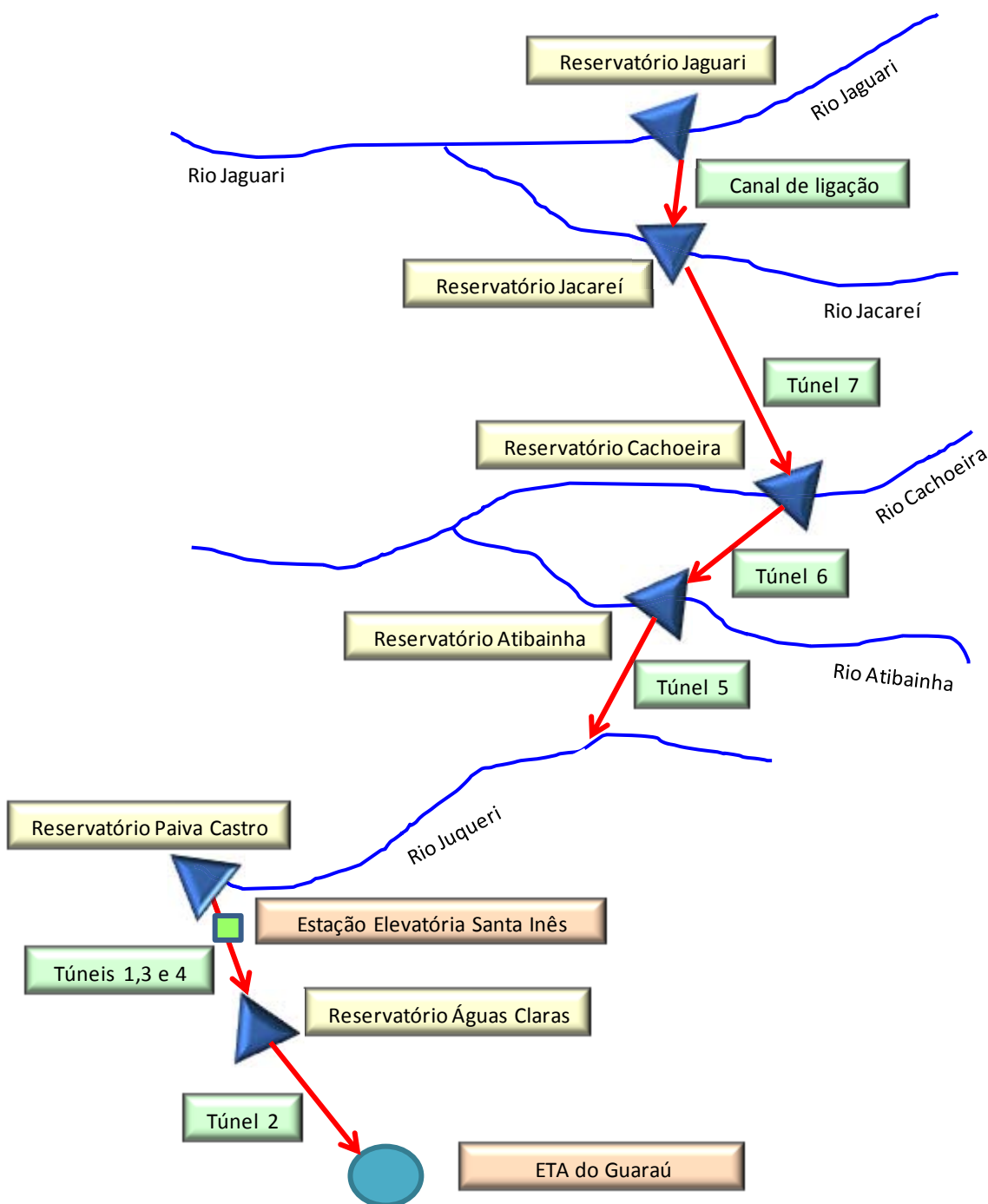
O sistema Cantareira resume-se na transposição das águas do Alto rio Piracicaba para a bacia do Alto rio Tietê, representando o principal manancial de abastecimento da RMSP, tanto em termos de quantidade como de qualidade. Esta transposição é composta pelos reservatórios de Jaguari-Jacareí, Cachoeira, Atibainha e Juqueri (Paiva Castro), interligados através de túneis e canais, que deságuam no reservatório de Águas Claras para alimentar a ETA Guaraú.

As águas transpostas da bacia do rio Piracicaba para a bacia do Alto Tietê são recebidas através do rio Juqueri, escoando em leito natural até o reservatório Juqueri (Paiva Castro) e, através do bombeamento na estação elevatória de Santa Inês, atinge o reservatório de Águas Claras. Deste reservatório, por gravidade, atinge a Estação de Tratamento de Água do Guaraú e, então, é distribuída para a Grande São Paulo. O desenho “Área de Abrangência dos Aproveitamentos do Sistema Cantareira” apresenta as bacias hidrográficas de cada aproveitamento e os principais rios.

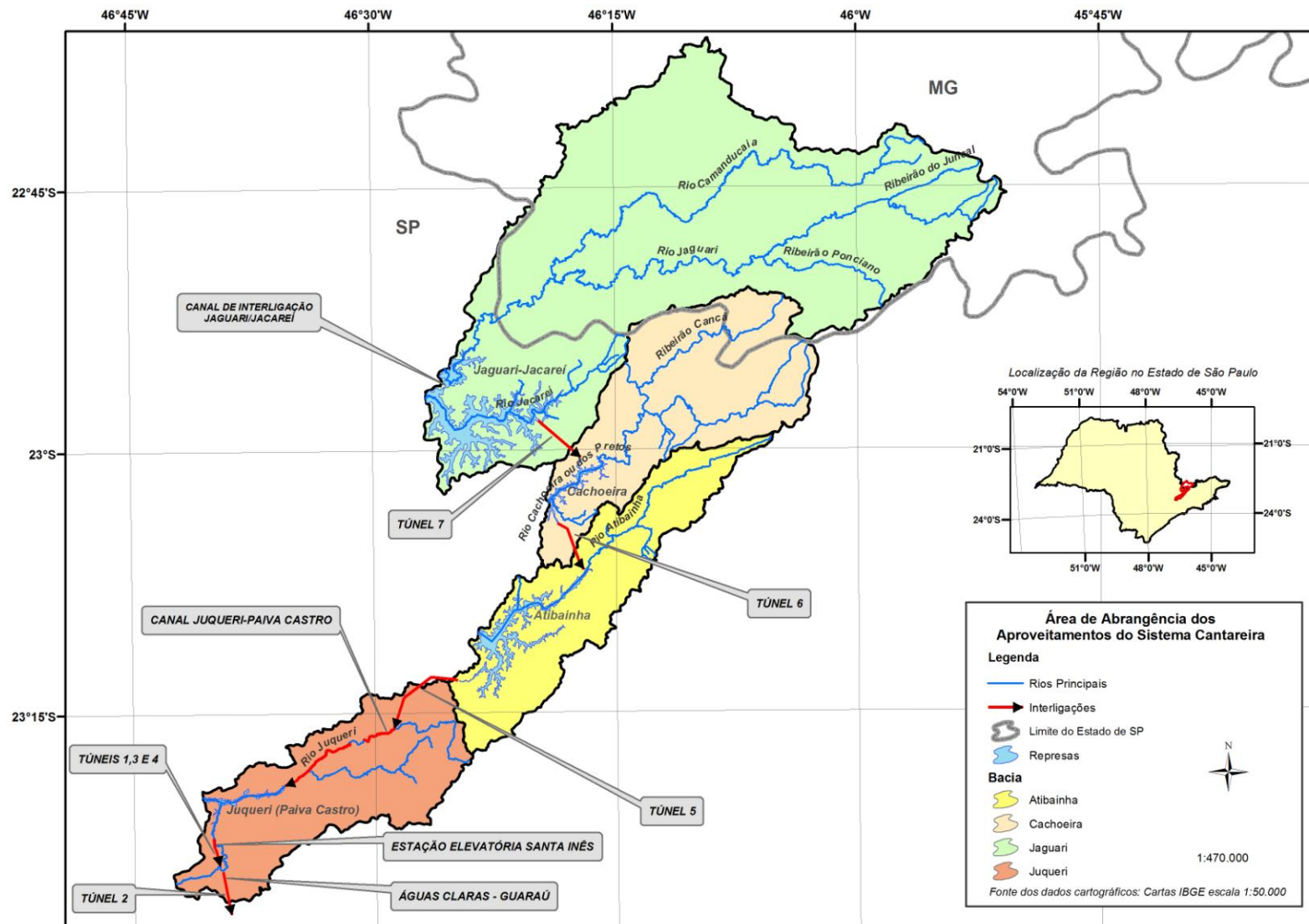
Na bacia do rio Piracicaba localizam-se os reservatórios Jaguari-Jacareí, conectados através de um canal, Cachoeira e Atibainha, projetados para regularizar 31 m<sup>3</sup>/s e, simultaneamente, possibilitar a garantia no rio Piracicaba de vazões de 15 m<sup>3</sup>/s na cidade de Paulínia e 40 m<sup>3</sup>/s na cidade de Piracicaba, com vazões mínimas efluentes de 1,0 m<sup>3</sup>/s em cada um dos reservatórios do Jaguari e Atibainha e, 2,0 m<sup>3</sup>/s do reservatório de Cachoeira. Este montante, acrescido de 2,0 m<sup>3</sup>/s regularizados pelo reservatório Paiva Castro na bacia do rio Juqueri, completam 33,0 m<sup>3</sup>/s originalmente destinados ao abastecimento da RMSP. A outorga de 2004 alterou as regras operacionais originais utilizando do conceito de curvas de aversão ao risco e estabelecendo vazões de retirada do Sistema Cantareira para a RMSP e a bacia do rio Piracicaba em função do mês e do volume disponível.

A Figura 1 apresenta o Sistema Cantareira de forma esquemática. O reservatório Jaguari está interligado ao reservatório Jacareí por um canal de ligação. Este conjunto funciona como um reservatório único ou equivalente. A interligação deste conjunto ao reservatório Cachoeira é através do túnel 7. O reservatório Cachoeira está interligado ao reservatório Atibainha através do túnel 6. O reservatório Atibainha é interligado ao Juqueri (Paiva Castro) através do túnel 5. A interligação do reservatório Juqueri (Paiva Castro) ao reservatório Águas Claras é feita através dos túneis 1, 3 e 4. Finalmente o túnel 2 interliga o reservatório de Águas Claras à ETA Guaraú.

**FIGURA 1 -- REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO SISTEMA CANTAREIRA**



## DESENHO – ÁREA DE ABRANGÊNCIA DOS APROVEITAMENTOS DO SISTEMA CANTAREIRA



### **3. LEVANTAMENTOS DE DADOS**

---

Neste item são apresentados os levantamentos cadastrais topográficos das estruturas hidráulicas dos aproveitamentos do Sistema Cantareira, os levantamentos topobatimétricos dos reservatórios e dos rios no trecho a jusante das barragens, os desenhos “As Built” obtidos e os relatórios dos ensaios em modelo reduzido.

#### **3.1 LEVANTAMENTOS TOPOBATIMÉTRICOS DOS RESERVATÓRIOS**

Os levantamentos topobatimétricos dos reservatórios foram contratados pela SABESP e executados pela empresa Azimute Engenheiros Consultores S/C Ltda.

O levantamento batimétrico foi realizado ao longo de cada reservatório, executando-se linhas de sondagem batimétricas longitudinais, aproximadamente ao meio e ao longo do eixo do canal principal do reservatório e de cada braço secundário. A partir de cada uma dessas seções longitudinais foram realizadas seções batimétricas transversais, paralelas e afastadas entre si de 50 metros, de margem a margem, de maneira a obter o recobrimento por completo do leito de cada reservatório, visando ao mapeamento preciso da topografia de fundo.

Os dados coletados do levantamento batimétrico foram consistidos e organizados. Com base nas profundidades resultantes foram gerados os arquivos XYZ de cada uma das áreas levantadas, contendo os valores de coordenadas em X (coordenada UTM E), em Y (coordenada UTM N) e Z (profundidade, em metros).

As profundidades Z dos arquivos gerados foram transformadas em cotas batimétricas subtraindo-se cada profundidade selecionada da cota do NA do dia do levantamento. Desta forma foi obtido o arquivo XYZ final, onde Z corresponderá à cota do leito do reservatório. Estes arquivos XYZ finais são as bases dos dados do levantamento batimétrico a serem integrados aos arquivos XYZ oriundos do mapeamento digital a laser aerotransportado, resultante dos levantamentos planialtimétricos dos reservatórios. Estes arquivos constituíram a base de dados para a produção das plantas digitais de cotas e de curvas de nível que permitiram gerar o modelo digital do terreno (MDT). A partir do MDT foram calculadas as áreas e os volumes dos reservatórios deste o fundo até as cotas superiores com espaçamento de 1 m.

A seguir são identificados os arquivos digitais com os desenhos em AutoCad (\*.dwg) dos levantamentos topobatimétricos dos reservatórios:

- Reservatório Jaguari/Jacareí – Arquivo BAT-15607-02-A – contém 17 folhas de desenhos na escala 1:2.000;
- Reservatório Jaguari/Jacareí – Arquivo BAT-15607-08-A – contém um desenho com as seções topobatimétricas do reservatório e os pontos com as cotas utilizadas para a geração do MDT;

- Reservatório Jaguari/Jacareí – Arquivo LPA-15607-37-A – contém as curvas de nível com equidistância de 1 m do reservatório geradas a partir das seções topobatimétricas do reservatório com as respectivas cotas;
- Reservatório Cachoeira – Arquivo BAT-15607-01-A – contém 18 folhas de desenho, escala 1:2.000;
- Reservatório Cachoeira – Arquivo BAT-15607-04-A – contém 17 folhas de desenhos, com levantamento batimétricos de pontos de níveis, escala 1:2.000.
- Reservatório Cachoeira – Arquivo BAT-15607-04-B – contém um desenho com as seções topobatimétricas do reservatório e os pontos com as cotas utilizadas para a geração do MDT;
- Reservatório Cachoeira – Arquivo LPA-15607-28-C – contém as curvas de nível com equidistância de 1 m do reservatório geradas a partir das seções topobatimétricas do reservatório com as respectivas cotas;
- Reservatório Atibainha – Arquivo BAT-15607-09-A – contém um desenho com as seções topobatimétricas do reservatório e os pontos com as cotas utilizadas para a geração do MDT;
- Reservatório Atibainha – Arquivo LPA-15607-38-A – contém as curvas de nível com equidistância de 1 m do reservatório geradas a partir das seções topobatimétricas do reservatório com as respectivas cotas;
- Reservatório Juqueri na barragem Paiva Castro – Arquivo BAT-15607-05-B – contém um desenho com as seções topobatimétricas do reservatório e os pontos com as cotas utilizadas para a geração do MDT;
- Reservatório Juqueri na barragem Paiva Castro – Arquivo LPA-15607-36-B – contém as curvas de nível com equidistância de 1 m do reservatório geradas a partir das seções topobatimétricas do reservatório com as respectivas cotas.

### 3.2 LEVANTAMENTOS DE CAMPO DOS APROVEITAMENTOS

Os levantamentos planialtimétricos dos aproveitamentos foram realizados pela empresa Azimute Engenheiros Consultores S/C Ltda. Os trabalhos foram complementados pela SABESP para o levantamento cadastral dos barramentos do Sistema Cantareira para a determinação das cotas e dimensões das barragens e das principais estruturas hidráulicas.

Foram disponibilizados arquivos digitais com os desenhos em AutoCad (\*.dwg) dos levantamentos planialtimétricos realizados. A seguir são apresentadas as identificações (nome, número e conteúdo) dos desenhos fornecidos.

No **aproveitamento Atibainha** foram apresentados os seguintes levantamentos planialtimétricos:

- Emboque do Túnel 5 – desenho nº LPA 15-607-09-B. Arquivo LPA 15-607-09-B.dwg;
- Emboque do Túnel 5, represa Atibainha – desenho nº LPA 15-607-09-D. Arquivo LPA 15-607-09-D.dwg;

- Barragem Atibainha – desenho nº LPA 15-607-10-B. Arquivo LPA 15-607-10-B.dwg;
- Crista do vertedor Tulipa e descarga de fundo – desenho nº LPA 15-607-10-E. Arquivo LPA 15-607-10-E.dwg;
- Desemboque do Túnel 6 e vertedor de medição da represa Atibainha – desenho nº LPA 15-607-23-C. Arquivo LPA 15-607-23-C.dwg;
- Desemboque do Túnel 6 e vertedor de medição da represa Atibainha – desenho nº LPA 15-607-23-D. Arquivo LPA 15-607-23-D.dwg;
- Vertedor Tulipa, represa Atibainha – desenho nº LPA 15-607-24-B. Arquivo LPA 15-607-24-B.dwg;
- Descarga de fundo, represa Atibainha – desenho nº LPA 15-607-25-B. Arquivo LPA 15-607-25-B.dwg;
- Desemboque do Túnel 5, represa Atibainha – desenho nº LPA 15-607-26-A. Arquivo LPA 15-607-26-B.dwg;
- Vertedor de medição do Túnel 5, represa Atibainha – desenho nº LPA 15-607-27-B. Arquivo LPA 15-607-27-B.dwg;

No **aproveitamento Cachoeira** foram apresentados os seguintes levantamentos planialtimétricos:

- Emboque do Túnel 6, represa Cachoeira – desenho nº LPA 15-607-01-D. Arquivo LPA 15-607-01-D\_emboque tunel 6 Cachoeira.dwg;
- Emboque do Túnel 6, represa Cachoeira – desenho nº LPA 15-607-01-E. Arquivo LPA 15-607-01-E\_emboque tunel 6\_Cachoeira.dwg;
- Barragem, Vertedor Tulipa e descarga de fundo, represa Cachoeira – desenho nº LPA 15-607-02-D. Arquivo LPA 15-607-02-D.dwg;
- Barragem, Vertedor Tulipa e descarga de fundo, represa Cachoeira – desenho nº LPA 15-607-02-E. Arquivo LPA 15-607-02-E.dwg;
- Desemboque do Túnel 7, represa Cachoeira – desenho nº LPA 15-607-04-C. Arquivo LPA 15-607-04-C.dwg;
- Desemboque do Túnel 7, represa Cachoeira – desenho nº LPA 15-607-04-D. Arquivo LPA 15-607-04-D.dwg.

No **aproveitamento Jacareí** foram apresentados os seguintes levantamentos planialtimétricos:

- Emboque do Túnel 7 – desenho nº LPA 15-607-05-C. Arquivo LPA 15-607-05-C.dwg;
- Emboque do Túnel 7 – desenho nº LPA 15-607-05-D. Arquivo LPA 15-607-05-D.dwg;
- Represa do rio Jacareí – desenho nº LPA 15-607-06-D. Arquivo LPA 15-607-06-D.dwg;
- Barragem da Represa do rio Jacareí – desenho nº LPA 15-607-06-E. Arquivo LPA 15-607-06-E.dwg;

- Descarga de fundo do rio Jacareí, Represa do rio Jacareí – desenho nº LPA 15-607-14-B. Arquivo LPA 15-607-14-B.dwg;

No **aproveitamento Jaguari** foram apresentados os seguintes levantamentos planialtimétricos:

- Represa Jaguari – desenho nº LPA 15-607-07-C. Arquivo LPA 15-607-07-C.dwg;
- Barragem da Represa Jaguari e descarga de fundo – desenho nº LPA 15-607-07-E. Arquivo LPA 15-607-07-E.dwg;
- Canal Jaguari-Jacareí, represa Jaguari – desenho nº LPA 15-607-08-B. Arquivo LPA 15-607-08-B.dwg;
- Canal Jaguari-Jacareí, represa Jaguari – desenho nº LPA 15-607-08-D. Arquivo LPA 15-607-08-D.dwg;
- Crista do vertedor Creager, represa do rio Jaguari – desenho nº LPA 15-607-13-B. Arquivo LPA 15-607-13-B.dwg;
- Descarga de fundo, represa Jaguari – desenho nº LPA 15-607-21-B. Arquivo LPA 15-607-21-B.dwg.

No **aproveitamento Juqueri** (Paiva Castro) foram apresentados os seguintes levantamentos planialtimétricos:

- Barragem Cascata, Represa Paiva Castro – desenho nº LPA 15-607-12-B. Arquivo LPA 15-607-12-B.dwg;
- Barragem Cascata – desenho nº LPA 15-607-12-D. Arquivo LPA 15-607-12-D.dwg;
- Emboque Túnel 3, Represa Paulo de Paiva Castro – desenho nº LPA 15-607-15-B. Arquivo LPA 15-607-15-B.dwg;
- Emboque Túnel 3, Represa Paiva Castro – desenho nº LPA 15-607-15-D. Arquivo LPA 15-607-15-D.dwg;
- Entrada do Duto de Recalque da ESI, Represa Paulo de Paiva Castro – desenho nº LPA 15-607-16-B. Arquivo LPA 15-607-16-B.dwg;
- Acesso para o conjunto de moto-bombas da ESI, Represa Paiva Castro – desenho nº LPA 15-607-16-D. Arquivo LPA 15-607-16-D.dwg;
- Saída do Duto de Recalque da ESI, Represa Paulo de Paiva Castro – desenho nº LPA 15-607-17-B. Arquivo LPA 15-607-17-B.dwg;
- Saída do Duto de Recalque da ESI, Represa Paulo de Paiva Castro – desenho nº LPA 15-607-17-D. Arquivo LPA 15-607-17-D.dwg;
- Represa Paiva Castro – desenho nº LPA 15-607-20-A. Arquivo LPA 15-607-20-B.dwg;
- Barragem Paiva Castro, dique fusível, descarga de fundo e vertedor Creager – desenho nº LPA 15-607-20-C. Arquivo LPA 15-607-20-C.dwg;
- Desemboque do Túnel 5, canal do rio Juqueri – desenho nº LPA 15-607-27-D. Arquivo LPA 15-607-27-D.dwg;

- Emboque do Túnel 4, represa Paiva Castro – desenho nº LPA 15-607-30-A. Arquivo LPA 15-607-30-A.dwg;

A equipe de topografia da SABESP realizou o levantamento cadastral dos barramentos do Sistema Cantareira para a determinação das cotas da barragem e das principais estruturas hidráulicas. Em todos os levantamentos foi utilizado o Datum SAD 69 e marégrafo de Imbituba. O levantamento foi fornecido em planilha Excel (arquivo: Planilhas com levantamento Estrut Hidr.xls). Este arquivo possui os seguintes levantamentos:

- No aproveitamento Jaguari:
  - Cota do eixo da válvula dissipadora descarregador de fundo, em 24/06/2009;
  - Cota do piso da galeria do descarregador de fundo, em 24/06/2009;
  - Cota de coroamento da barragem, em 24/06/2009;
  - Cota da soleira (piso) galeria descarregador de fundo, em 24/06/2009;
  - Cota da soleira do vertedouro, em maio de 2009.
- No aproveitamento Cachoeira:
  - Cota de coroamento da barragem, em 24/06/2009;
  - Cota da crista do vertedouro Tulipa, em 24/06/2009;
- No aproveitamento Atibainha:
  - Cota de coroamento da barragem, em 24/06/2009;
  - Cota da crista do vertedouro Tulipa, em 24/06/2009;
- No aproveitamento Paiva castro (Juqueri):
  - Cota de coroamento da barragem, em 26/06/2009;
  - Cota da soleira - Dique fusível-Barragem Paiva Castro, em 26/06/2009;
  - Cota da crista do vertedor do descarregador principal, em 26/06/2009;
  - Cotas do eixo da válvula borboleta e do piso da caixa, em 26/06/2009.

Além disso, a SABESP fez os levantamentos topográficos das principais dimensões das estruturas hidráulicas incluindo largura, altura e diâmetro. Estes levantamentos incluíram:

- aproveitamento Jaguari:
  - largura e altura dos vãos do vertedor de superfície tipo Creager;
- aproveitamento Paiva Castro (Juqueri):
  - largura e altura do vertedor de superfície principal;
  - largura e altura do vertedor de emergência fusível I;
  - largura e altura do vertedor de emergência fusível II;
  - diâmetros das válvulas borboleta e esfera do descarregador de fundo principal;

- Túnel 6:
  - dimensões da abertura da comporta, largura e altura da tomada d'água no emboque do túnel.
- Túnel 5:
  - dimensões da abertura da comporta, largura e altura da tomada d'água no emboque do túnel.

Para as demais estruturas hidráulicas os levantamentos das dimensões não foram realizados em função das dificuldades de acesso aos locais e/ou falta de segurança.

### 3.3 LEVANTAMENTOS TOPOBATIMÉTRICOS DOS RIOS

Os levantamentos topobatimétricos das seções transversais dos rios Jacareí, Jaguari, Atibainha, Cachoeira e Juqueri foram contratados pela SABESP e executados pela empresa ERBE Engenharia e Agrimensura Ltda. Os levantamentos foram disponibilizados em arquivos digitais com os desenhos em AutoCad (\*.dwg). A seguir são relacionados os arquivos disponibilizados e o número de seções levantadas em cada rio.

No **rio Jacareí** foram levantadas 6 seções topobatimétricas os arquivos (\*.dwg) são individuais e identificados por:

- Localização das seções Topobatimétricas nos rios Jaguari e Jacareí – apresenta a localização das seções topobatimétricas dos rios Jacareí e Jaguari;
- JACS1-345 – apresenta o levantamento topobatimétrico da seção JAC – 1;
- JACS2-346 – apresenta o levantamento topobatimétrico da seção JAC – 2;
- JACS3-347 – apresenta o levantamento topobatimétrico da seção JAC – 3;
- JACS4-348 – apresenta o levantamento topobatimétrico da seção JAC – 4;
- JACS5-349 – apresenta o levantamento topobatimétrico da seção JAC – 5;
- JACS6-350 – apresenta o levantamento topobatimétrico da seção JAC – 6;

No **rio Jaguari** foram levantadas 20 seções topobatimétricas os arquivos (\*.dwg) são individuais e identificados por:

- JAGS1-325 – apresenta o levantamento topobatimétrico da seção JAG – 1;
- JAGS2-326 – apresenta o levantamento topobatimétrico da seção JAG – 2;
- JAGS3-327 – apresenta o levantamento topobatimétrico da seção JAG – 3;
- JAGS4-328 – apresenta o levantamento topobatimétrico da seção JAG – 4;
- JAGS5-329 – apresenta o levantamento topobatimétrico da seção JAG – 5;
- JAGS6-330 – apresenta o levantamento topobatimétrico da seção JAG – 6;
- JAGS7-331 – apresenta o levantamento topobatimétrico da seção JAG – 7;
- JAGS8-332 – apresenta o levantamento topobatimétrico da seção JAG – 8;

- JAGS9-333 – apresenta o levantamento topobatimétrico da seção JAG – 9;
- JAGS10-334 – apresenta o levantamento topobatimétrico da seção JAG – 10;
- JAGS11-335 – apresenta o levantamento topobatimétrico da seção JAG – 11;
- JAGS12-336 – apresenta o levantamento topobatimétrico da seção JAG – 12;
- JAGS13-337 – apresenta o levantamento topobatimétrico da seção JAG – 13;
- JAGS14-338 – apresenta o levantamento topobatimétrico da seção JAG – 14;
- JAGS15-339 – apresenta o levantamento topobatimétrico da seção JAG – 15;
- JAGS16-340 – apresenta o levantamento topobatimétrico da seção JAG – 16;
- JAGS17-341 – apresenta o levantamento topobatimétrico da seção JAG – 17;
- JAGS18-342 – apresenta o levantamento topobatimétrico da seção JAG – 18;
- JAGS19-343 – apresenta o levantamento topobatimétrico da seção JAG – 19;
- JAGS20-344 – apresenta o levantamento topobatimétrico da seção JAG – 20;

No **rio Atibainha** foram levantadas 7 seções apresentadas em um único arquivo:

- Localização das seções Topobatimétricas no rio Atibainha – apresenta a localização das seções topobatimétricas do rio Atibainha;
- Seções Transversais Rio Atibainha\_Nazaré Paulista (ERBE-1738-09).

No **rio Cachoeira** foram levantadas 13 seções apresentadas em um único arquivo:

- Localização das seções Topobatimétricas no rio Cachoeira - apresenta a localização das seções topobatimétricas do rio Cachoeira;
- Seções\_Reservatório Cachoeira-Rev1 – apresenta o levantamento topobatimétrico de 13 seções no rio Cachoeira;

No **rio Juqueri** foram levantadas 8 seções topobatimétricas apresentadas em um único arquivo (\*.dwg):

- Localização das seções Topobatimétricas no rio Juqueri - apresenta a localização das seções topobatimétricas do rio Juqueri;
- Seções \_Paiva Castro-Rev1 (ERBE-1710-09);
- Pontes do rio Juqueri.

### 3.4 DESENHOS “AS BUILT”

Os desenhos “As Built” existentes foram utilizados na análise das dimensões das estruturas hidráulicas para cada reservatório do Sistema Cantareira. Os arquivos com os desenhos foram disponibilizados no formato (\*.tiff). A seguir são relacionados os desenhos obtidos e onde são identificadas as medidas das estruturas:

- “As Built” Nº 1260-021-B009 - Revisão A - Descarregador de fundo – Barragem Jaguari, tramo, TGI-formas, plantas, cortes, vista e detalhe – Sistema Produtor Cantareira – Etapa Jaguari. Executado por Promon Engenharia S.A. Deste desenho foi retirada a cota do eixo das válvulas do descarregador de fundo (797,33 m);
- “As Built” Nº 1260-016-B010 – Revisão B – Aterro do Maciço – cortes e detalhes – várzea – Projeto Executivo – Barragem Jaguari. Executado por Promon Engenharia S.A. Deste desenho foram retirados os NA mínimo (822,00 m), máximo normal (844,00 m) e a cota de coroamento da barragem (847,00), corte B, escala 1:500;
- “As Built” Nº 1260-021-B020 - Revisão C – Vertedouro, formas e detalhes - Sistema Produtor Cantareira – Etapa Jaguari. Executado por Promon Engenharia S.A. Deste desenho foi retirada a cota da crista do vertedor de superfície (835,00 m) indicada no corte A, escala 1:100;
- “As Built” Nº 1230-011-B005 – Barragem do rio Cachoeira – Projeto Executivo do Vertedouro Tulipa. Executado por Hidroservice Engenharia de Projetos Ltda. Deste desenho foram obtidos a cota da crista do vertedouro Tulipa (821,78 m) e a cota da soleira da tomada d’água (808,00 m), na escala 1:100. Cabe ressaltar que não há certeza que este desenho seja “As Built”;
- “As Built” Nº 1190-011-B001 – Barragem do rio Atibainha – Projeto Executivo do Vertedouro Tulipa. Executado por Hidroservice Engenharia de Projetos Ltda. Deste desenho foram obtidos a cota da crista do vertedouro Tulipa (786,87 m) e a cota da soleira da tomada d’água (774,27 m), na escala 1:100;
- “As Built” Nº 1010-010-C001 – Barragem Juqueri – Acabamento da Crista. Deste desenho foi retirada a cota de coroamento da barragem (750,00 m).

As figuras com os desenhos relacionados são apresentadas no Anexo I.

### 3.5 RELATÓRIOS DE ENSAIOS EM MODELO REDUZIDO

Os relatórios técnicos de ensaios em modelo reduzido foram utilizados para a verificação das dimensões e das condições operacionais das estruturas hidráulicas ensaiadas. Os relatórios foram obtidos na biblioteca do Centro Tecnológico de Hidráulica, CTH do Departamento de Águas e Energia Elétrica. A seguir são relacionados os relatórios e informadas quais as medidas foram obtidas:

- Relatório Etapa Jaguari (Sistema Cantareira): modelo tridimensional da barragem do rio Jaguari: relatório final, interessado: SABESP/ pelo CTH – São Paulo, dezembro de 1978. Volume 1. Deste relatório foi obtida a seguinte informação:
  - Curva de descarga do vertedor de superfície para a condição de comportas totalmente abertas. Tabela nº 1.
- Relatório Etapa Jaguari (Sistema Cantareira): modelo tridimensional da barragem do rio Jaguari: relatório final, interessado: SABESP/ pelo CTH – São Paulo, dezembro de 1978. Volume 2. Deste relatório foram obtidas as seguintes informações:
  - cota da crista do vertedor de superfície (835,00 m) obtido do desenho 326/78;
  - cota de coroamento da barragem (847,00 m) obtido da planta geral do modelo desenho 322/78;
  - curvas de descarga do vertedor de superfície, desenho n ° 327/78.
- Relatório Etapa Jaguari (Sistema Cantareira): modelo dos descarregadores de fundo das barragens dos rios Jaguari e Jacaréí. / pelo CTH – São Paulo, dezembro de 1978. Volume 1: Barragem do Jacaréí;
- Relatório Etapa Jaguari (Sistema Cantareira): modelo dos descarregadores de fundo das barragens dos rios Jaguari e Jacaréí. / pelo CTH – São Paulo, dezembro de 1978. Volume 2: Barragem do Jaguari. Deste relatório foram obtidas as seguintes informações:
  - cota do eixo das válvulas (descarregador de fundo) (797,05 m) valor retirado do desenho 308/78;
  - curvas de descarga do vertedor do descarregador de fundo, desenho n ° 309/78.
- Relatório Estudo em Modelo Reduzido da Barragem do Cachoeira – Relatório Global. Maio de 1971. Laboratório de Hidráulica – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Águas e Energia Elétrica. Deste relatório foram obtidas as seguintes informações:
  - Os NA máximo normal (821,50 m) e NA mínimo (813,00 m) do reservatório foram obtidos da página 4 do relatório;
  - A cota da crista do vertedor Tulipa (821,50 m) e a cota da soleira da tomada d'água (808,00 m) foram obtidas do desenho M.CA. 2-2 , nº 2918;
  - Curva de descarga da Tulipa II – Aerada , desenho MCA 2A-15, nº 3084.

- Relatório Estudo em Modelo Reduzido da Barragem de Atibainha – Relatório Global. Maio de 1971. Laboratório de Hidráulica – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Águas e Energia Elétrica. Deste relatório foram obtidas as seguintes informações:
  - Os NA máximo normal (787,00 m) e NA mínimo (781,00 m) do reservatório foram obtidos da página 4 do relatório;
  - A cota da crista do vertedor Tulipa (787,00 m) e a cota da soleira da tomada d'água (774,50 m) foram obtidas do desenho M.AT. 1-5 , nº 2887;
  - Curva de descarga da Tulipa II Aerada, desenho MAT 1A-17, nº3094.
  
- Relatório Estudo em Modelo Reduzido da Barragem do Juqueri. Maio de 1971. Laboratório de Hidráulica – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Águas e Energia Elétrica. Deste relatório foram obtidas as seguintes informações:
  - O NA máximo normal (747,00 m) do reservatório foi obtido da página 3 do relatório;
  - A cota da crista do vertedor Tulipa (739,00 m) e a curva de descarga do vertedor do descarregador principal foram obtidos do desenho M.J.- 3 , nº 2809.

## 4. ANÁLISE CRÍTICA DOS DADOS

A análise crítica dos dados teve como base inicial a comparação das cotas que representam as principais características operacionais de cada reservatório e dos órgãos extravasores (crista do vertedor, crista da barragem, NA mínimo normal e NA máximo normal). Esta comparação é apresentada em função dos dados obtidos dos seguintes documentos:

- relatórios de Ensaios dos Modelos Reduzidos, relacionados no item 3.5;
- “As Built”, desenhos do projeto executivo, indicados no item 3.4;
- Data Oper.

Após a análise comparativa das cotas fez-se o confronto das relações cota x descarga das estruturas de descarga apresentadas no Data Oper e as disponíveis nos relatórios dos ensaios em modelos reduzidos. Isto permite verificar se as condições operacionais das estruturas são as mesmas das utilizadas nos ensaios em modelo reduzido.

As Tabelas 1 a 4 apresentam as comparações das cotas para cada reservatório do sistema.

**TABELA 1 – COTAS PRINCIPAIS DO APROVEITAMENTO JAGUARI/JACAREÍ**

Reservatório Jaguari/Jacareí			
Cotas (m)	Modelo Reduzido	"As Built"	Data Oper
Cota da crista do vertedor de superfície	835,00 (a)	835,00 (d)	835,00 (?)
Cota do eixo das válvulas (descarregador de fundo)	797,05 (c)	797,33 (e)	799,02 (g)
Cota de coroamento da barragem	847,00 (b)	847,00	847,00
NA Mínimo Normal do reservatório	(*)	822,00 (f)	820,80
NA Máximo Normal do reservatório	(*)	844,00 (f)	844,00

(?) Cabe observar que a curva de descarga do vertedor apresentada na página 19 do Data Oper, está com a escala Y deslocada, o zero deveria estar na cota 835 m

(a) e (b) valores obtidos do desenho 326/78 e da planta geral do modelo desenho 322/78 do Relatório Etapa Jaguari (Sistema Cantareira): modelo tridimensional da barragem do rio Jaguari: relatório final, interessado: SABESP/ pelo CTH – São Paulo, dezembro de 1978. Volume 2

(c) valor retirado do desenho 308/78 (Relatório Etapa Jaguari (Sistema Cantareira): modelo dos descarregadores de fundo das barragens dos rios Jaguari e Jacareí. / pelo CTH – São Paulo, dezembro de 1978. Volume 2: Barragem do Jaguari)

(d) fonte: desenho As Built 1260-021-B020 Revisão C - Projeto Executivo Barragem Jaguari

(e) fonte: desenho As Built 1260-021-B009 Revisão A- Projeto Executivo Barragem Jaguari. Informação não indicada.

(f) fonte: desenho As Built 1260-016-B010 Revisão B- Projeto Executivo Barragem Jaguari.

(g) Informação identificada pela Sabesp no arquivo do levantamento de campo atualizado. Segundo a Sabesp a informação apresentada no Data Oper está trocada com a do Jacareí.

(\*) não informado

A Tabela 1 apresenta as cotas principais do reservatório Jaguari/Jacareí. A análise das cotas apresentadas permite fazer as seguintes considerações:

- Observa-se que não há diferença na cota da crista do vertedor. O confronto das curvas de descarga do vertedor de superfície apresentadas nos respectivos documentos<sup>1</sup> permite concluir que a curva de descarga apresentada no Data Oper (página 19), está com a escala das cotas deslocada de 1m. A crista do vertedor está na cota 835 m, segundo apresentado nos desenhos do Data Oper (página 19) e não 834 m, como está apresentado no gráfico da curva de descarga. Fazendo-se a correção da escala das cotas, conclui-se que as curvas de descarga apresentadas são iguais;
- Quanto à cota do eixo das válvulas do descarregador de fundo observa-se uma pequena diferença entre o documentado no relatório dos ensaios em modelo reduzido e “As Built”. No “As Built” observa-se uma diferença de 1,10 m superior em relação à medida obtida no Data Oper. Cabe observar que a forma das curvas de descargas do descarregador de fundo para as várias aberturas verificadas tanto no Data Oper (página 19) quanto no relatório dos ensaios dos modelos reduzidos<sup>2</sup> são iguais;
- Observa-se que as cotas dos NA mínimo apresentam diferença de 1,20 m. Não foram encontradas informações dos NA dos reservatórios no relatório dos ensaios dos modelos reduzidos.

**TABELA 2 – COTAS PRINCIPAIS DO APROVEITAMENTO CACHOEIRA**

Reservatório Cachoeira			
Cotas (m)	Modelo Reduzido	"As Built"	Data Oper
Cota da crista do vertedor Tulipa	821,50 (b)	821,78 (c)	821,78
Cota da soleira da tomada d'água com comporta plana quadrada	808,00 (b)	808,00 (c)	808,00
Cota de coroamento da barragem	(*)	(*)	827,28
NA Mínimo Normal do reservatório	813,00 (a)	(*)	811,16
NA Máximo Normal do reservatório	821,50 (a)	(*)	821,78

(a) retirado da p. 4 do Relatório Estudo em Modelo reduzido da Barragem de Cachoeira - Relatório Global - Maio de 1971

(b) retirado do desenho M.CA. 2-2 nº 2918 do Relatório Estudo em Modelo reduzido da Barragem de Cachoeira - Relatório Global -

(c) fonte: desenho As Built 1230-011-B005 - Projeto Executivo Vertedor Tulipa Barragem Cachoeira

(\*) não informado

A Tabela 2 apresenta as cotas principais do reservatório Cachoeira. A análise das cotas apresentadas permite fazer as seguintes considerações:

<sup>1</sup> Desenho nº 327/78 do Relatório Etapa Jaguari (Sistema Cantareira): modelo tridimensional da barragem do rio Jaguari: relatório final, interessado: SABESP/ pelo CTH – São Paulo, dezembro de 1978. Volume 2.

<sup>2</sup> Desenho nº 309/78 do Relatório Etapa Jaguari (Sistema Cantareira): modelo dos descarregadores de fundo das barragens dos rios Jaguari e Jacareí. / pelo CTH – São Paulo, dezembro de 1978. Volume 2: Barragem do Jaguari.

- As medidas da cota da crista do vertedor Tulipa encontradas no “As Built” e Data Oper são iguais. Observa-se uma diferença de 0,28 m na cota do modelo reduzido. O confronto das curvas de descarga do vertedor apresentadas nos respectivos documentos permite concluir que a curva de descarga apresentada no Data Oper (página 31) apresenta vazões inferiores à apresentada nos ensaios em modelo reduzido<sup>3</sup>;
- As cotas da soleira da tomada d’água são iguais. As curvas de descarga não puderam ser confrontadas, pois não foram apresentadas no relatório dos ensaios em modelo reduzido;
- A cota de coroamento da barragem não foi encontrada no relatório de ensaios em modelos reduzidos e “As Built”;
- O NA mínimo apresentado no relatório do modelo reduzido apresenta uma diferença de 1,84 m a mais em relação ao apresentado no Data Oper. Este dado não foi encontrado no “As Built” disponibilizado;
- O NA máximo normal apresentado no relatório dos ensaios em modelo reduzido tem uma diferença de 0,28 m a menos em relação ao apresentado no Data Oper.

**TABELA 3 – COTAS PRINCIPAIS DO APROVEITAMENTO ATIBAINHA**

Reservatório Atibainha			
Cotas (m)	Modelo Reduzido	"As Built"	Data Oper
Cota da crista do vertedor Tulipa	787,00 (b)	786,87 (c)	786,87
Cota da soleira da tomada d’água (descarga a jusante)	774,50 (b)	774,27 (c)	774,27
Cota de coroamento da barragem	(*)	(*)	791,00
NA Mínimo Normal do reservatório	781,00 (a)	(*)	781,67
NA Máximo Normal do reservatório	787,00 (a)	(*)	786,86

(a) fonte: Página 4 do Relatório Estudo em Modelo Reduzido da Barragem de Atibainha – Relatório Global. Maio de 1971. Laboratório de Hidráulica – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Águas e Energia Elétrica.

(b) fonte: Desenho MAT1-5 (2887) do Relatório Estudo em Modelo Reduzido da Barragem de Atibainha – Relatório Global. Maio de 1971. Laboratório de Hidráulica – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Águas e Energia Elétrica.

(c) fonte: desenho As Built 1190-011-B001 - Projeto Executivo Vertedor Tulipa Barragem Atibainha

(\*) não informado

A Tabela 3 apresenta as cotas principais do reservatório Atibainha. A análise das cotas apresentadas permite fazer as seguintes considerações:

- As medidas da cota da crista do vertedor Tulipa encontradas no “As Built” e Data Oper são iguais. Observa-se uma diferença de 0,13 m na cota do modelo reduzido. O confronto das

<sup>3</sup> Desenho MCA 2A-15, nº 3084 do Relatório Estudo em Modelo Reduzido da Barragem do Cachoeira – Relatório Global. Maio de 1971. Laboratório de Hidráulica – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Águas e Energia Elétrica.

curvas de descarga do vertedor apresentadas nos respectivos documentos fonte permite concluir que a curva de descarga apresentada no Data Oper (página 39) apresenta vazões inferiores à curva apresentada nos ensaios do modelo reduzido<sup>4</sup> até a cota 788,50 m. Para cotas superiores a este valor as vazões aumentam;

- As cotas da soleira da tomada d'água da descarga a jusante são iguais, com exceção da observada no modelo reduzido. As curvas de descarga não puderam ser confrontadas, pois não foram apresentadas no relatório dos ensaios em modelo reduzido;
- A cota de coroamento da barragem não foi encontrada no relatório de ensaios dos modelos reduzidos;
- O NA mínimo apresentado no relatório do modelo reduzido apresenta uma diferença de 0,67 m a menos em relação ao apresentado no Data Oper;
- O NA máximo normal apresentado no relatório do modelo reduzido tem uma diferença de 0,14 m a mais em relação ao apresentado no Data Oper.

**TABELA 4 – COTAS PRINCIPAIS DO APROVEITAMENTO PAIVA CASTRO (JUQUERI)**

Reservatório Paiva Castro (Juqueri)			
Cotas (m)	Modelo Reduzido	"As Built"	Data Oper
Cota da crista do vertedor (descarregador principal)	739,00 (a)	(*)	738,91
Cota do eixo da válvula borboleta do descarregador de fundo	(*)	(*)	734,20
Cota de coroamento da barragem	(*)	750,00 (c)	750,00
NA Mínimo Normal do reservatório	(*)	(*)	743,80
NA Máximo Normal do reservatório	747,00 (b)	(*)	745,61

(a) informação retirada do desenho M.J.-3 (no. 2809) do Relatório Estudo em Modelo reduzido da Barragem do Juqueri - Maio de 1969

(b) informação obtida da página 3 do Relatório Estudo em Modelo reduzido da Barragem do Juqueri - Maio de 1969

(c) fonte: desenho As Built 1010-010-C001 Projeto Executivo Sistema Cantareira Barragem Juqueri - Acabamento da

(\*) não informado

A Tabela 4 apresenta as cotas principais do reservatório Paiva Castro (Juqueri). A análise das cotas apresentadas permite fazer as seguintes considerações:

- Observa-se uma diferença de 0,09 m na cota da crista do vertedor entre o Data Oper e modelo reduzido. Não foi disponibilizado o “As Built” do descarregador principal. O

<sup>4</sup> Desenho MAT 1A-17, nº3094 do Relatório Estudo em Modelo Reduzido da Barragem de Atibainha – Relatório Global. Maio de 1971. Laboratório de Hidráulica – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Águas e Energia Elétrica.

confronto das curvas de descarga do vertedor apresentadas no Data Oper (página 51) e no relatório do modelo reduzido<sup>5</sup> permite concluir que as curvas apresentadas são iguais;

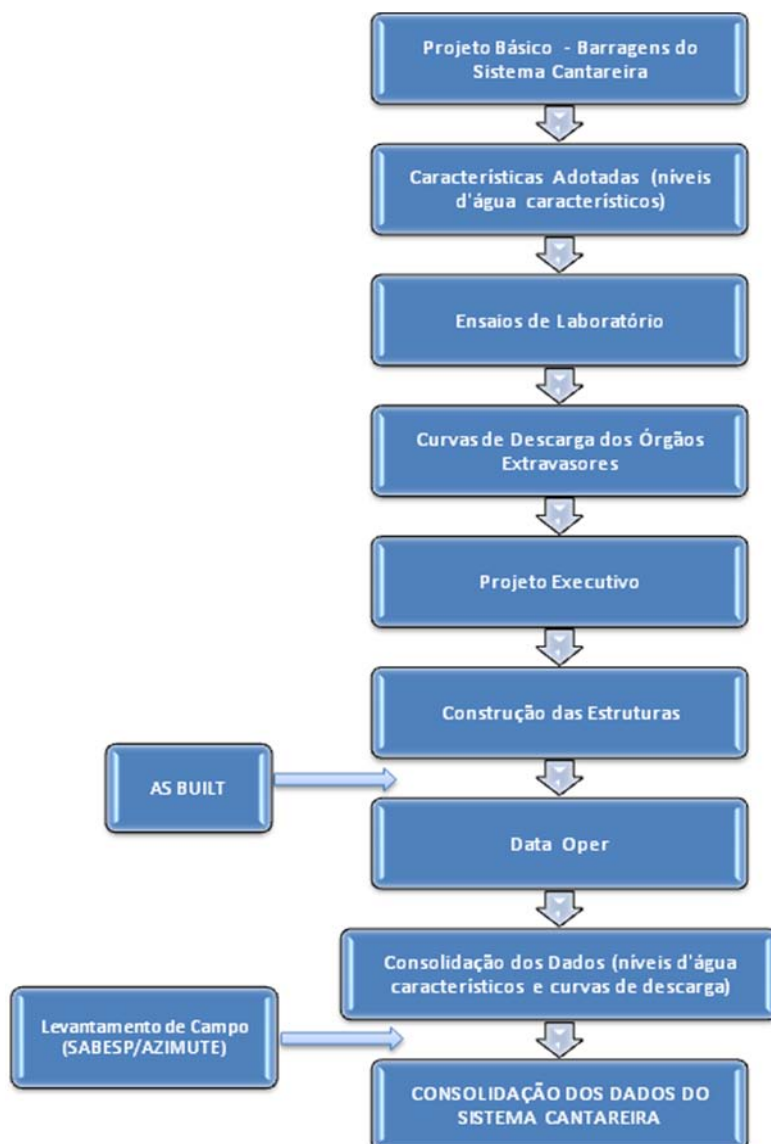
- Quanto à cota do eixo da válvula borboleta do descarregador de fundo não pode ser comparado, pois não foi encontrado no relatório de ensaios em modelo reduzido;
- A cota de coroamento da barragem no “As Built” e Data Oper são iguais. Este dado não foi encontrado no relatório de ensaio em modelo reduzido;
- O NA mínimo do reservatório não foi apresentado no relatório de ensaios em modelos reduzidos e “As Built”;
- Observa-se uma diferença de 1,39 m no NA máximo normal entre o modelo reduzido e Data Oper. Não foi disponibilizado “As Built” com esta informação.

A análise comparativa realizada nas cotas que representam as principais características operacionais dos reservatórios e dos órgãos extravasores (crista do vertedor, crista da barragem, NA mínimo e NA máximo), com base nos documentos disponibilizados, permite concluir que na maioria das análises as medidas apresentadas no Data Oper indicam o “As Built” para as principais medidas. Em linhas gerais a sequência de atividades desde o projeto básico até a consolidação dos dados do Sistema Cantareira pode ser representada pelo fluxograma apresentado na Figura 2.

---

<sup>5</sup> Desenho M.J.- 3 , nº 2809 do Relatório Estudo em Modelo Reduzido da Barragem do Juqueri. Maio de 1971. Laboratório de Hidráulica – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Águas e Energia Elétrica.

**FIGURA 2 – FLUXOGRAMA DAS PRINCIPAIS ATIVIDADES REALIZADAS DESDE O PROJETO BÁSICO ATÉ A CONSOLIDAÇÃO DOS DADOS DO SISTEMA CANTAREIRA**



Parte-se do pressuposto que os ensaios de laboratório foram executados adotando-se os níveis d'água característicos fornecidos no projeto básico. Como resultados dos ensaios foram obtidas as curvas de descarga dos órgãos extravasores. Após o projeto executivo e a construção das estruturas, houve um levantamento “As Built” para, posteriormente, serem consolidados no Data Oper.

O trabalho desenvolvido permitirá a consolidação dos dados dos níveis característicos dos reservatórios e das curvas de descarga dos órgãos extravasores principais com auxílio do levantamento de campo das principais medidas das estruturas e do confronto com as medidas documentadas nos relatórios dos ensaios em modelo reduzido e no Data Oper.

## 5. ANÁLISE COMPARATIVA

---

Visando a consolidação dos dados dos níveis característicos dos reservatórios e das curvas de descarga dos órgãos extravasores que representam as principais características operacionais dos reservatórios e das estruturas hidráulicas (crista do vertedor, crista da barragem, NA mínimo e NA máximo normal) a SABESP fez levantamentos de campo complementares nas estruturas da barragem dos aproveitamentos do Sistema Cantareira.

A consolidação inicial destes dados foi feita com base na comparação destas medidas obtidas das seguintes fontes:

- Relatórios de Ensaios dos Modelos Reduzidos, relacionados no item 3.4 e analisadas no item 4;
- “As Built”, desenhos do projeto executivo, indicados no item 3.3;
- Data Oper;
- Levantamentos de campo das cotas das estruturas hidráulicas dos reservatórios do Sistema Cantareira, realizados em 2009.

As comparações das medidas fornecidas pelas fontes mencionadas para os reservatórios do Sistema Cantareira foram feitas para as principais estruturas através de tabelas e figuras. Estas comparações permitirão fazer as análises e a consolidação das relações cota x descarga das estruturas hidráulicas.

Em síntese, os critérios utilizados para a consolidação das relações cota x vazão ou curvas de descarga são:

- comparação dos níveis característicos dos reservatórios baseando-se nas 4 fontes relacionadas acima, permitindo verificar as condições operacionais das estruturas de descarga existentes em relação às utilizadas nos ensaios em modelos reduzidos;
- com base na análise das condições operacionais e em função dos levantamentos de campo atualizados das cotas das estruturas pode-se verificar se as relações cota x descarga ou curvas de descarga pode ser mantida ou precisará ser revisada.

### 5.1 APROVEITAMENTO JAGUARI-JACAREÍ

A Tabela 5 apresenta as principais medidas das cotas e níveis do aproveitamento Jaguari/Jacareí de acordo com as fontes utilizadas. Cabe destacar que quando se fez necessário foram inseridas informações mais detalhadas sobre as medidas levantadas. A Tabela 6 apresenta as principais dimensões (largura e altura) do vertedor de superfície no aproveitamento Jaguari. As Figuras 3 a 5 apresentam, respectivamente, um corte vertical da barragem, do vertedor de superfície e do descarregador de fundo. Nas figuras estão em destaque na cor “azul” as medidas levantadas em campo e na cor “vermelho” as medidas corrigidas em decorrência dos levantamentos. Ressalta-

se que as medidas originais são apresentadas entre parênteses permitindo seu registro e a comparação.

**TABELA 5 – RESUMO DAS COTAS PRINCIPAIS DO APROVEITAMENTO JAGUARI/JACAREÍ**

Reservatório Jaguari/Jacareí				
Cotas (m)	Modelo Reduzido	"As Built"	Data Oper	Levantamento 2009
Cota da crista do vertedor de superfície	835,00 (a)	835,00 (d)	835,00 (?)	834,97 (h)
Cota do eixo das válvulas (descarregador de fundo)	797,05 (c)	797,33 (e)	799,02 (g)	797,07 (h)
Cota de coroamento da barragem	847,00 (b)	847,00	847,00	847,00 (h)
NA Mínimo Normal do reservatório	(*)	822,00 (f)	820,80	820,80 (i)
NA Máximo Normal do reservatório	(*)	844,00 (f)	844,00	844,00 (i)

(?) Cabe observar que a curva de descarga do vertedor apresentada na página 19 do Data Oper, está com a escala Y deslocada, o zero deveria estar na cota 835 m

(a) e (b) valores obtidos do desenho 326/78 e da planta geral do modelo desenho 322/78 do Relatório Etapa Jaguari (Sistema Cantareira): modelo tridimensional da barragem do rio Jaguari: relatório final, interessado: SABESP/ pelo CTH – São Paulo, dezembro de 1978. Volume 2

(c) valor retirado do desenho 308/78 (Relatório Etapa Jaguari (Sistema Cantareira): modelo dos descarregadores de fundo das barragens dos rios Jaguari e Jacareí. / pelo CTH – São Paulo, dezembro de 1978. Volume 2: Barragem do Jaguari

(d) fonte: desenho As Built 1260-021-B020 Revisão C - Projeto Executivo Barragem Jaguari

(e) fonte: desenho As Built 1260-021-B009 Revisão A- Projeto Executivo Barragem Jaguari. Informação não indicada. Foi obtida.

(f) fonte: desenho As Built 1260-016-B010 Revisão B- Projeto Executivo Barragem Jaguari.

(g) Informação identificada pela Sabesp no arquivo do levantamento de campo atualizado. Segundo a Sabesp a informação apresentada no Data Oper está trocada com a do Jacareí.

(h) Levantamento feito pela Sabesp em 24/06/2009

(i) Estas medidas foram obtidas da tabela 23, página 68 do relatório Estudos de Cheias para Avaliação dos Volumes de espera dos Aproveitamentos do Sistema Cantareira elaborado para a Sabesp em Dez/2008 contrato 44.907/07.

(\*) não informado

A análise das medidas apresentadas na Tabela 5 permite concluir:

- a cota da crista do vertedor de superfície é praticamente a mesma nas 4 fontes. A análise do item 4 quanto à relação cota x descarga concluiu que as relações apresentadas no Data Oper (página 19) e no relatório dos ensaios em modelo reduzido são iguais. Portanto a relação cota x descarga apresentada no Data Oper será mantida, fazendo a correção das cotas, segundo o levantamento realizado em 2009;
- a cota do eixo das válvulas (descarregador de fundo) apresenta uma diferença significativa de 1,95 m entre a medida apresentada no Data Oper e aquela do levantamento realizado em 2009. No entanto, as relações cota x descarga apresentadas no Data Oper e no relatório dos ensaios em modelo reduzido são iguais. Esse fato permite concluir que houve um engano no lançamento desta cota no Data Oper. O levantamento atual permite concluir que a relação cota x descarga apresentada no Data Oper será mantida;
- a cota de coroamento da barragem são coincidentes nas 4 fontes levantadas.

**TABELA 6 – PRINCIPAIS DIMENSÕES DO VERTEDOR DE SUPERFÍCIE DO APROVEITAMENTO JAGUARI**

Vertedor de Superfície Creager - Reservatório Jaguari		
Fonte	Dimensões	
	Largura (m)	Altura (m)
Modelo reduzido	6,00 (a)	(*)
"As Built"	6,00 (b)	11,35 (b)
Data Oper	6,00 (c)	(*)
Levantamento 2009	6,00 (d)	11,14 (d)

(a) retirado do desenho 323/78 "Etapa Jaguari, Barragem do Jaguari - Planta do Vertedor - Relatório Etapa Jaguari (Sistema Cantareira): modelo tridimensional da barragem do rio Jaguari: relatório final, interessado: SABESP/ pelo CTH – São Paulo, dezembro de 1978. Volume 2

(b) fonte: desenho As Built 1260-021-B020 - Vertedouro - Formas e Detalhes

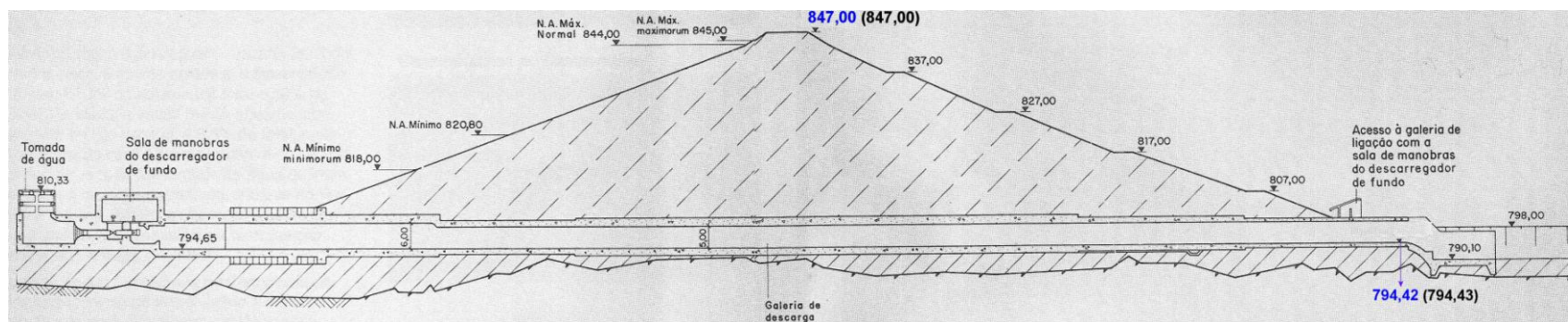
(c) Data Oper, página 19 - planta do vertedor de superfície

(d) Levantamento feito pela Sabesp em 2009

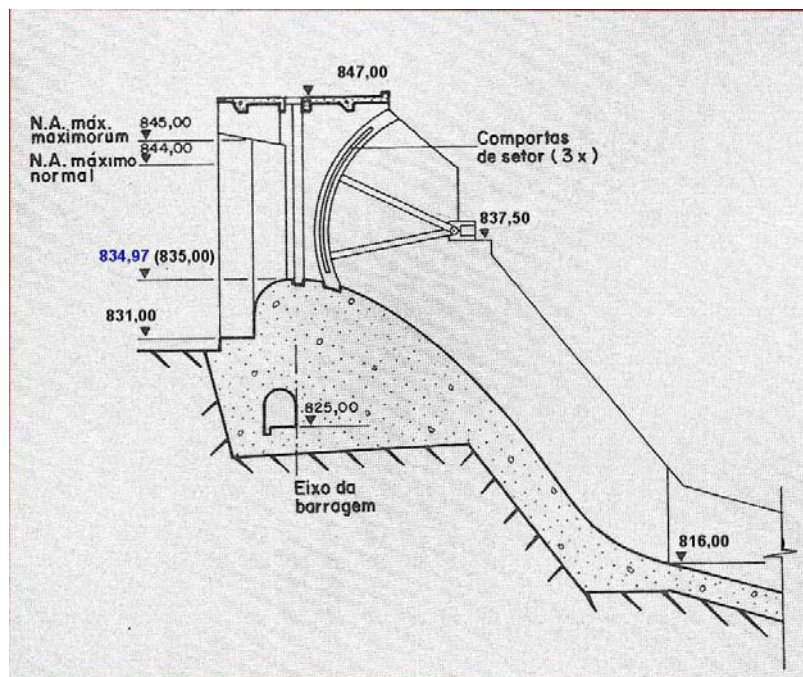
(\*) não foi possível determinar, falta informação da cota da face superior da abertura da comporta

A análise das medidas apresentadas na Tabela 6 permite concluir que não há diferenças na largura e que as diferenças encontradas na altura são mínimas não comprometendo a relação cota x descarga.

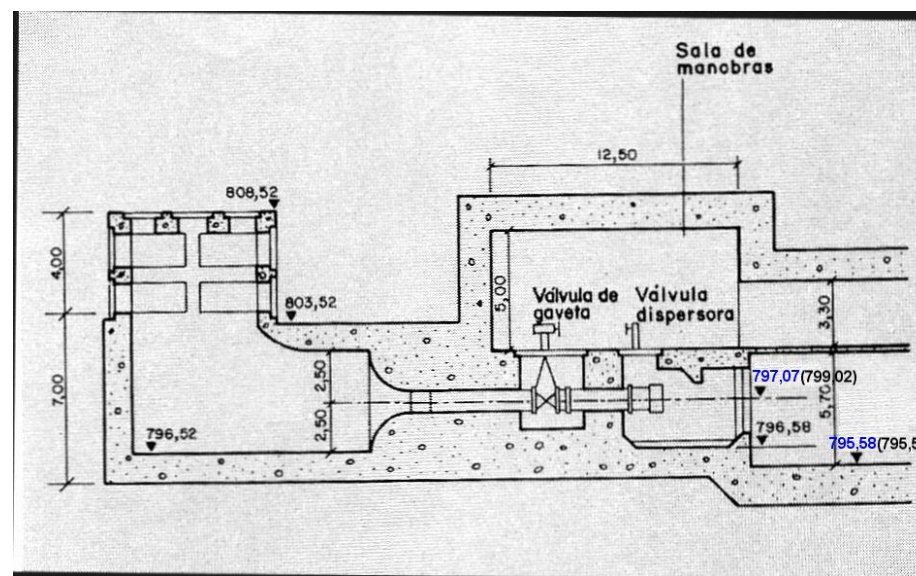
**FIGURA 3 – BARRAGEM DO JAGUARI**



**FIGURA 4 – VERTEDOR DE SUPERFÍCIE BARRAGEM DO JAGUARI – CORTE VERTICAL**



**FIGURA 5 – DESCARREGADOR DE FUNDO - BARRAGEM DO JAGUARI**



Observação: As figuras foram adaptadas da página 19 do Data Oper.

## 5.2 APROVEITAMENTO CACHOEIRA

A Tabela 7 apresenta as principais medidas das cotas e níveis do aproveitamento Cachoeira de acordo com as fontes utilizadas. Cabe destacar que quando se fez necessário foram inseridas informações mais detalhadas sobre as medidas levantadas. As Figuras 6 e 7 apresentam, respectivamente, um corte vertical da barragem e do vertedor Tulipa. Nas figuras estão em destaque na cor “azul” as medidas levantadas em campo e na cor “vermelho” as medidas corrigidas em decorrência dos levantamentos. Ressalta-se que as medidas originais são apresentadas entre parênteses permitindo seu registro e a comparação.

**TABELA 7 – RESUMO DAS COTAS PRINCIPAIS DO APROVEITAMENTO CACHOEIRA**

Reservatório Cachoeira				
Cotas (m)	Modelo Reduzido	"As Built"	Data Oper	Levantamento 2009
Cota da crista do vertedor Tulipa	821,50 (b)	821,78 (c)	821,78	821,88 (d)
Cota da soleira da tomada d'água com comporta plana quadrada	808,00 (b)	808,00 (c)	808,00	(*)
Cota de coroamento da barragem	(*)	(*)	827,28	827,67 (d)
NA Mínimo Normal do reservatório	813,00 (a)	(*)	811,16	811,72 (e)
NA Máximo Normal do reservatório	821,50 (a)	(*)	821,78	821,78 (e)

(a) retirado da p. 4 do Relatório Estudo em Modelo reduzido da Barragem de Cachoeira - Relatório Global - Maio de 1971

(b) retirado do desenho M.CA. 2-2 nº 2918 do Relatório Estudo em Modelo reduzido da Barragem de Cachoeira - Relatório Global -

(c) fonte: desenho As Built 1230-011-B005 - Projeto Executivo Vertedor Tulipa Barragem Cachoeira

(d) Levantamento feito pela Sabesp em 24/06/2009

(e) Estas medidas foram obtidas da tabela 23, página 68 do relatório Estudos de Cheias para Avaliação dos Volumes de espera dos Aproveitamentos do Sistema Cantareira elaborado para a Sabesp em Dez/2008 contrato 44.907/07.

(\*) não informado

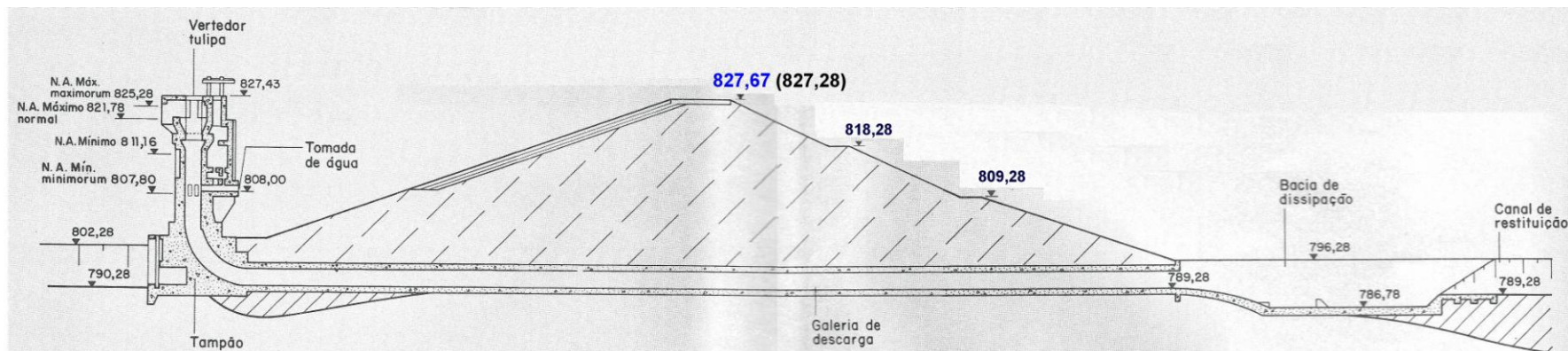
A análise das medidas apresentadas na Tabela 7 permite concluir:

- as cotas da crista do vertedor Tulipa apresentam pequenas diferenças nas 4 fontes. A análise do item 4 quanto à relação cota x descarga concluiu que aquela apresentada no Data Oper (página 31) tem vazões inferiores à apresentada nos ensaios em modelo reduzido<sup>6</sup>;
- as cotas da soleira da tomada d'água apresentam valores iguais. Não houve levantamento atualizado para esta medida. Conforme comentado no item 4 as curvas de descarga não puderam ser confrontadas, pois não foi encontrada no relatório dos ensaios em modelo reduzido;
- a cota de coroamento da barragem apresentada no Data Oper e no levantamento atualizado têm uma diferença de 39 cm. Esta medida não foi encontrada no relatório de ensaios em modelos reduzidos e “As Built”.

A análise comparativa das dimensões das estruturas extravasoras do aproveitamento Cachoeira não foi apresentada uma vez que, por motivos de segurança e operação do sistema, não foi possível realizar os levantamentos topográficos.

<sup>6</sup> Desenho MCA 2A-15, nº 3084 do Relatório Estudo em Modelo Reduzido da Barragem do Cachoeira – Relatório Global. Maio de 1971. Laboratório de Hidráulica – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Águas e Energia Elétrica.

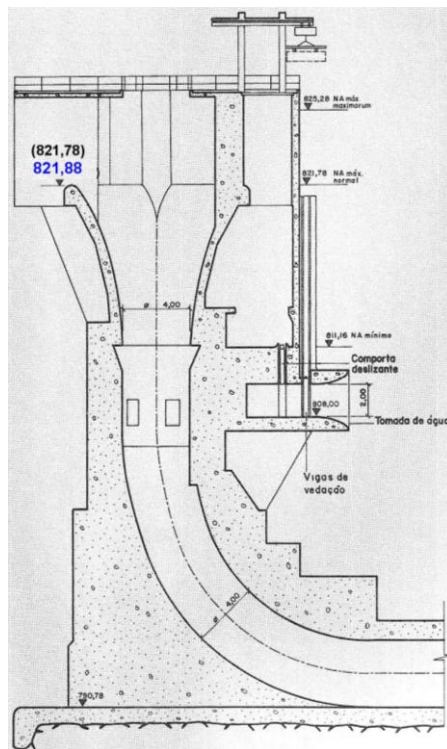
**FIGURA 6 –BARRAGEM DO CACHOEIRA (FONTE: ADAPTADA DO DATA OPER, PÁGINA 31)**



**FIGURA 7 –VERTEDOR TULIPA – BARRAGEM DO CACHOEIRA (FONTE: ADAPTADA DO DATA OPER, PÁGINA 31)**



- sabesp



### 5.3 APROVEITAMENTO ATIBAINHA

A Tabela 8 apresenta as principais medidas das cotas e níveis do aproveitamento Atibainha de acordo com as fontes utilizadas. Cabe destacar que quando se fez necessário foram inseridas informações mais detalhadas sobre as medidas levantadas. As Figuras 8 e 9 apresentam, respectivamente, um corte vertical da barragem e do vertedor Tulipa. Nas figuras estão em destaque na cor “azul” as medidas levantadas em campo e na cor “vermelho” as medidas corrigidas em decorrência dos levantamentos. Ressalta-se que as medidas originais são apresentadas entre parênteses permitindo seu registro e a comparação.

**TABELA 8 – RESUMO DAS COTAS PRINCIPAIS DO APROVEITAMENTO ATIBAINHA**

Reservatório Atibainha				
Cotas (m)	Modelo Reduzido	"As Built"	Data Oper	Levantamento 2009
Cota da crista do vertedor Tulipa	787,00 (b)	786,87 (c)	786,87	786,72 (d)
Cota da soleira da tomada d'água (descarga a jusante)	774,50 (b)	774,27 (c)	774,27	(*)
Cota de coroamento da barragem	(*)	(*)	791,00	791,32 (d)
NA Mínimo Normal do reservatório	781,00 (a)	(*)	781,67	781,88 (e)
NA Máximo Normal do reservatório	787,00 (a)	(*)	786,86	786,86 (e)

(a) fonte: Página 4 do Relatório Estudo em Modelo Reduzido da Barragem de Atibainha – Relatório Global. Maio de 1971. Laboratório de Hidráulica – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Águas e Energia Elétrica.

(b) fonte: Desenho MAT1-5 (2887) do Relatório Estudo em Modelo Reduzido da Barragem de Atibainha – Relatório Global. Maio de 1971. Laboratório de Hidráulica – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Águas e Energia Elétrica.

(c) fonte: desenho As Built 1190-011-B001 - Projeto Executivo Vertedor Tulipa Barragem Atibainha

(d) Levantamento feito pela Sabesp em 24/06/2009

(e) Estas medidas foram obtidas da tabela 23, página 68 do relatório Estudos de Cheias para Avaliação dos Volumes de espera dos

(\*) não informado

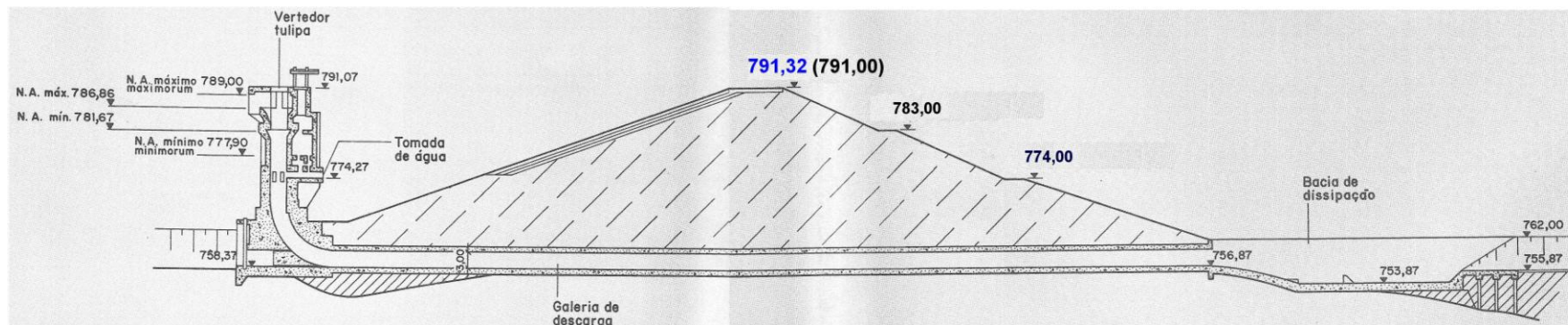
A análise das medidas apresentadas na Tabela 8 permite concluir:

- quanto às cotas da crista do vertedor Tulipa as medidas observadas são semelhantes, sendo que a maior diferença observada foi de 15 cm entre o levantamento de 2009 e o Data Oper. A análise do item 4 quanto à relação cota x descarga concluiu que a curva de descarga apresentada no Data Oper (página 39) têm vazões inferiores à curva apresentada nos ensaios do modelo reduzido<sup>7</sup> até a cota 788,50 m acima da qual ocorre o inverso;
- as cotas da soleira da tomada d'água são iguais. Não houve levantamento atualizado para esta medida. Conforme comentado no item 4 as curvas de descarga não puderam ser confrontadas, pois não foram encontradas no relatório dos ensaios em modelo reduzido;
- foi identificada uma diferença de 32 cm entre a cota de coroamento da barragem apresentada no Data Oper e no levantamento atualizado. Esta medida não foi encontrada no relatório de ensaios em modelos reduzidos e “As Built”.

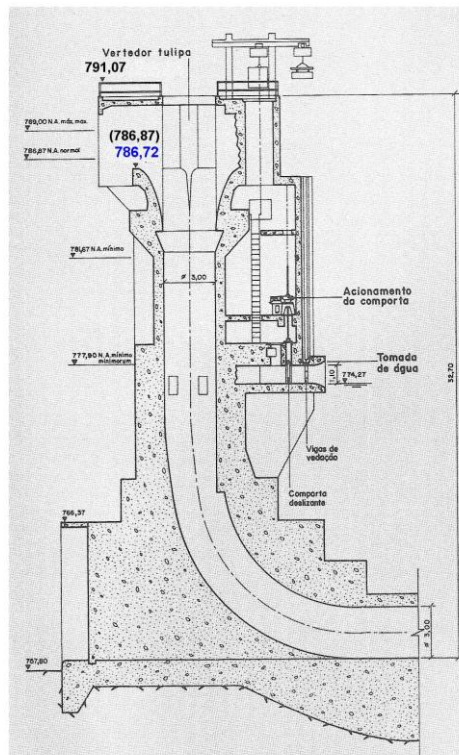
A análise comparativa das dimensões das estruturas extravasoras do aproveitamento Cachoeira não foi apresentada uma vez que, por motivos de segurança e operação do sistema, não foi possível realizar os levantamentos topográficos.

<sup>7</sup> Desenho MAT 1A-17, nº3094 do Relatório Estudo em Modelo Reduzido da Barragem de Atibainha – Relatório Global. Maio de 1971. Laboratório de Hidráulica – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Águas e Energia Elétrica.

**FIGURA 8 – BARRAGEM DO ATIBAINHA (FONTE: ADAPTADA DO DATA OPER, PÁGINA 39)**



**FIGURA 9 – VERTEDOR TULIPA – BARRAGEM DO ATIBAINHA (FONTE: ADAPTADA DO DATA OPER, PÁGINA 39)**



## 5.4 APROVEITAMENTO PAIVA CASTRO (JUQUERI)

A Tabela 9 apresenta as principais medidas das cotas e níveis do aproveitamento Paiva Castro (barragem do rio Juqueri) de acordo com as fontes utilizadas. A Tabela 10 apresenta as principais dimensões (largura e altura, diâmetro) do descarregador principal e de emergência, no aproveitamento Paiva Castro (Juqueri). As Figuras 10 a 13 apresentam, respectivamente, um corte vertical da barragem, do descarregador principal, do descarregador de emergência e do descarregador de fundo. Nas figuras estão em destaque na cor “azul” as medidas levantadas em campo e na cor “vermelho” as medidas corrigidas em decorrência dos levantamentos. Ressalta-se que as medidas originais são apresentadas entre parênteses permitindo seu registro e a comparação.

**TABELA 9 – RESUMO DAS COTAS PRINCIPAIS DO APROVEITAMENTO PAIVA CASTRO (JUQUERI)**

Reservatório Paiva Castro (Juqueri)				
Cotas (m)	Modelo Reduzido	"As Built"	Data Oper	Levantamento 2009
Cota da crista do vertedor (descarregador principal)	739,00 (a)	(*)	738,91	739,02 (d)
Cota do eixo da válvula borboleta do descarregador de fundo	(*)	(*)	734,20	734,41 (d)
Cota de coroamento da barragem	(*)	750,00 (c)	750,00	750,24 (d)
NA Mínimo Normal do reservatório	(*)	(*)	743,80	743,80 (e)
NA Máximo Normal do reservatório	747,00 (b)	(*)	745,61	745,61 (e)

(a) informação retirada do desenho M.J.-3 (no. 2809) do Relatório Estudo em Modelo reduzido da Barragem do Juqueri - Maio de 1969

(b) informação obtida da página 3 do Relatório Estudo em Modelo reduzido da Barragem do Juqueri - Maio de 1969

(c) fonte: desenho As Built 1010-010-C001 Projeto Executivo Sistema Cantareira Barragem Juqueri - Acabamento da crista

(d) Levantamento feito pela Sabesp em 26/06/2009

(e) Estas medidas foram obtidas da tabela 23, página 68 do relatório Estudos de Cheias para Avaliação dos Volumes de espera dos Aproveitamentos do Sistema Cantareira elaborado para a Sabesp em Dez/2008 contrato 44.907/07.

(\*) não informado

A análise das medidas apresentadas na Tabela 9 permite concluir:

- as cotas da crista do vertedor são semelhantes sendo que a maior diferença observada foi de 11 cm entre o levantamento de 2009 e o Data Oper. A análise do item 4 quanto à relação cota x descarga concluiu que as curvas de descarga do vertedor apresentadas no Data Oper (página 51) e no relatório do modelo reduzido<sup>8</sup> são iguais. Portanto a relação cota x descarga apresentada no Data Oper será mantida, fazendo a correção das cotas, segundo o levantamento realizado em 2009;

<sup>8</sup> Desenho M.J.- 3 , nº 2809 do Relatório Estudo em Modelo Reduzido da Barragem do Juqueri. Maio de 1971. Laboratório de Hidráulica – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Águas e Energia Elétrica.

- a cota de coroamento da barragem apresentada no Data Oper e no levantamento atualizado tem uma diferença de 24 cm;
- as cotas do eixo da válvula borboleta do descarregador de fundo não podem ser comparadas, pois não foi encontrado no relatório de ensaios em modelo reduzido. A diferença observada entre a medida encontrada no Data Oper e no levantamento atual é de 21 cm. Sendo assim as curvas apresentadas no Data Oper serão preservadas fazendo a correção das cotas.

A análise da Tabela 10 permite concluir que as dimensões comparáveis são pequenas. Observa-se uma diferença maior no diâmetro da válvula esfera.

**TABELA 10 – DIMENSÕES DO VERTEDOR PRINCIPAL E DOS VERTEDORES DE EMERGÊNCIA DO APROVEITAMENTO PAIVA CASTRO (JUQUERI)**

Descarregador Principal e de Emergência - Reservatório Paiva Castro (Juqueri)								
Fonte	Vertedor de Superfície - Principal		Vertedor de Emergência Fusível I		Vertedor de Emergência Fusível II		Descarregador de Fundo Principal	
	Dimensões		Dimensões		Dimensões		Diâmetro (mm)	
	Largura (m)	Altura (m)	Largura (m)	Altura (m)	Largura (m)	Altura (m)	Válvula borboleta	Válvula Esfera
Modelo reduzido	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
"As Built"	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
Data Oper	3,90 (a)	(*)	5,00 (a)	(*)	5,00 (a)	(*)	1000 (a)	300/350 (a) e (b)
Levantamento 2009	4,02 (c)	10,60 (c)	4,69 (c)	4,99 (c)	4,71 (c)	4,17 (c)	1000 (c)	330 (c)

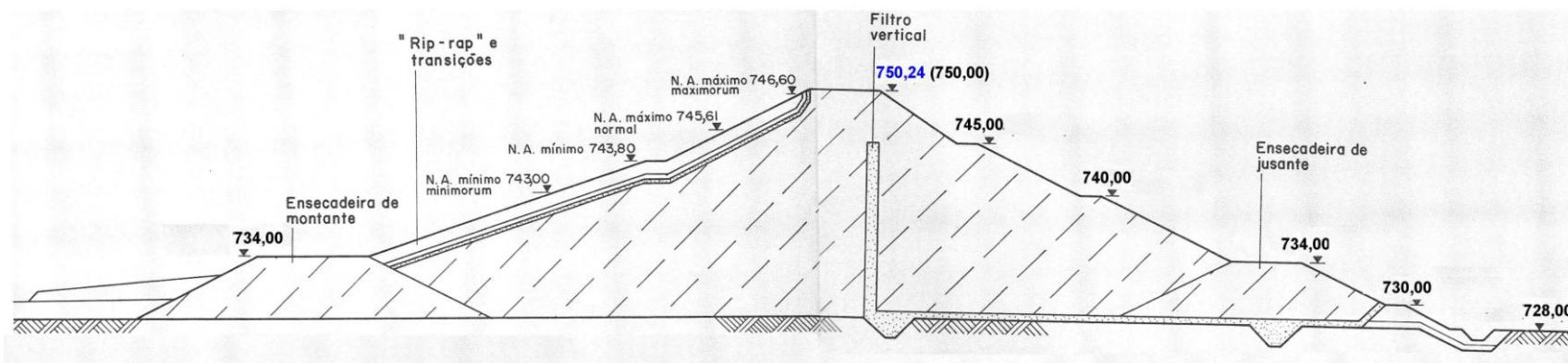
(a) Data Oper, página 49

(b) Data Oper, página 53 - plantas

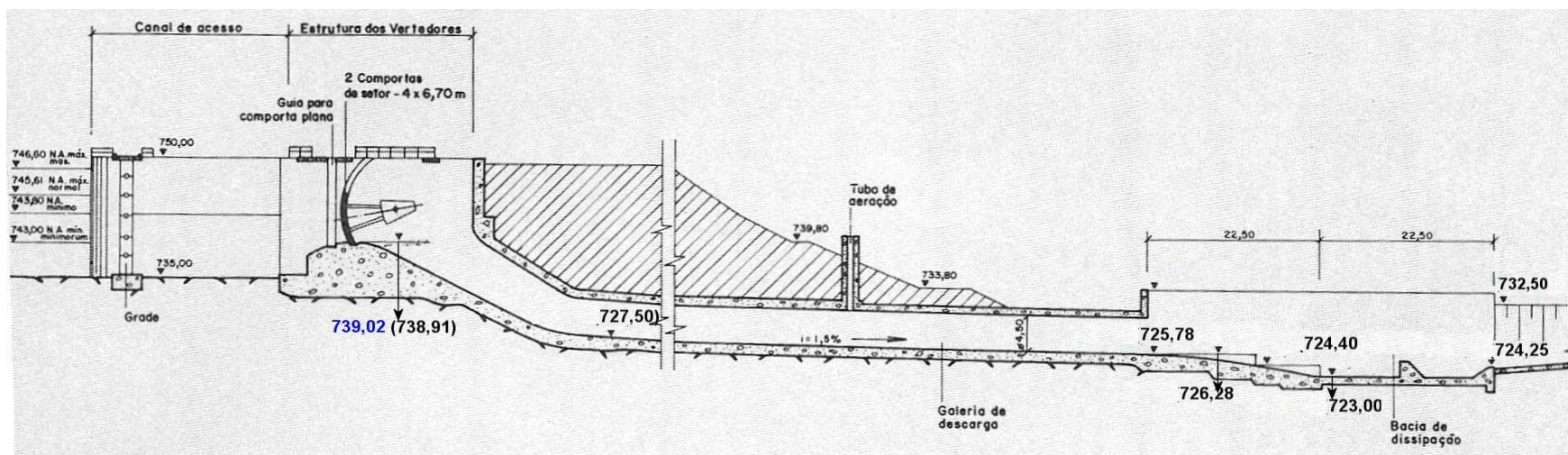
(c) Levantamento feito pela Sabesp em 2009

(\*) Não informado

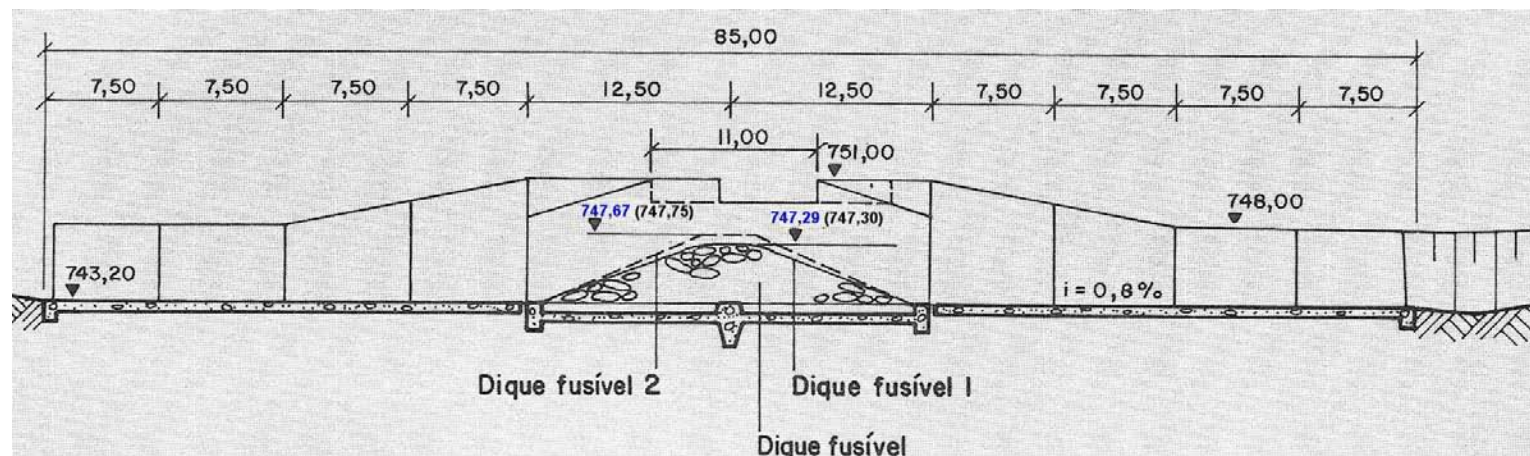
**FIGURA 10 – BARRAGEM PAIVA CASTRO (JUQUERI) (FONTE: ADAPTADA DO DATA OPER, PÁGINA 51)**



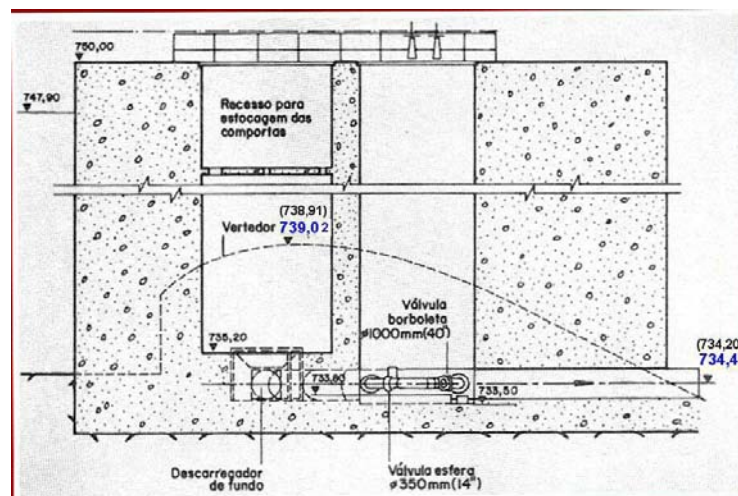
**FIGURA 11 – DESCARREGADOR PRINCIPAL - BARRAGEM PAIVA CASTRO (JUQUERI) (FONTE: ADAPTADA DO DATA OPER, PÁGINA 51)**



**FIGURA 12 – DESCARREGADOR DE EMERGÊNCIA - BARRAGEM PAIVA CASTRO (JUQUERI)**  
**(FONTE: ADAPTADA DO DATA OPER, PÁGINA 51)**



**FIGURA 13 – DESCARREGADOR DE FUNDO - BARRAGEM PAIVA CASTRO (JUQUERI)** (FONTE: ADAPTADA DO DATA OPER, PÁGINA 53)



## 5.5 TÚNEL 7

O Túnel 7 é a estrutura que faz a ligação dos reservatórios Jacareí e Cachoeira. Compreende uma estrutura de tomada de água seletiva situada no reservatório Jacareí, o túnel propriamente dito, escavado em rocha e uma estrutura de desemboque provida de comportas situada no reservatório Cachoeira. A torre da tomada d'água é composta de 6 comportas deslizantes acionadas por guincho dispostas em 3 pares, com soleiras nas cotas 818,00, 827,00 e 836,00 m.

As curvas de descarga da estrutura de desemboque apresentadas no Data Oper foram mantidas.

A análise comparativa das estruturas hidráulicas de controle do Túnel 7 não foi apresentada uma vez que, por motivos de segurança e operação do sistema, não foi possível realizar os levantamentos topográficos.

## 5.6 TÚNEL 6

O Túnel 6 é a estrutura que faz a ligação dos reservatórios Cachoeira e Atibainha. Compreende uma estrutura de tomada de água seletiva situada no reservatório Cachoeira e provida de comporta setor. O túnel propriamente dito é escavado em rocha. Tem uma estrutura de desemboque com vertedor de medição e canal que conduz as águas até o reservatório Atibainha. A Tabela 11 apresenta a comparação das principais dimensões (largura e altura) da abertura da comporta da tomada d'água no emboque do Túnel 6. A cota da soleira da tomada d'água no emboque é de 808,35 m enquanto o Data Oper apresenta 807,80 m. Desta forma, optou-se por manter a curva de descarga da estrutura de emboque apresentada no Data Oper corrigindo as cotas em função do levantamento atualizado da cota da soleira. É interessante registrar que a curva de descarga da comporta setor do Data Oper (página 35) apresenta como cota da soleira (vazão nula) um valor muito próximo a 808,35 m.

**TABELA 11 – DIMENSÕES DA ABERTURA DA COMPORTA DA TOMADA DE ÁGUA NO EMBOQUE DO TÚNEL 6**

Túnel 6 - Tomada de água			
Fonte	Largura frontal do emboque (m)	Altura da Abertura da Comporta (m)	Largura da Abertura da Comporta (m)
Data Oper	4,81 (a)	2,87 (a)	(*)
Levantamento 2009	4,84 (b)	2,89 (b)	2,63 (b)

(a) Data Oper, página 33

(b) Levantamento feito pela Sabesp em 2009

(\*) Não informado

A análise das dimensões apresentadas na Tabela 11 permite concluir que não há diferenças significativas nas dimensões do emboque e da comporta.

## 5.7 TÚNEL 5

O Túnel 5 é a estrutura que faz a ligação dos reservatórios Atibainha e Paiva Castro. Compreende a tomada de água no reservatório Atibainha, o túnel propriamente dito, escavado em rocha e revestido de concreto, desemboque com vertedor de medição perfil Creager, canal de jusante no leito do Juqueri – Mirim de 4.100 m, seguido de 2.300 m do represamento deste rio até o vertedor da Cascata. Deste ponto até o início do reservatório Paiva Castro (Juqueri), estão implantados 5 vertedores em concreto para a dissipação de energia evitando a erosão no canal. A Tabela 12 apresenta a comparação das principais dimensões (largura e altura) da abertura da comporta da tomada d'água no emboque do Túnel 5. A cota da soleira da tomada de água no emboque obtida no levantamento de campo é de 775,25 m enquanto no Data Oper é de 775,20 m. Desta forma, a curva de descarga da estrutura de emboque apresentada no Data Oper será mantida, corrigindo as cotas em função do levantamento atualizado da cota da soleira.

**TABELA 12 – DIMENSÕES DA ABERTURA DA COMPORTA DA TOMADA DE ÁGUA NO EMBOQUE DO TÚNEL 5**

Túnel 5 - Tomada de água			
Fonte	Largura frontal do emboque (m)	Altura da Abertura da Comporta (m)	Largura da Abertura da Comporta (m)
Data Oper	5,70 (a)	2,87 (a)	(*)
Levantamento 2009	5,62 (b)	3,37 (b)	2,61 (b)

(a) Data Oper, página 41

(b) Levantamento feito pela Sabesp em 2009

(\*) Não informado

A análise das dimensões apresentadas na Tabela 12 permite concluir que não há diferença significativa na largura frontal do emboque. No entanto há uma diferença significativa na altura da abertura da comporta. A análise dos desenhos apresentados na página 43 do DATAOPER revela que a altura da abertura da comporta de 3,37 m está consistente. Portanto, a altura da abertura da comporta de 2,87 m apresentada no DATAOPER está incorreta.

## 5.8 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE SANTA INÊS

A estação elevatória de Santa Inês é composta de 4 grupos moto-bomba sendo que um deles é reserva para períodos de manutenção. Cada grupo moto-bomba tem capacidade nominal de 11 m<sup>3</sup>/s com altura manométrica de 120 m, velocidade de rotação 720 rpm (600 rpm para a unidade reserva) e potência de 20000 HP.

Estas capacidades apresentadas no Data Oper foram mantidas.

## 5.9 RESUMO DOS DADOS DOS APROVEITAMENTOS

Em função dos levantamentos atualizados foi possível consolidar os dados dos aproveitamentos incluindo as cotas das estruturas hidráulicas (cotas da crista do vertedor e coroamento da barragem). As demais informações foram obtidas de estudos recentes realizados para a SABESP.

**TABELA 13 – RESUMO DOS DADOS DOS APROVEITAMENTOS DO SISTEMA CANTAREIRA**

Parâmetros	Aproveitamentos do Sistema Cantareira			
	Jaguari/Jacareí	Cachoeira	Atibainha	Paiva Castro (Juqueri)
Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	1.230	392	312	369
Precipitação Média Anual (mm/ano)	1.592	1.763	1.642	1.593
Vazão Específica (l/s.km <sup>2</sup> )	20,5	21,7	19,3	12,5
Vazão Média (m <sup>3</sup> /s)	25,2	8,5	6,0	4,6
Vazão Máxima (m <sup>3</sup> /s)	118,0	33,9	27,5	19,9
Vazão Mínima (m <sup>3</sup> /s)	5,70	0,89	0,46	0,50
NA mínimo normal (m)	820,80	811,72	781,88	743,80
NA máximo normal (m)	844,00	821,88	786,72	745,61
Cota da crista do vertedor (m)	834,97	821,88	786,72	739,02
Cota de coroamento da barragem (m)	847,00	827,67	791,32	750,24

## 6. CONSOLIDAÇÃO DOS DADOS

---

A consolidação dos dados operacionais dos aproveitamentos deverá estabelecer as curvas cota x área x volume dos reservatórios e as curvas de descarga dos órgãos extravasores, incluindo os vertedores voltados para a garantia da segurança das barragens e as estruturas de descarga de jusante. Para isso foram desenvolvidas as análises comparativas das curvas cota x área x volume e as curvas de descarga apresentadas no Data Oper e aquelas consolidadas considerando os levantamentos de campo.

### 6.1 APROVEITAMENTO JAGUARI-JACAREÍ

As análises desenvolvidas indicaram que a curva de descarga do vertedor apresentada no Data Oper é a mesma apresentada no modelo reduzido a menos de uma pequena correção das cotas em função do levantamento da cota da soleira da crista do vertedor. A Tabela 14 apresenta as relações cota x descarga do vertedor de superfície do aproveitamento do Jaguari para 3 comportas.

A Tabela 15 apresenta os valores cota x vazão em função das aberturas de 1 comporta do vertedor de superfície do reservatório Jaguari. A Figura 14 apresenta as curvas de descarga em função das aberturas das comportas.

A Tabela 16 apresenta as relações cota x vazão em função das aberturas da válvula Howell-Bunger do descarregador de fundo. A Figura 15 apresenta a curva de descarga do descarregador de fundo. As análises desenvolvidas a partir do relatório do DAEE-CTH resultaram na seguinte relação matemática que representa adequadamente as relações cota x vazão em função das aberturas da válvula Howell-Bunger do descarregador de fundo:

$$Q = (-1,08347 \cdot a^2 + 3,32999 \cdot a + 0,00391) \cdot H^{0,528}$$

onde Q é a vazão em m<sup>3</sup>/s, a é a abertura da válvula entre 0,00 e 1,00 e H é a carga hidráulica que corresponde a diferença do NA com a cota do eixo de 797,07 m.

A Tabela 17 apresenta as relações cota x área x volume do reservatório Jaguari-Jacareí obtidos do Data Oper e aquelas consolidadas do levantamento atualizado em 2008. As Figuras 16 e 17 apresentam as relações cota x área e cota x volume do reservatório Jaguari/Jacareí.

**TABELA 14 – VALORES COTA X VAZÃO DA CURVA DE DESCARGA DO VERTEDOR DE SUPERFÍCIE RESERVATÓRIO JAGUARI (3 COMPORTAS)**

Cota consolidada (m)	Curva de Descarga Vertedor de Superfície - Jaguari (para 3 unidades)						
	Vazão (m³/s) 3 comportas /aberturas						
	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	Total
834,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
835,97	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
836,97	94,00	96,00	96,00	96,00	96,00	96,00	96,00
837,97	130,00	180,00	180,00	180,00	180,00	180,00	180,00
838,97	156,00	224,00	274,00	274,00	274,00	274,00	274,00
839,97	178,00	259,20	360,00	384,00	384,00	384,00	384,00
840,97	199,20	290,00	402,00	495,20	514,00	514,00	514,00
841,97	218,00	316,00	438,00	548,40	648,00	660,00	660,00
842,97	234,00	343,20	468,40	588,40	700,40	804,80	822,00
843,97	250,00	366,00	495,20	619,20	738,00	855,20	992,00
844,97	266,00	388,40	522,00	644,00	771,20	892,00	1156,00
845,97							1324,00

**TABELA 15 – VALORES COTA X VAZÃO DA CURVA DE DESCARGA DO VERTEDOR DE SUPERFÍCIE (1 COMPORTA)**

Cota consolidada (m)	Curva de Descarga Vertedor de Superfície - Jaguari (para 1 unidade)						
	Vazão (m³/s) 1 comporta /aberturas						
	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	Total
834,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
835,97	10,67	10,67	10,67	10,67	10,67	10,67	10,67
836,97	31,33	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
837,97	43,33	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
838,97	52,00	74,67	91,33	91,33	91,33	91,33	91,33
839,97	59,33	86,40	120,00	128,00	128,00	128,00	128,00
840,97	66,40	96,67	134,00	165,07	171,33	171,33	171,33
841,97	72,67	105,33	146,00	182,80	216,00	220,00	220,00
842,97	78,00	114,40	156,13	196,13	233,47	268,27	274,00
843,97	83,33	122,00	165,07	206,40	246,00	285,07	330,67
844,97	88,67	129,47	174,00	214,67	257,07	297,33	385,33
845,97							441,33

FIGURA 14

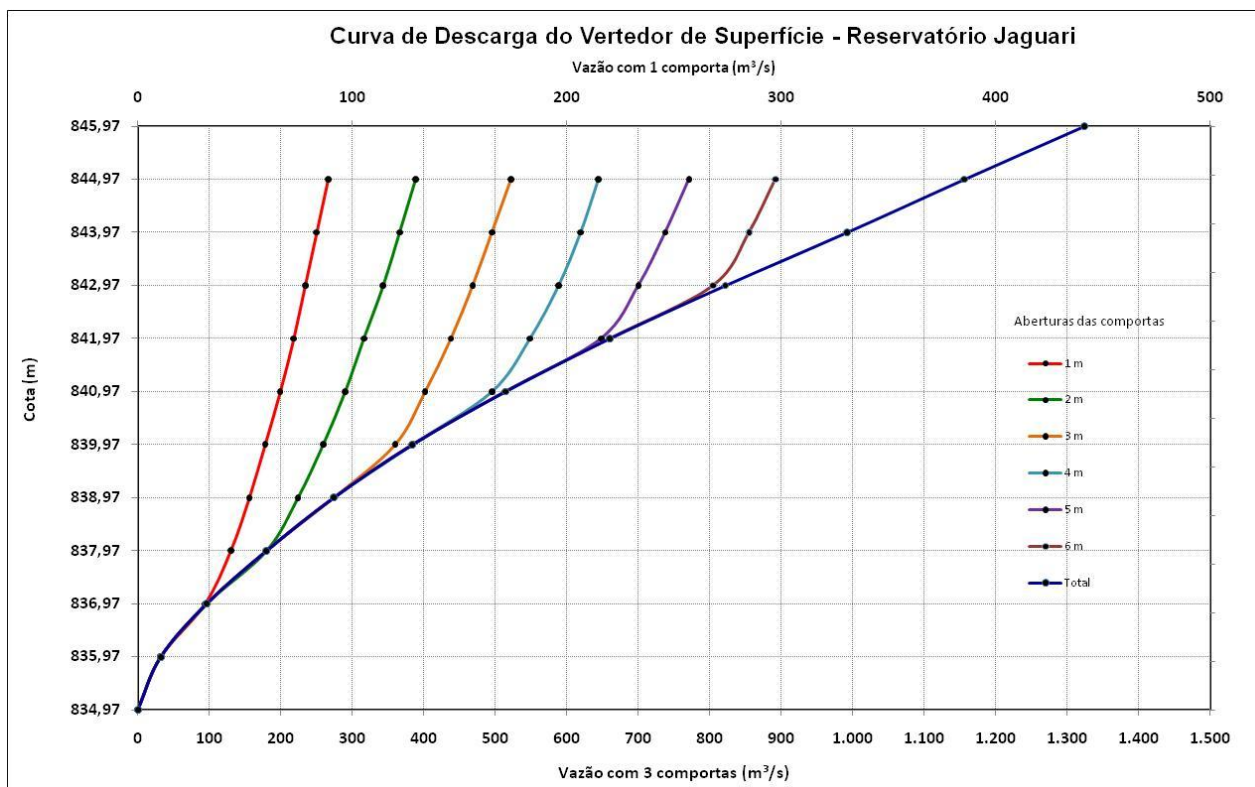
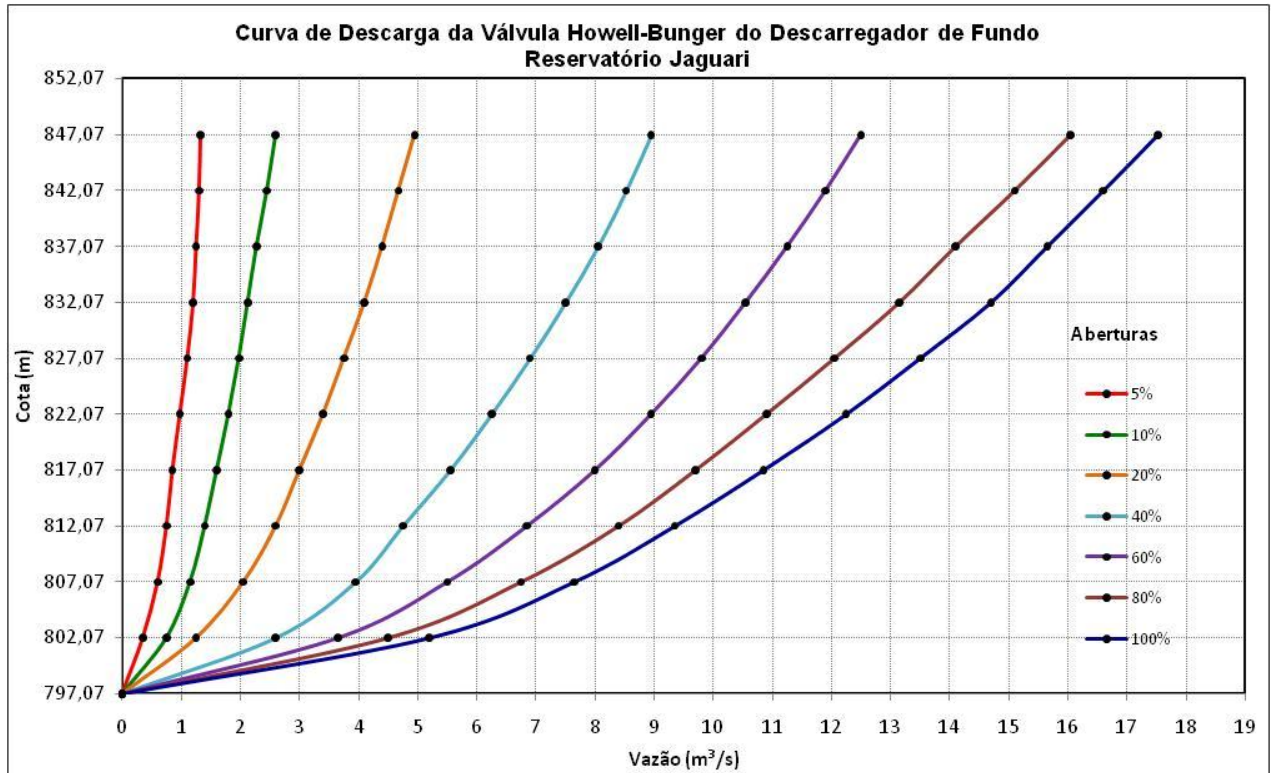


TABELA 16 – VALORES COTA X VAZÃO DA CURVA DE DESCARGA DA VÁLVULA DO DESCARREGADOR DE FUNDO

Carga (m)	Cota Consolidada (m)	Curva de Descarga Descarregador de Fundo - curva da Válvula						
		Vazão (m³/s)/aberturas (%)						
		5%	10%	20%	40%	60%	80%	100%
0	797,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	802,07	0,35	0,75	1,25	2,60	3,65	4,50	5,20
10	807,07	0,60	1,15	2,05	3,95	5,50	6,75	7,65
15	812,07	0,75	1,40	2,60	4,75	6,85	8,40	9,35
20	817,07	0,85	1,60	3,00	5,55	8,00	9,70	10,85
25	822,07	0,98	1,80	3,40	6,25	8,95	10,90	12,25
30	827,07	1,10	1,98	3,75	6,90	9,80	12,05	13,50
35	832,07	1,20	2,13	4,10	7,50	10,55	13,15	14,70
40	837,07	1,25	2,28	4,40	8,05	11,25	14,10	15,65
45	842,07	1,30	2,45	4,68	8,53	11,90	15,10	16,60
50	847,07	1,33	2,60	4,95	8,95	12,50	16,05	17,53

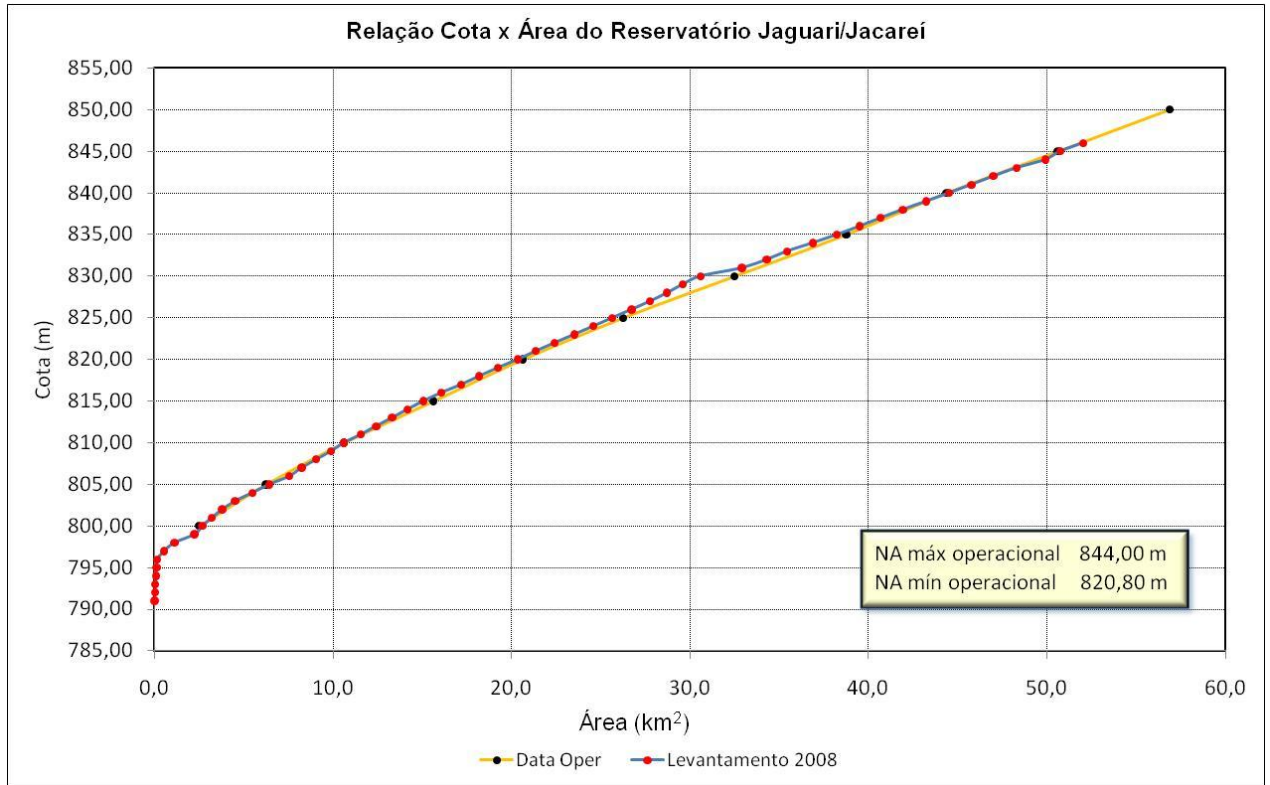
FIGURA 15



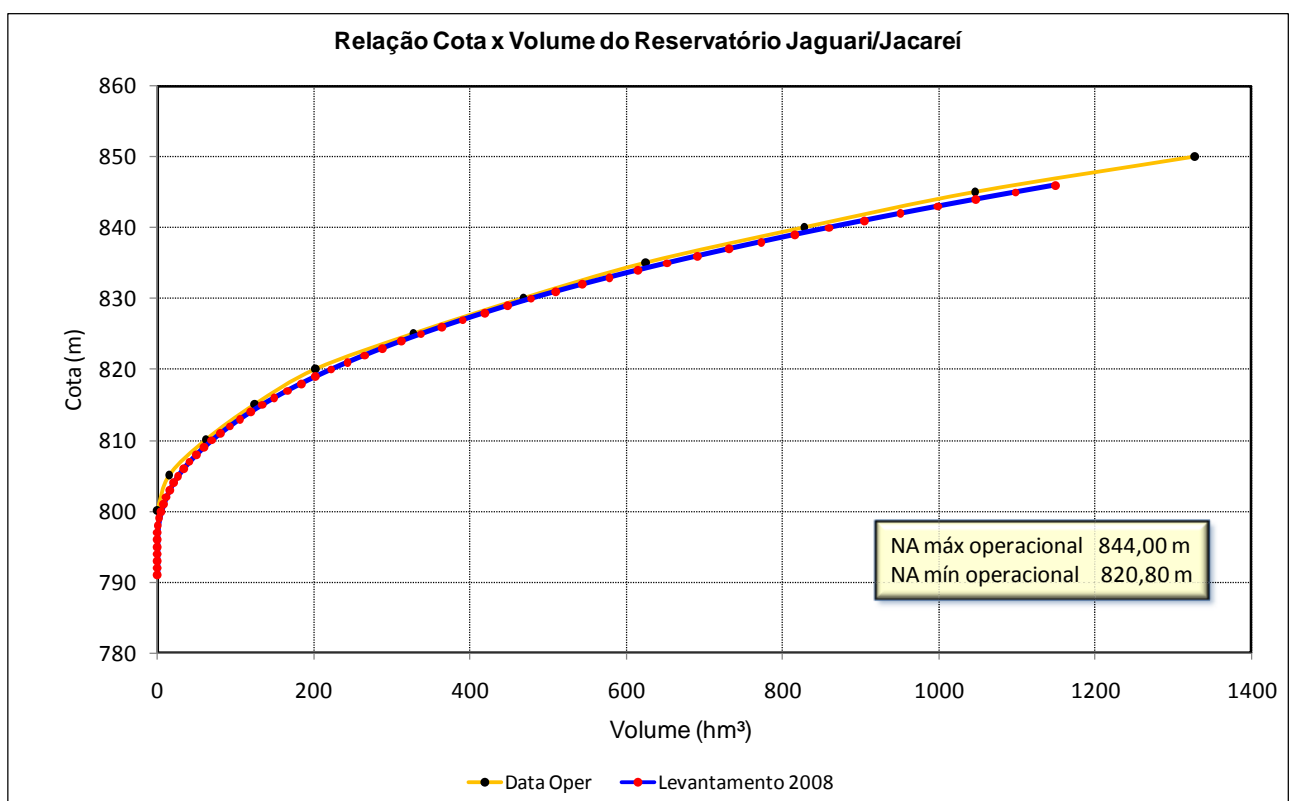
**TABELA 17 – VALORES COTA X ÁREA X VOLUME – RESERVATÓRIO JAGUARI/JACAREÍ**

Reservatório Jaguari/Jacareí					
Levantamento 2008			Data Oper		
Cota (m)	Área (km²)	Volum e (hm³)	Cota (m)	Área (km²)	Volum e (hm³)
791	0,00	0,00	800	2,50	0,00
792	0,02	0,00	805	6,25	15,63
793	0,04	0,00	810	10,63	62,50
794	0,07	0,00	815	15,63	125,00
795	0,11	0,00	820	20,63	203,13
796	0,16	0,00	825	26,25	328,13
797	0,53	0,34	830	32,50	468,75
798	1,12	1,17	835	38,75	625,00
799	2,23	2,84	840	44,38	828,13
800	2,68	5,30	845	50,63	1046,88
801	3,21	8,24	850	56,88	1328,13
802	3,79	11,74			
803	4,52	15,90			
804	5,48	20,90			
805	6,43	26,85			
806	7,55	33,84			
807	8,24	41,74			
808	9,07	50,39			
809	9,89	59,87			
810	10,61	70,12			
811	11,56	81,20			
812	12,41	93,19			
813	13,30	106,05			
814	14,16	119,78			
815	15,05	134,39			
816	16,06	149,94			
817	17,18	166,56			
818	18,19	184,25			
819	19,23	202,96			
820	20,35	222,74			
821	21,35	243,60			
822	22,43	265,49			
823	23,51	288,45			
824	24,59	312,51			
825	25,64	337,63			
826	26,72	363,81			
827	27,77	391,06			
828	28,72	419,30			
829	29,59	448,46			
830	30,59	478,55			
831	32,90	510,30			
832	34,30	543,90			
833	35,45	578,78			
834	36,88	614,94			
835	38,24	652,50			
836	39,50	691,37			
837	40,70	731,47			
838	41,92	772,78			
839	43,25	815,37			
840	44,53	859,26			
841	45,77	904,41			
842	47,00	950,79			
843	48,30	998,44			
844	49,91	1047,55			
845	50,76	1097,88			
846	52,03	1149,27			

**FIGURA 16**



**FIGURA 17**



## 6.2 APROVEITAMENTO CACHOEIRA

As análises desenvolvidas indicaram que a curva de descarga do vertedor apresentada no Data Oper resulta em descargas diferentes daquelas resultantes da curva de descarga que consta dos estudos em modelo reduzido desenvolvidos pelo DAEE-Escola Politécnica da USP.

A Tabela 18 e a Figura 18 apresentam as curvas de descarga do vertedor tulipa obtidas do Data Oper e dos ensaios em modelo reduzido. Para a análise comparativa foi feita uma compatibilização das curvas de descarga adotando como crista do vertedor aquela apresentada no Data Oper e no desenho “As Built” de 821,78 m. A Figura 18 apresenta a curva de descarga do vertedor Tulipa obtida no modelo reduzido com a cota de crista ajustada para 821,78 m em linha verde tracejada.

A análise das curvas de descarga do vertedor tulipa apresentadas na Figura 18 permite concluir que:

- para NA até a cota 823,73 m as vazões indicadas pela curva de descarga do Data Oper são maiores que aquelas obtidas no modelo reduzido;
- para NA acima da cota 823,73 m as vazões obtidas na curva de descarga do modelo reduzido são maiores que aquelas indicadas no Data Oper.

A análise destes resultados, dos projetos coletados, dos desenhos “As Built” e do relatório do modelo reduzido permite concluir que:

- a curva de descarga do vertedor tulipa apresentada no Data Oper é a curva teórica elaborada pela HIDROSERVICE;
- a curva de descarga do vertedor tulipa no modelo reduzido foi obtida após a redução do diâmetro para 10,0 m, com 4 pilares com formato aerodinâmico deslocados para o interior da tulipa e a implantação de aeradores no término do perfil tulipa. Estas modificações foram necessárias para ocorrer o afogamento na vazão de projeto de 175 m<sup>3</sup>/s com uma carga da ordem de 3,5 m, conforme consta das páginas 13 a 16 do relatório do modelo reduzido.

O Desenho “As Built” do vertedor tulipa confirma o diâmetro de 10,0 m, a presença de aeradores no término do perfil tulipa e os pilares deslocados para o interior da tulipa. Desta forma foi adotada a curva de descarga obtida no modelo reduzido.

Os levantamentos de campo indicaram que a cota da crista do vertedor tulipa corresponde a 821,88 m. Portanto a curva de descarga do vertedor tulipa consolidada correspondeu àquela obtida no modelo reduzido com a cota da crista ajustada para 821,88 m, conforme apresentado na Tabela 19 e Figura 19.

A Tabela 20 apresenta os valores cota x vazão em função das aberturas da comporta da tomada de água para a descarga de vazões a jusante do aproveitamento Cachoeira. A curva de descarga desta estrutura foi preservada, pois não foi observada diferença na cota da soleira da tomada de

água nas fontes fornecidas, como observado no item 5.2. A Figura 20 apresenta a curva de descarga em função das aberturas da comporta.

As análises desenvolvidas a partir do relatório das curvas de descarga apresentadas no Data Oper resultaram na seguinte relação matemática que representa adequadamente as relações cota x vazão em função das aberturas da comporta da tomada d'água:

$$Q = 5,22325.a^{0,91621} .H^{0,559}$$

onde Q é a vazão em m<sup>3</sup>/s, a é a abertura da comporta em metros (entre 0,00 e 1,20 m) e H é a carga hidráulica que corresponde a diferença do NA com a cota da soleira da tomada d'água de 808,00 m. Ressalta-se que a vazão descarregada é o menor valor entre aquele calculado pela relação matemática e aquele apresentado na última coluna da Tabela 20 correspondente à abertura completa de 1,30 m.

A Tabela 21 apresenta os pares de cota x área x volume do reservatório obtidos do Data Oper e consolidados no levantamento atualizado em 2008. As Figuras 21 e 22 apresentam as relações cota x área e cota x volume do reservatório Cachoeira.

**TABELA 18 – VALORES COTA X VAZÃO DAS CURVAS DE DESCARGA DO VERTEDOR TULIPA**

Curva de descarga vertedor Tulipa - Res. Cachoeira				
Data Oper *			Mod. Reduzido**	
Carga (m)	Cota (m)	Vazão (m³/s)	Cota (m)	Vazão (m³/s)
0,00	821,50		821,50	0,000
0,20	821,70		821,92	16,000
0,28	821,78	0,00	822,22	32,610
0,40	821,90	4,76	822,22	32,619
0,60	822,10	11,91	822,32	39,892
0,80	822,30	25,00	822,46	51,500
1,00	822,50	41,19	822,64	68,000
1,20	822,70	60,71	822,75	78,996
1,40	822,90	81,43	822,86	90,964
1,60	823,10	107,14	822,90	95,000
1,80	823,30	132,14	823,14	119,677
2,00	823,50	156,67	823,22	133,000
2,20	823,70	161,91	823,24	136,051
2,40	823,90	164,29	823,26	138,370
2,60	824,10	166,67	823,35	149,500
2,80	824,30	169,05	823,36	150,802
3,00	824,50	171,25	823,45	163,976
3,20	824,70	172,88	823,49	167,917
3,40	824,90	175,00	823,52	173,021
3,60	825,10	176,19	823,56	174,500
3,80	825,30	177,38	823,74	177,010
4,00	825,50	178,57	824,55	184,500
			824,81	187,000
			825,21	188,500

\* Fonte: Data Oper página 31

\*\* Fonte: Tabela disponível no Desenho MCA 2A-15 (nº 3084) do Relatório Estudo em Modelo reduzido da Barragem de Cachoeira - Relatório Global - Maio de 1971

FIGURA 18

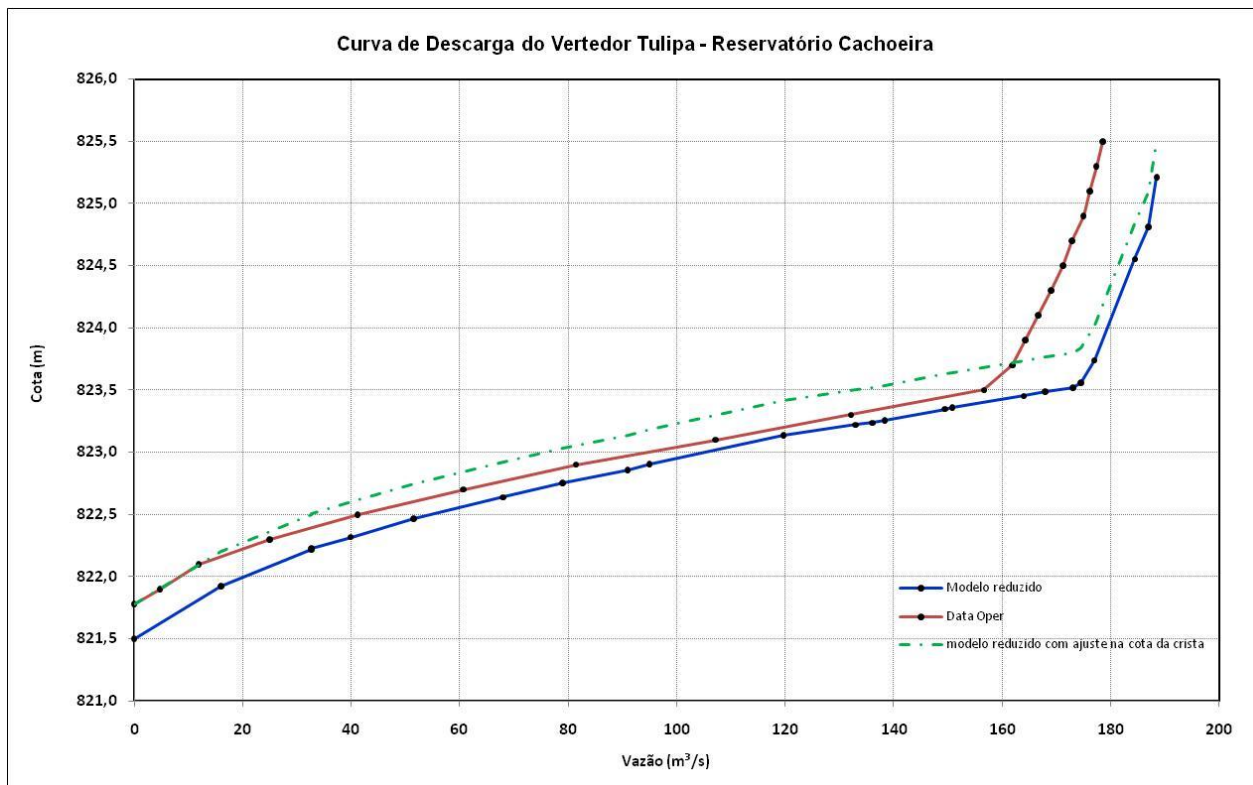
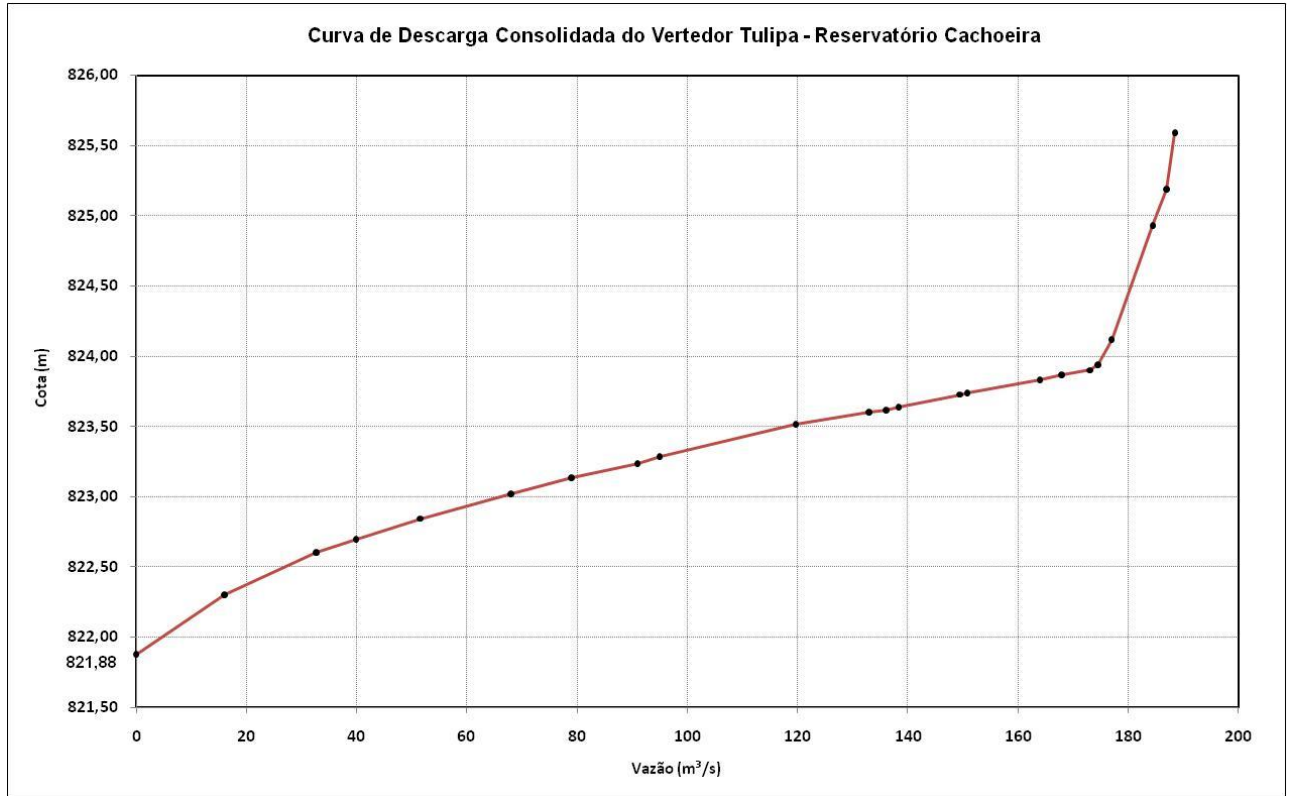


TABELA 19 – CURVA DE DESCARGA CONSOLIDADA DO VERTEDOR TULIPA

Carga (m)	Cota Consolidada (m)	Vazão (m³/s)
0.000	821.880	0.00
0.421	822.301	16.00
0.721	822.601	32.61
0.724	822.604	32.62
0.818	822.698	39.89
0.964	822.844	51.50
1.138	823.018	68.00
1.253	823.133	79.00
1.358	823.238	90.96
1.404	823.284	95.00
1.638	823.518	119.68
1.721	823.601	133.00
1.736	823.616	136.05
1.758	823.638	138.37
1.847	823.727	149.50
1.859	823.739	150.80
1.952	823.832	163.98
1.989	823.869	167.92
2.021	823.901	173.02
2.059	823.939	174.50
2.239	824.119	177.01
3.053	824.933	184.50
3.310	825.190	187.00
3.710	825.590	188.50

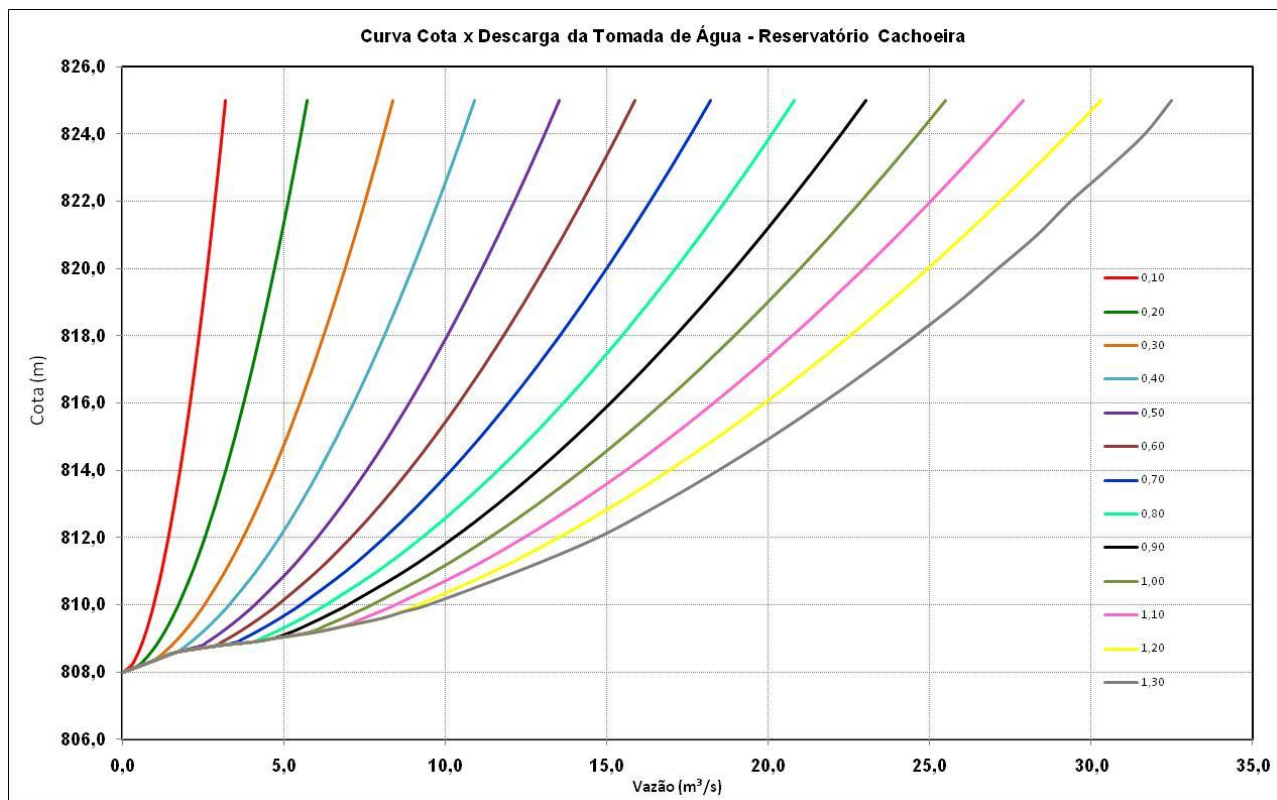
FIGURA 19



**TABELA 20 – CURVA DE DESCARGA DA TOMADA DE ÁGUA DO APROVEITAMENTO CACHOEIRA**

Cota (m)	Curva de Descarga da Tomada de Água do Aproveitamento Cachoeira												
	Vazão (m <sup>3</sup> /s) aberturas da comporta (m)												
	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30
808,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
808,2	0,27	0,48	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
808,4	0,39	0,70	1,03	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
808,6	0,49	0,88	1,29	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67
808,8	0,58	1,03	1,51	1,97	2,45	2,87	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
808,9	0,62	1,10	1,62	2,11	2,61	3,07	3,52	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
809,0	0,65	1,17	1,71	2,23	2,77	3,25	3,73	4,26	4,62	4,62	4,62	4,62	4,62
809,2	0,72	1,30	1,90	2,47	3,07	3,60	4,13	4,72	5,23	5,78	6,00	6,00	6,00
809,4	0,79	1,41	2,07	2,70	3,35	3,93	4,51	5,15	5,70	6,31	6,90	7,00	7,00
809,6	0,85	1,52	2,23	2,91	3,61	4,23	4,86	5,55	6,14	6,79	7,44	8,00	8,00
809,8	0,91	1,63	2,38	3,10	3,85	4,52	5,19	5,92	6,56	7,26	7,95	8,63	8,69
810,0	0,96	1,72	2,53	3,29	4,09	4,80	5,50	6,28	6,96	7,70	8,43	9,15	9,44
811,0	1,21	2,16	3,17	4,13	5,13	6,02	6,90	7,88	8,73	9,66	10,58	11,48	12,22
812,0	1,42	2,54	3,72	4,85	6,02	7,07	8,11	9,26	10,25	11,34	12,42	13,49	14,70
813,0	1,61	2,88	4,22	5,50	6,82	8,01	9,19	10,49	11,61	12,85	14,07	15,28	16,66
814,0	1,78	3,19	4,67	6,09	7,56	8,87	10,17	11,62	12,86	14,23	15,58	16,93	18,44
815,0	1,94	3,48	5,09	6,63	8,24	9,67	11,09	12,66	14,02	15,51	16,99	18,45	20,11
816,0	2,09	3,75	5,49	7,15	8,88	10,42	11,95	13,65	15,11	16,72	18,31	19,88	21,67
817,0	2,23	4,00	5,86	7,64	9,48	11,13	12,76	14,58	16,13	17,86	19,55	21,23	23,14
818,0	2,37	4,24	6,22	8,10	10,06	11,80	13,54	15,46	17,11	18,94	20,74	22,52	24,55
819,0	2,50	4,48	6,56	8,54	10,61	12,45	14,28	16,31	18,05	19,98	21,88	23,76	25,89
820,0	2,62	4,70	6,88	8,97	11,14	13,07	14,99	17,12	18,95	20,97	22,97	24,94	27,11
821,0	2,74	4,92	7,20	9,38	11,65	13,67	15,68	17,91	19,82	21,93	24,02	26,09	28,33
822,0	2,86	5,12	7,50	9,78	12,14	14,25	16,34	18,66	20,66	22,86	25,04	27,19	29,37
823,0	2,97	5,33	7,80	10,16	12,62	14,81	16,98	19,40	21,47	23,76	26,02	28,26	30,56
824,0	3,08	5,52	8,09	10,53	13,08	15,35	17,61	20,11	22,26	24,64	26,98	29,30	31,67
825,0	3,18	5,71	8,37	10,90	13,53	15,88	18,22	20,80	23,03	25,49	27,91	30,31	32,50

FIGURA 20 – CURVA DE DESCARGA DA TOMADA DE ÁGUA DO APROVEITAMENTO CACHOEIRA



**TABELA 21 – RELAÇÃO COTA X ÁREA X VOLUME DO RESERVATÓRIO CACHOEIRA**

Reservatório Cachoeira					
Levantamento 2008			Data Oper		
Cota (m)	Área (km <sup>2</sup> )	Volume (hm <sup>3</sup> )	Cota (m)	Área (km <sup>2</sup> )	Volume (hm <sup>3</sup> )
790,00	0,00	0,00	795,00	0,13	0,00
791,00	0,01	0,00	797,50	0,81	0,00
792,00	0,04	0,02	800,00	1,63	3,75
793,00	0,11	0,09	802,50	2,50	8,44
794,00	0,23	0,26	805,00	3,25	15,00
795,00	0,37	0,55	807,50	4,00	23,44
796,00	0,58	1,03	810,00	4,75	34,69
797,00	0,82	1,72	812,50	5,50	46,88
798,00	1,08	2,67	815,00	6,38	63,75
799,00	1,38	3,91	817,50	7,19	80,63
800,00	1,75	5,47	820,00	8,00	97,50
801,00	2,07	7,36	822,50	8,75	119,06
802,00	2,38	9,59	825,00	9,63	145,31
803,00	2,72	12,16			
804,00	3,05	15,04			
805,00	3,33	18,22			
806,00	3,59	21,68			
807,00	3,82	25,39			
808,00	4,05	29,33			
809,00	4,31	33,49			
810,00	4,58	37,92			
811,00	4,89	42,67			
811,88	5,20	47,73			
812,88	5,51	53,09			
813,88	5,82	58,73			
814,88	6,10	64,66			
815,88	6,44	70,92			
816,88	6,73	77,54			
817,88	7,22	84,57			
818,88	7,74	92,00			
819,88	8,04	99,85			
820,88	8,33	108,05			
821,88	8,63	116,56			
822,88	8,93	125,34			
823,88	9,23	134,40			

FIGURA 21

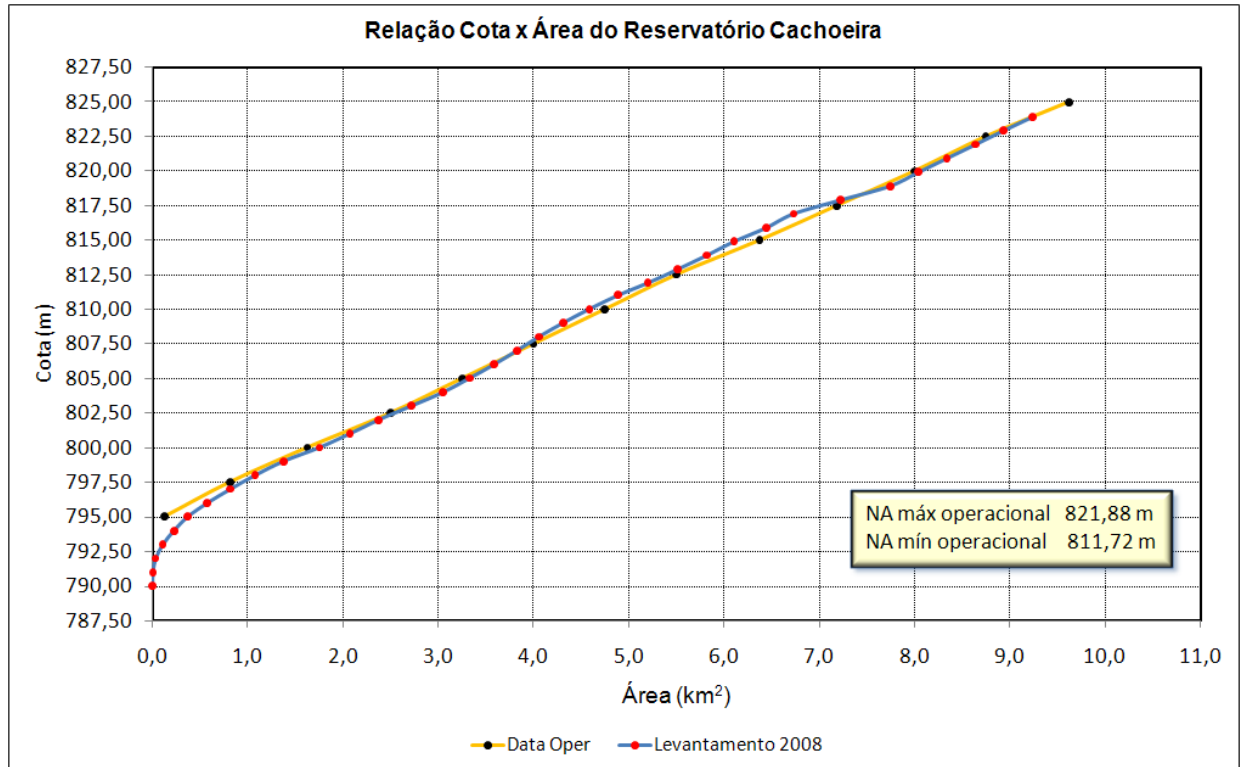
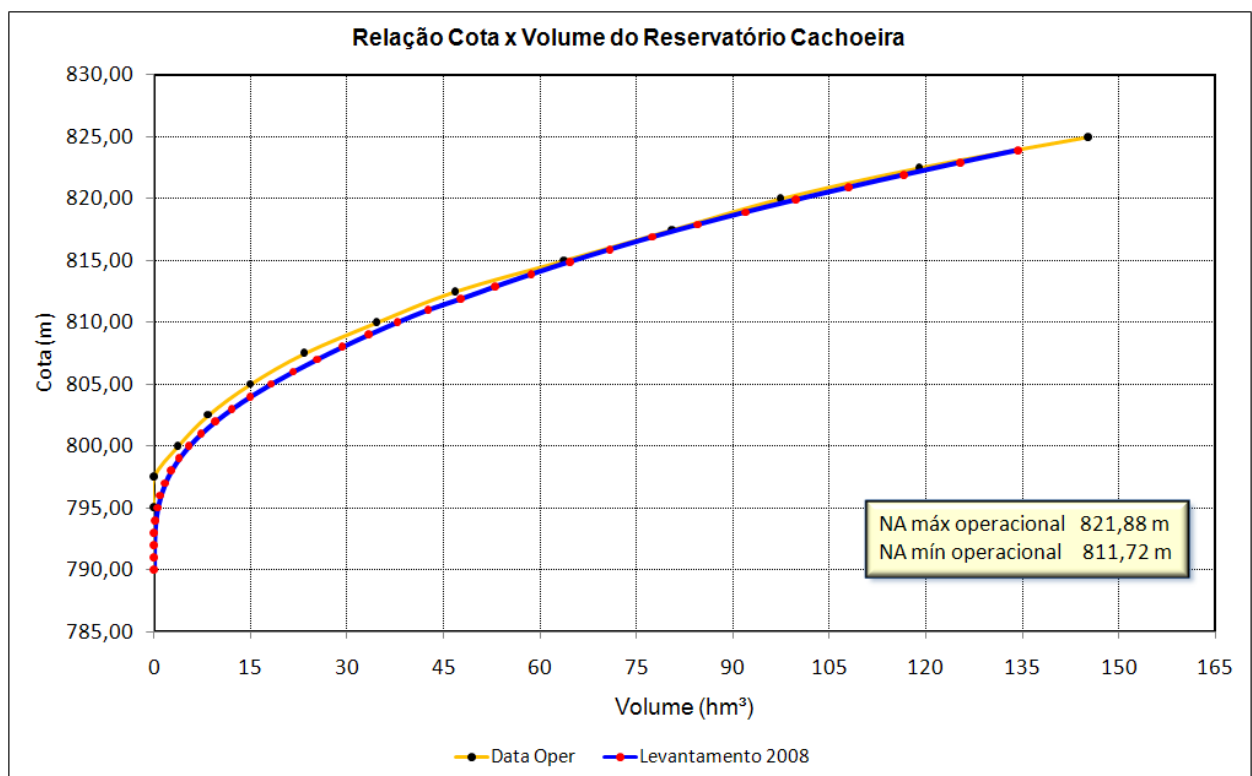


FIGURA 22



### 6.3 APROVEITAMENTO ATIBAINHA

As análises desenvolvidas indicaram que a curva de descarga do vertedor apresentada no Data Oper resulta em descargas diferentes daquelas resultantes da curva de descarga que consta dos estudos em modelo reduzido desenvolvidos pelo DAEE-Escola Politécnica da USP.

A Tabela 22 e a Figura 23 apresentam as curvas de descarga do vertedor tulipa obtidas do Data Oper e dos ensaios em modelo reduzido. Para a análise comparativa foi feita uma compatibilização das curvas de descarga adotando como crista do vertedor aquela apresentada no Data Oper e no desenho “As Built” de 786,87 m. A Figura 23 apresenta a curva de descarga do vertedor Tulipa obtida no modelo reduzido com a cota de crista ajustada para 786,87 m em linha verde tracejada.

A análise das curvas de descarga do vertedor tulipa apresentadas na Figura 18 permite concluir que:

- para NA até a cota 788,35 m as vazões indicadas pela curva de descarga do Data Oper são maiores que aquelas obtidas no modelo reduzido;
- para NA acima da cota 788,35 m as vazões obtidas na curva de descarga do modelo reduzido são maiores que aquelas indicadas no Data Oper.

A análise destes resultados, dos projetos coletados, dos desenhos “As Built” e do relatório do modelo reduzido permite concluir que:

- a curva de descarga do vertedor tulipa apresentada no Data Oper é a curva teórica elaborada pela HIDROSERVICE com um diâmetro de 6,5 m;
- a curva de descarga do vertedor tulipa no modelo reduzido foi obtida após a redução do diâmetro para 6,0 m, com 4 pilares com formato aerodinâmico deslocados para o interior da tulipa e a implantação de aeradores no término do perfil tulipa. Estas modificações foram necessárias para ocorrer o afogamento na vazão de projeto de 73 m<sup>3</sup>/s com uma carga da ordem de 2,00 m, conforme consta das páginas 10 e 11 do relatório do modelo reduzido.

O Desenho “As Built” do vertedor tulipa confirma o diâmetro de 6,0 m, a presença de aeradores no término do perfil tulipa e os pilares deslocados para o interior da tulipa. Desta forma foi adotada a curva de descarga obtida no modelo reduzido.

Os levantamentos de campo indicaram que a cota da crista do vertedor tulipa corresponde a 786,72 m. Portanto a curva de descarga do vertedor tulipa consolidada correspondeu àquela obtida no modelo reduzido com a cota da crista ajustada para 786,72 m, conforme apresentado na Tabela 23 e Figura 24.

A Tabela 24 apresenta os valores cota x vazão em função das aberturas da comporta da tomada de água para a descarga de vazões a jusante do aproveitamento Atibaia. As curvas de descarga desta estrutura apresentadas no Data Oper foram mantidas uma vez que a cota da soleira

774,27 m coincide com àquela indicada do desenho do Data Oper. A Figura 25 apresenta a curva de descarga em função das aberturas da comporta.

As análises desenvolvidas a partir do relatório das curvas de descarga apresentadas no Data Oper resultaram na seguinte relação matemática que representa adequadamente as relações cota x vazão em função das aberturas da comporta da tomada d'água:

$$Q = 2,8019 \cdot a \cdot H^{0,5917}$$

onde Q é a vazão em m<sup>3</sup>/s, a é a abertura da comporta em metros (entre 0,00 e 0,80 m) e H é a carga hidráulica que corresponde a diferença do NA com a cota da soleira da tomada d'água de 774,27 m. Ressalta-se que a vazão descarregada é o menor valor entre aquele calculado pela relação matemática e aquele apresentado na última coluna da Tabela 24 correspondente à abertura completa de 0,90 m.

A Tabela 25 apresenta os pares de cota x área x volume do reservatório obtidos do Data Oper e consolidados no levantamento atualizado em 2008. As Figuras 26 e 27 apresentam as relações cota x área e cota x volume do reservatório Atibainha.

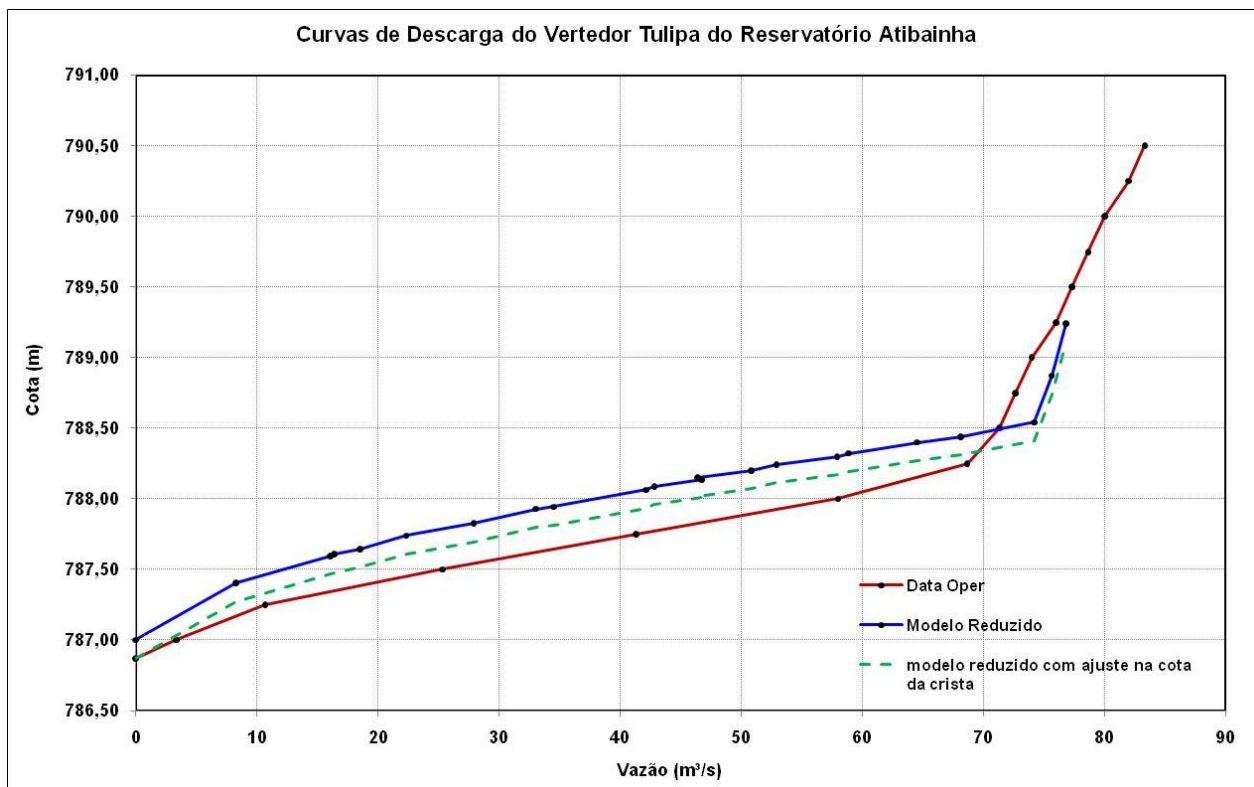
**TABELA 22 – CURVAS DE DESCARGA DO VERTEDOR TULIPA DO RESERVATÓRIO ATIBAINHA**

Curva de descarga do vertedor Tulipa do Aproveitamento Atibainha			
Data Oper *		Mod. Reduzido**	
Cota (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Cota (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
786,87	0,00		
787,00	3,33	787,00	0,000
787,25	10,67	787,40	8,279
787,50	25,33	787,60	16,060
787,75	41,33	787,61	16,400
788,00	58,00	787,65	18,525
788,25	68,67	787,74	22,333
788,50	71,33	787,83	27,890
788,75	72,67	787,93	33,020
789,00	74,00	787,94	34,490
789,25	76,00	788,06	42,117
789,50	77,33	788,09	42,820
789,75	78,67	788,14	46,709
790,00	80,00	788,15	46,400
790,25	82,00	788,20	50,850
790,50	83,33	788,24	52,910
		788,30	57,928
		788,32	58,880
		788,40	64,530
		788,44	68,152
		788,54	74,214
		788,87	75,639
		789,24	76,815

\* Fonte: Data Oper página 39

\*\* Fonte: Tabela disponível no Desenho MAT 1A-17 ( n<sup>o</sup> 3094) do Relatório Estudo em Modelo reduzido da Barragem de Atibainha - Relatório Global - Maio de 1971

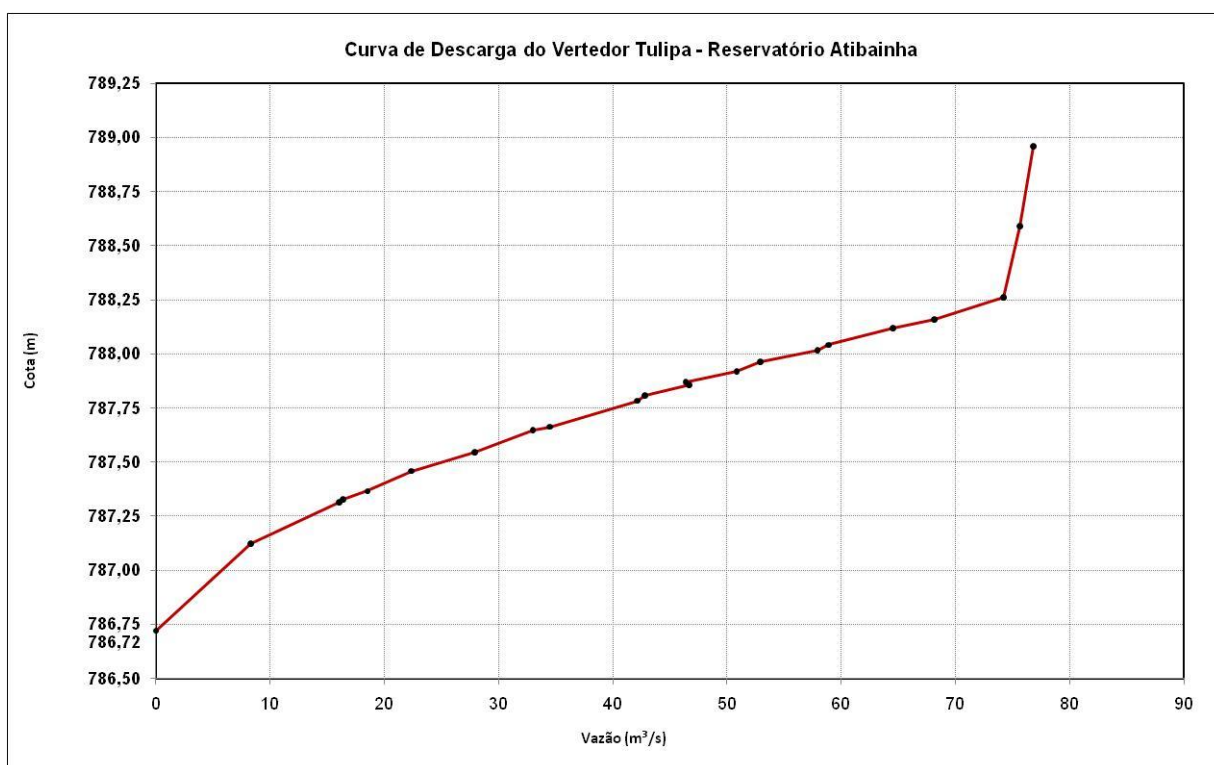
FIGURA 23



**TABELA 23 – CURVA DE DESCARGA DO VERTEDEDOR TULIPA**

Carga (m)	Cota Consolidada (m)	Vazão (m³/s)
0,00	786,72	0,00
0,40	787,12	8,28
0,60	787,32	16,06
0,61	787,33	16,40
0,65	787,37	18,53
0,74	787,46	22,33
0,83	787,55	27,89
0,93	787,65	33,02
0,94	787,66	34,49
1,06	787,78	42,12
1,09	787,81	42,82
1,14	787,86	46,71
1,15	787,87	46,40
1,20	787,92	50,85
1,24	787,96	52,91
1,30	788,02	57,93
1,32	788,04	58,88
1,40	788,12	64,53
1,44	788,16	68,15
1,54	788,26	74,21
1,87	788,59	75,64
2,24	788,96	76,82

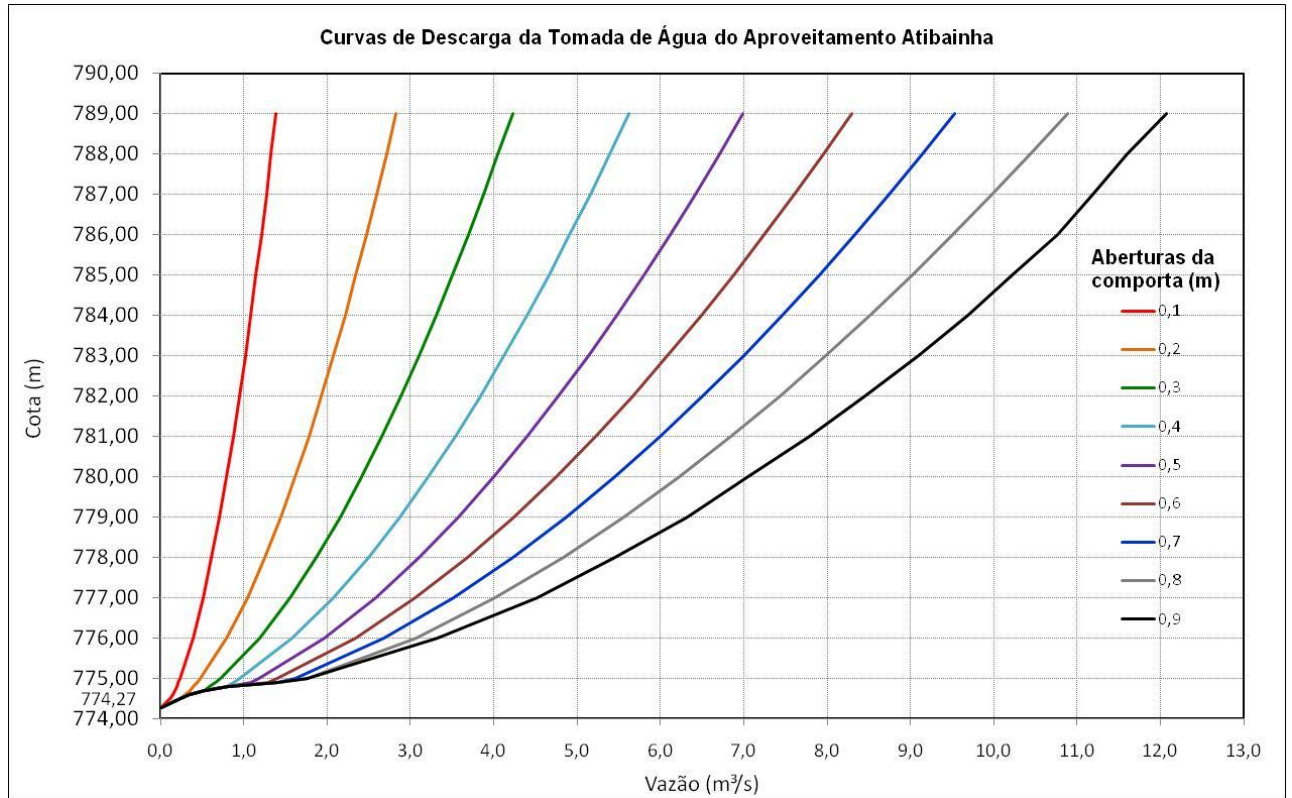
**FIGURA 24**



**TABELA 24 – CURVAS DE DESCARGA DA TOMADA DE ÁGUA DO APROVEITAMENTO ATIBAINHA**

Cota (m)	Curvas Cota x Vazão da Tomada de Água do Aproveitamento Atibainha								
	Vazão (m <sup>3</sup> /s) em função das aberturas da comporta (m)								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
774,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
774,50	0,12	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
774,60	0,15	0,30	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
774,70	0,17	0,35	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
774,80	0,19	0,40	0,59	0,79	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
774,90	0,21	0,44	0,65	0,87	1,08	1,28	1,40	1,40	1,40
775,00	0,23	0,48	0,71	0,95	1,18	1,40	1,61	1,76	1,76
776,00	0,39	0,80	1,19	1,58	1,97	2,34	2,68	3,06	3,32
777,00	0,51	1,04	1,56	2,07	2,58	3,06	3,52	4,01	4,52
778,00	0,61	1,26	1,87	2,49	3,10	3,68	4,23	4,83	5,45
779,00	0,71	1,44	2,16	2,87	3,57	4,24	4,87	5,56	6,33
780,00	0,79	1,62	2,42	3,22	4,00	4,74	5,45	6,23	7,05
781,00	0,87	1,78	2,66	3,54	4,40	5,22	6,00	6,85	7,79
782,00	0,95	1,93	2,88	3,84	4,77	5,66	6,51	7,43	8,46
783,00	1,02	2,08	3,10	4,12	5,13	6,09	7,00	7,99	9,09
784,00	1,08	2,21	3,30	4,40	5,47	6,49	7,46	8,52	9,69
785,00	1,15	2,35	3,50	4,66	5,80	6,88	7,90	9,02	10,22
786,00	1,21	2,47	3,69	4,91	6,11	7,25	8,33	9,51	10,77
787,00	1,27	2,60	3,87	5,16	6,41	7,61	8,74	9,98	11,19
788,00	1,33	2,71	4,05	5,39	6,71	7,96	9,14	10,44	11,60
789,00	1,38	2,83	4,22	5,62	6,99	8,29	9,53	10,88	12,07

FIGURA 25



**TABELA 25 – RELAÇÕES COTA X ÁREA X VOLUME DO RESERVATÓRIO ATIBAINHA**

Reservatório Atibainha					
Levantamento 2008			Data Oper		
Cota (m)	Área (km <sup>2</sup> )	Volume (hm <sup>3</sup> )	Cota (m)	Área (km <sup>2</sup> )	Volume (hm <sup>3</sup> )
756,00	0,00	0,00	760,00	0,52	0,00
757,00	0,00	0,00	762,50	2,26	5,22
758,00	0,23	0,00	765,00	4,35	13,04
759,00	0,45	0,00	767,50	6,26	26,09
761,00	1,54	0,77	770,00	8,35	41,74
762,00	2,16	2,62	772,50	10,43	62,61
763,00	2,83	5,12	775,00	12,52	88,70
764,00	3,46	8,26	777,50	14,43	122,61
765,00	4,03	12,01	780,00	16,52	161,74
766,00	4,74	16,40	782,50	18,43	203,48
767,00	5,57	21,55	785,00	20,52	253,04
768,00	6,36	27,52	787,50	22,61	318,26
769,00	7,16	34,28	790,00	24,87	409,57
770,00	7,97	41,84			
771,00	8,74	50,19			
772,00	9,51	59,32			
773,00	10,32	69,23			
774,00	11,16	79,97			
775,00	12,00	91,55			
776,00	12,87	103,98			
777,00	13,77	117,31			
778,00	14,75	131,57			
779,00	15,63	146,76			
780,00	16,42	162,78			
781,00	17,16	179,57			
782,00	17,83	197,06			
783,00	18,50	215,23			
784,00	19,08	234,02			
785,00	20,47	253,79			
786,00	21,30	274,68			
787,00	21,96	296,31			
788,00	22,70	318,64			
789,00	23,53	341,75			
790,00	24,32	365,68			

FIGURA 26

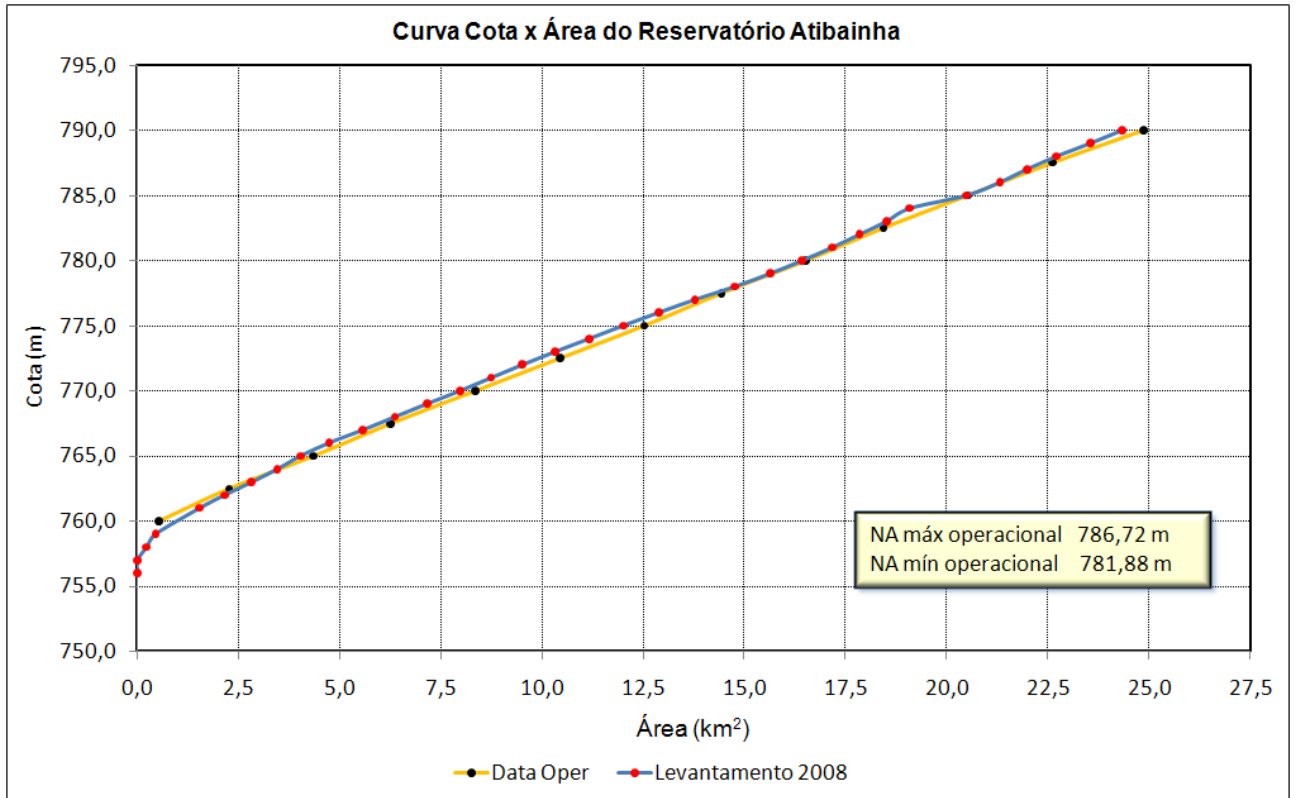
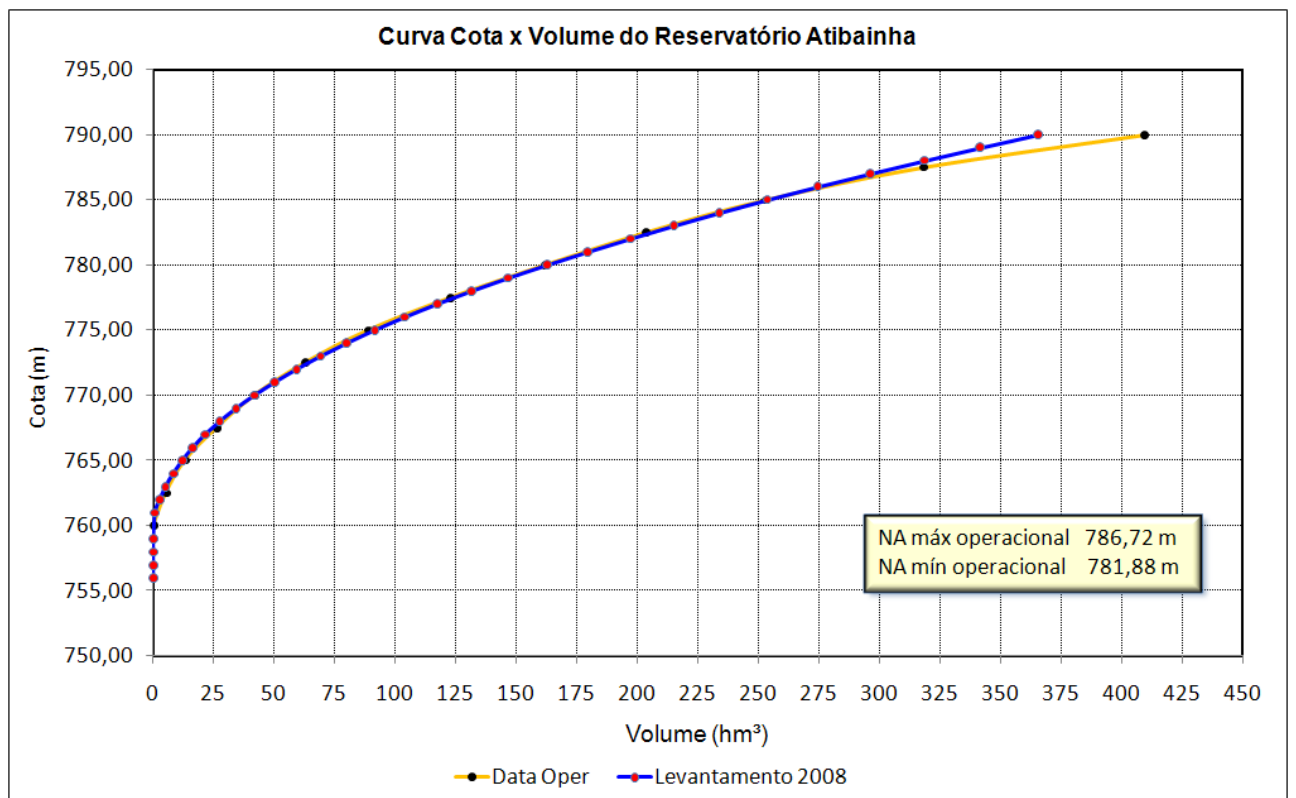


FIGURA 27



## 6.4 APROVEITAMENTO PAIVA CASTRO (BARRAGEM DO JUQUERI)

As análises desenvolvidas indicaram que as curvas de descarga do descarregador principal apresentada no Data Oper para diversas aberturas de comportas tem a mesma forma daquelas que constam do Desenho MJ-3 do relatório dos ensaios em modelo reduzido desenvolvidos pelo DAEE-Escola Politécnica da USP. A diferença das curvas de descarga está relacionada apenas com a cota da crista do vertedor que no Data Oper é 738,91 m enquanto no modelo reduzido é 739,00 m. Por sua vez o levantamento de campo determinou que a cota da crista do vertedor é 739,02 m.

As curvas de descarga do descarregador principal foram determinadas utilizando a forma que consta nos ensaios em modelo reduzido e no Data Oper adaptando às cotas em função do levantamento de campo.

A Tabela 26 e a Figura 28 apresentam as curvas de descarga do descarregador principal do reservatório Paiva Castro (Juqueri) em função da abertura das comportas. As análises efetuadas permitiram determinar uma relação funcional em função das aberturas da comporta da tomada d'água:

$$Q = 17,046 \cdot a^{0,8618} \cdot H^{0,6157}$$

onde Q é a vazão em m<sup>3</sup>/s, a é a abertura da comporta em metros (entre 0,00 e 4,20 m) e H é a carga hidráulica que corresponde a diferença do NA com a cota da soleira da tomada d'água de 739,02 m. A vazão Q deve ser menor ou igual à correspondente vazão para a abertura total das comportas.

A Tabela 27 e a Figura 29 apresentam as curvas cota x descarga do descarregador de fundo para diversas aberturas da válvula esfera, obtidas sem alterações ou adequações do Data Oper.

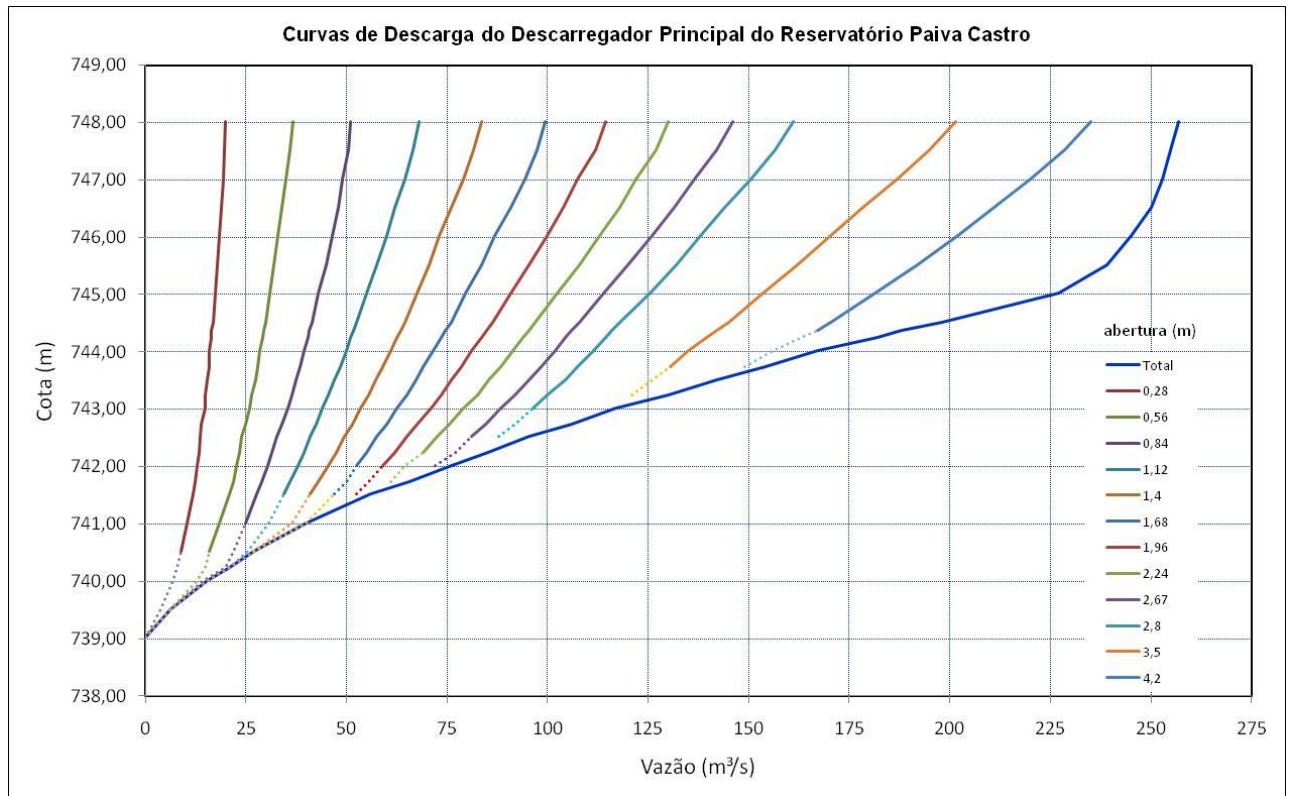
A Tabela 28 e a Figura 30 apresentam as curvas cota x descarga do descarregador de fundo para diversas aberturas da válvula borboleta, obtidas sem alterações ou adequações do Data Oper.

A Tabela 29 apresenta os pares de cota x área x volume do reservatório obtidos do Data Oper, utilizados pela SABESP e consolidados no levantamento atualizado em 2008. As Figuras 31 e 32 apresentam as relações cota x área e cota x volume do reservatório Paiva Castro (Juqueri). É interessante observar que houve um significativo aumento do volume do reservatório Juqueri em relação àquele utilizado atualmente e uma significativa diminuição de cerca de 5 hm<sup>3</sup> em relação ao Data Oper.

**TABELA 26 – CURVAS DE DESCARGA DO DESCARREGADOR PRINCIPAL**

Cota Consolidada (m)	Curvas de Descarga do Descarregador Principal do Aproveitamento Paiva Castro (Juqueri)												
	Vazão (m <sup>3</sup> /s) em função da abertura da comporta (m)												
	0,28	0,56	0,84	1,12	1,4	1,68	1,96	2,24	2,67	2,8	3,5	4,2	Total
739,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
739,52	3,90	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
740,02	7,00	13,00	14,41	15,50	15,50	15,50	15,50	15,50	15,50	15,50	15,50	15,50	15,50
740,25	7,80	15,00	20,00	20,82	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00
740,52	9,00	16,00	22,00	25,50	27,00	27,00	27,00	27,00	27,00	27,00	27,00	27,00	27,00
741,02	10,50	18,50	25,00	30,80	36,50	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
741,52	12,00	21,00	27,80	34,50	41,00	47,00	52,50	56,00	56,00	56,00	56,00	56,00	56,00
741,75	12,50	22,00	29,00	36,00	43,00	50,00	55,50	61,00	65,50	65,50	65,50	65,50	65,50
742,02	13,00	22,80	30,50	38,00	45,50	52,50	59,00	64,50	72,00	76,00	76,00	76,00	76,00
742,25	13,50	23,50	31,50	39,50	47,50	55,00	62,00	69,00	77,00	85,00	85,00	85,00	85,00
742,52	13,75	24,00	32,70	41,00	49,50	57,50	65,00	72,50	81,00	88,00	95,50	95,50	95,50
742,75	14,00	25,00	34,00	42,50	51,50	60,00	67,50	75,50	84,50	92,00	106,00	106,00	106,00
743,02	14,80	26,00	35,50	44,00	53,50	62,50	71,00	79,00	88,50	96,50	117,00	117,00	117,00
743,25	15,00	26,50	36,50	45,50	55,50	65,00	73,50	82,50	91,80	100,00	121,00	130,00	130,00
743,52	15,50	27,50	37,50	47,00	57,20	67,20	76,00	85,50	95,50	104,50	126,00	142,00	142,00
743,75	16,00	28,00	38,50	48,50	59,00	69,00	78,50	88,50	98,50	107,50	130,50	149,00	154,00
744,02	16,00	28,50	39,50	50,00	61,00	71,50	81,00	91,50	102,00	111,50	135,00	156,00	167,00
744,25	16,50	29,20	40,50	51,00	62,50	73,50	83,50	94,00	104,50	114,50	139,50	163,00	182,00
744,37	16,50	29,50	40,70	51,80	63,50	74,50	84,90	95,50	106,00	116,00	142,00	167,00	188,00
744,52	17,00	30,00	41,50	52,50	64,50	76,00	86,40	97,00	108,00	118,00	145,00	170,50	198,00
745,02	17,50	31,00	43,00	55,00	67,50	79,50	91,00	102,50	114,00	125,50	153,50	181,50	227,00
745,52	18,00	32,00	45,00	57,50	70,50	83,50	95,50	108,00	120,00	132,00	162,00	192,00	239,00
746,02	18,50	33,00	46,50	60,00	73,00	87,00	100,00	113,00	126,00	138,00	170,50	202,00	245,00
746,52	19,00	34,00	48,00	62,00	76,00	91,00	104,00	118,00	131,50	144,00	178,50	211,00	250,00
747,02	19,50	35,00	49,00	64,50	79,00	94,50	107,50	122,00	136,50	150,50	187,00	220,00	253,00
747,52	19,80	36,00	50,50	66,50	81,50	97,50	112,00	127,00	142,00	156,50	195,00	228,50	255,00
748,02	19,85	36,80	51,00	68,00	83,50	99,50	114,50	130,00	146,00	161,00	201,50	235,00	257,00

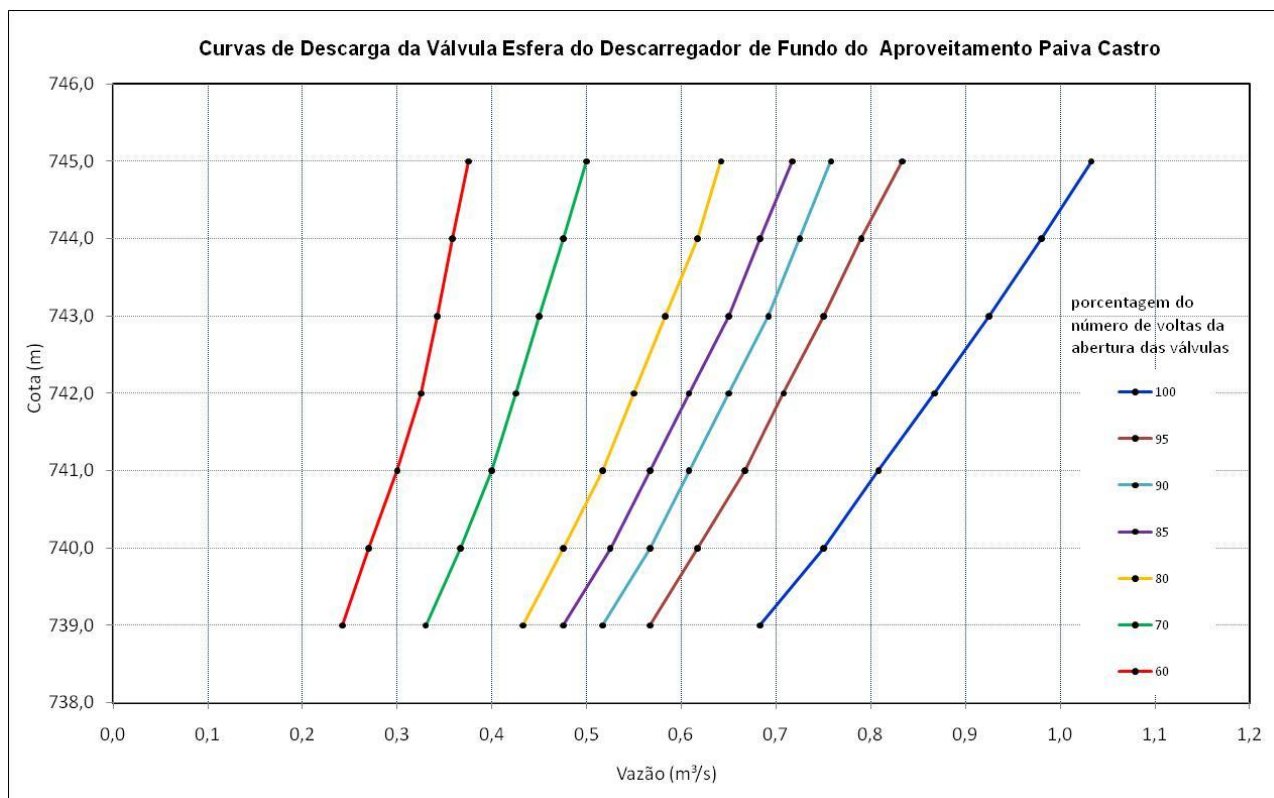
FIGURA 28



**TABELA 27 – CURVAS DE DESCARGA DA VÁLVULA ESFERA DO DESCARREGADOR DE FUNDO**

Cota (m)	Curva Cota x Vazão X Abertura da Válvula Esfera do Descarregador de Fundo - Reservatório Paiva Castro (Juqueri)						
	Vazão (m <sup>3</sup> /s) Porcentagem do número de voltas da abertura da válvula						
	60	70	80	85	90	95	100
739	0,24	0,33	0,43	0,48	0,52	0,57	0,68
740	0,27	0,37	0,48	0,53	0,57	0,62	0,75
741	0,30	0,40	0,52	0,57	0,61	0,67	0,81
742	0,33	0,43	0,55	0,61	0,65	0,71	0,87
743	0,34	0,45	0,58	0,65	0,69	0,75	0,93
744	0,36	0,48	0,62	0,68	0,73	0,79	0,98
745	0,38	0,50	0,64	0,72	0,76	0,83	1,03

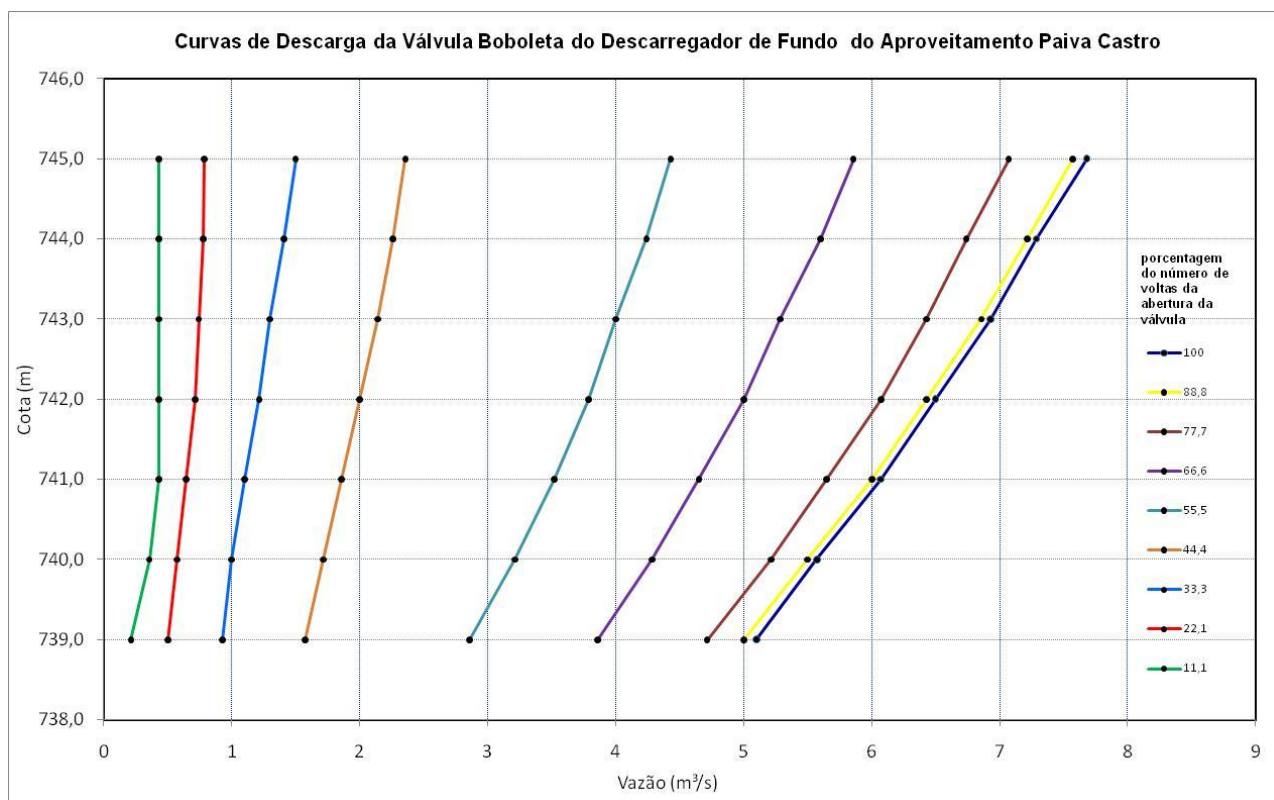
**FIGURA 29**



**TABELA 28 – CURVAS DE DESCARGA DA VÁLVULA BORBOLETA DO DESCARREGADOR DE FUNDO**

Cota (m)	Curva Cota x Vazão X Abertura da Válvula Borboleta do Descarregador de Fundo - Reservatório Paiva Castro (Juqueri)								
	Vazão (m <sup>3</sup> /s) Porcentagem do número de voltas da abertura da válvula (%)								
	11,1	22,2	33,3	44,4	55,5	66,6	77,7	88,8	100
739	0,21	0,50	0,93	1,57	2,86	3,86	4,71	5,00	5,10
740	0,36	0,57	1,00	1,71	3,21	4,29	5,21	5,50	5,57
741	0,43	0,64	1,10	1,86	3,52	4,65	5,65	6,00	6,07
742	0,43	0,71	1,21	2,00	3,79	5,00	6,07	6,43	6,50
743	0,43	0,74	1,30	2,14	4,00	5,29	6,43	6,86	6,93
744	0,43	0,78	1,41	2,26	4,24	5,60	6,74	7,21	7,29
745	0,43	0,79	1,50	2,36	4,43	5,86	7,07	7,57	7,68

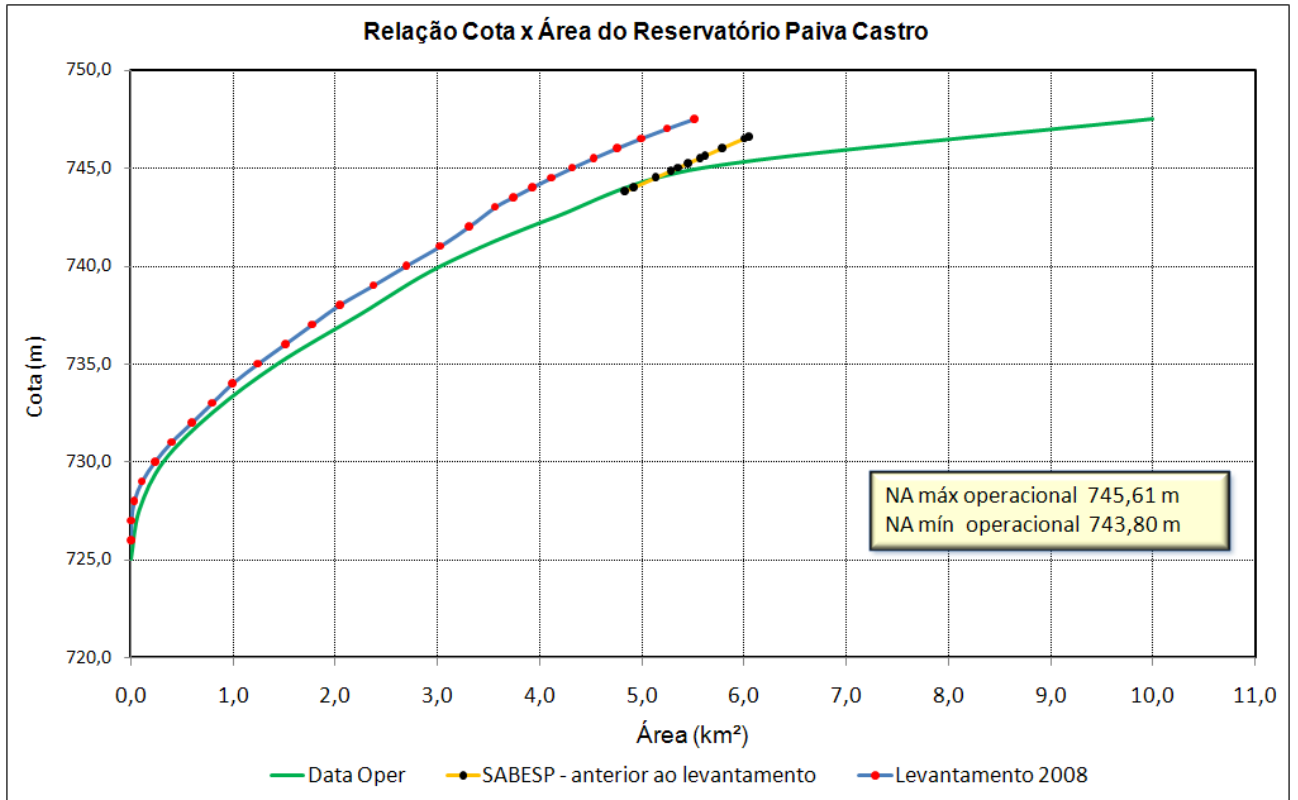
**FIGURA 30**



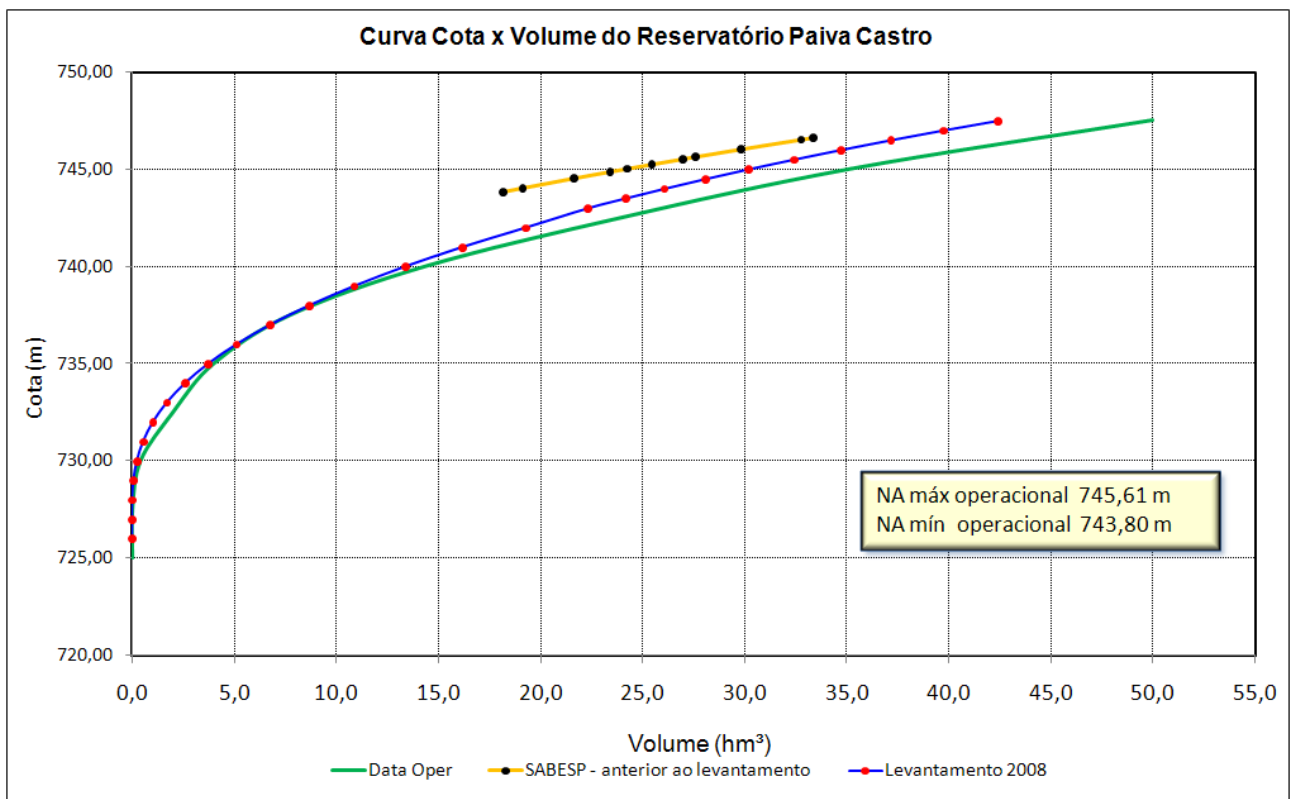
**TABELA 29 – RELAÇÕES COTA X ÁREA X VOLUME DO RESERVATÓRIO PAIVA CASTRO (JUQUERI)**

Reservatório Paiva Castro (Juqueri)								
Levantamento 2008			SABESP - anterior ao levantamento			Data Oper		
Cota (m)	Área (km <sup>2</sup> )	Volume (hm <sup>3</sup> )	Cota (m)	Área (km <sup>2</sup> )	Volume (hm <sup>3</sup> )	Cota (m)	Área (km <sup>2</sup> )	Volume (hm <sup>3</sup> )
726,00	0,0002	0,00	743,80	4,82	18,13	725,00	0,00	0,00
727,00	0,0036	0,00	744,00	4,91	19,10	727,50	0,08	0,00
728,00	0,03	0,00	744,50	5,13	21,61	730,00	0,32	0,40
729,00	0,11	0,07	744,84	5,28	23,38	732,50	0,80	2,00
730,00	0,24	0,24	745,00	5,35	24,23	735,00	1,44	4,00
731,00	0,40	0,55	745,22	5,44	25,42	737,50	2,24	7,76
732,00	0,60	1,03	745,50	5,56	26,96	740,00	3,04	14,40
733,00	0,80	1,71	745,61	5,61	27,57	742,50	4,16	24,00
734,00	1,00	2,61	746,00	5,78	29,79	745,00	5,60	35,20
735,00	1,24	3,74	746,50	6,00	32,74	747,50	10,00	50,00
736,00	1,51	5,13	746,60	6,04	33,34			
737,00	1,77	6,77						
738,00	2,04	8,70						
739,00	2,37	10,90						
740,00	2,70	13,39						
741,00	3,03	16,18						
742,00	3,31	19,28						
743,00	3,57	22,35						
743,50	3,74	24,18						
744,00	3,93	26,10						
744,50	4,12	28,11						
745,00	4,32	30,22						
745,50	4,53	32,43						
746,00	4,76	34,75						
746,50	5,00	37,19						
747,00	5,25	39,75						
747,50	5,52	42,44						

**FIGURA 31**



**FIGURA 32**



## 6.5 TÚNEL 7

Conforme comentado anteriormente, não foram feitos levantamentos de campo no túnel 7. Desta forma foram mantidas as curvas de descarga das comportas do túnel 7 que faz a ligação dos reservatórios Jacareí e Cachoeira. A montante do túnel 7 há uma tomada seletiva com comportas deslizantes acionadas por guincho com 6 aberturas dispostas simetricamente em 3 pares.

A Tabela 30 e a Figura 33 apresentam as curvas de descarga para a alternativa de operação de apenas uma comporta ao longo das 3 aberturas da tomada d'água seletiva fornecendo a vazão em função dos NA dos reservatórios do Jaguari e Cachoeira.

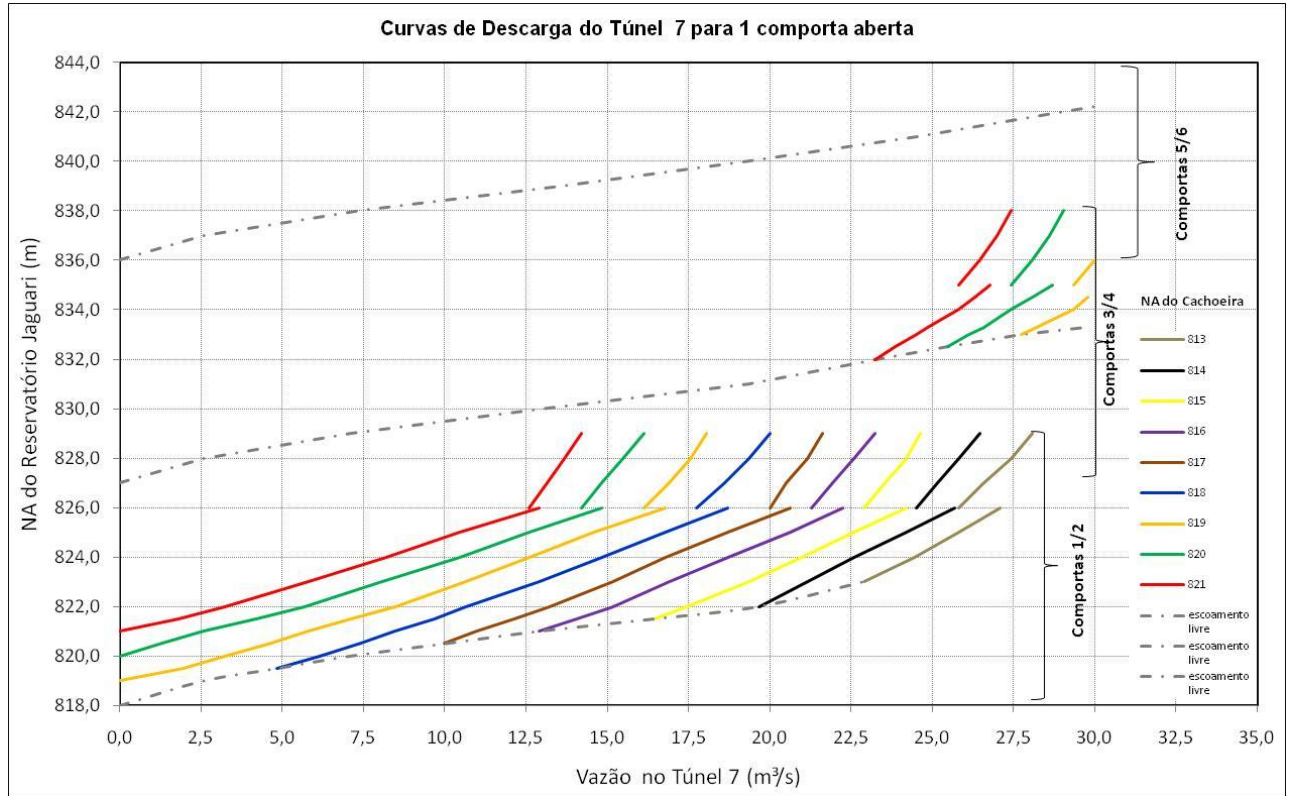
A Tabela 31 e a Figura 34 apresentam as curvas de descarga para a alternativa de operação de das duas comportas ao longo das 3 aberturas da tomada d'água seletiva fornecendo a vazão em função dos NA dos reservatórios do Jaguari e Cachoeira.

A capacidade nominal do túnel 7 é de  $35 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**TABELA 30 – RELAÇÃO COTAS DO NA NOS RESERVATÓRIOS JAGUARI E CACHOEIRA E AS VAZÕES DO TÚNEL 7 PARA UMA OPERAÇÃO COM UMA COMPORTA**

Cota (m)	Curvas de Descarga em Operação com 1 comporta no Túnel 7													
	Vazão (m <sup>3</sup> /s) em função do NA do reservatório Cachoeira (m)											escoamento livre	escoamento livre	escoamento livre
	813	814	815	816	817	818	819	820	821	821				
818,0												0,00		
819,0							0,00					2,58		
819,5						4,84	1,94					4,84		
820,0						6,13	3,23	0,00				7,10		
820,5					10,00	7,42	4,65	1,29				10,00		
821,0				12,90	10,98	8,47	5,81	2,58	0,00			12,90		
821,5			16,45	14,07	12,13	9,67	7,10	4,19	1,81			16,45		
822,0		19,68	17,42	15,16	13,23	10,65	8,45	5,68	3,23			19,68		
823,0	22,90	21,16	19,36	16,90	15,16	12,90	10,65	8,07	5,81			22,90		
824,0	24,45	22,58	20,97	18,71	16,77	14,84	12,58	10,45	8,19					
825,0	25,81	24,19	22,58	20,65	18,71	16,77	14,58	12,58	10,45					
826,0	27,10	25,68	24,19	22,26	20,65	18,71	16,77	14,84	12,90					
826,0	25,81	24,52	22,90	21,29	20,00	17,74	16,13	14,19	12,58					
827,0	26,58	25,16	23,55	21,94	20,52	18,60	16,90	14,84	13,15				0,00	
828,0	27,42	25,81	24,19	22,58	21,16	19,36	17,55	15,48	13,68				2,58	
829,0	28,07	26,45	24,65	23,23	21,61	20,00	18,07	16,13	14,19			14,32	7,10	
830,0													12,90	
831,0													19,36	
832,0										23,23			23,23	
832,5								25,48	23,87				25,48	
833,0							27,74	26,13	24,52				27,74	
833,3							28,20	26,58	24,84				29,68	
834,0							29,36	27,42	25,81					
834,5							29,80	28,07	26,30					
835,0								28,71	26,77					
835,0								29,36	27,42	25,81				
836,0								30,00	28,07	26,45				0,00
837,0									28,60	27,00				2,58
838,0									29,03	27,42				7,42
839,0														13,55
840,0														19,36
841,0														24,52
842,0														29,03
842,2														30,00
843,2														

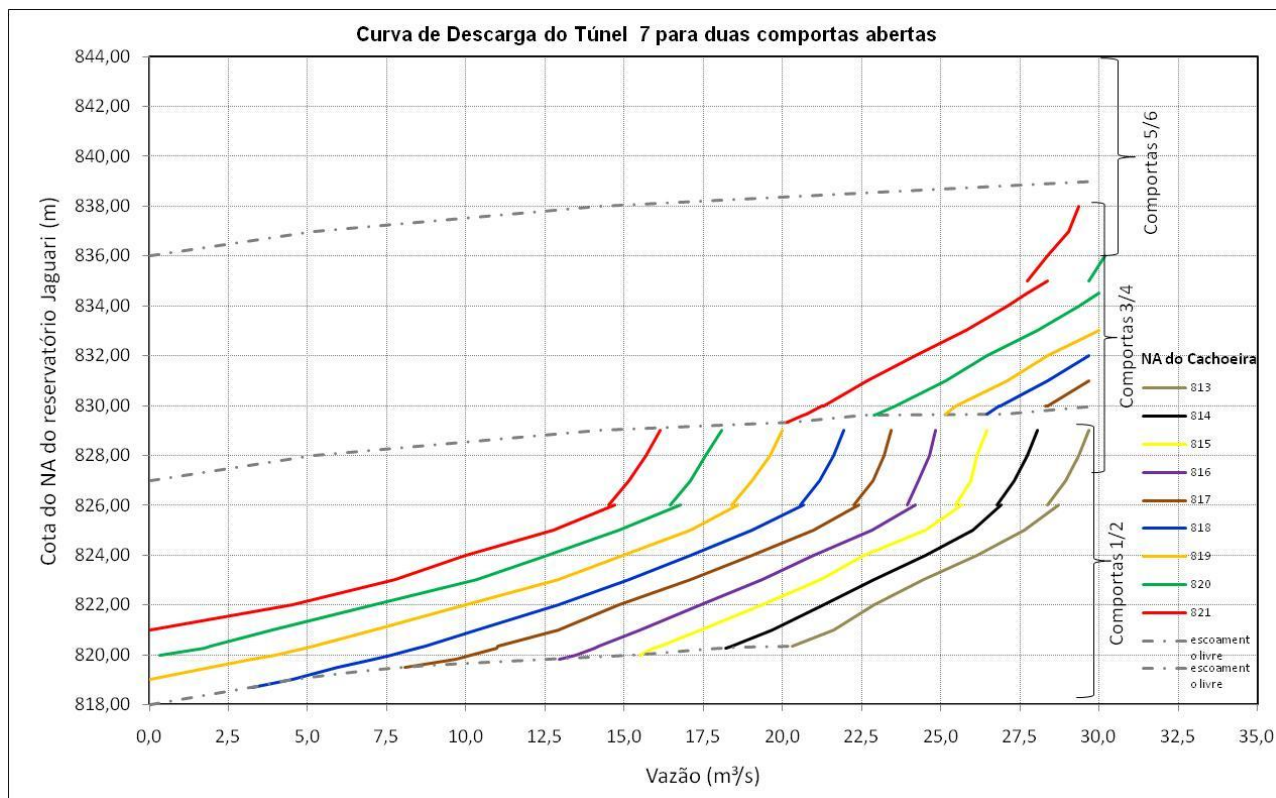
**FIGURA 33**



**TABELA 31 – RELAÇÃO DAS COTAS DO NA NOS RESERVATÓRIOS JAGUARI E CACHOEIRA E AS VAZÕES DO TÚNEL 7 PARA A OPERAÇÃO COM DUAS COMPORTAS**

Cota (m)	Curvas de Descarga em Operação com 2 comportas no Túnel 7											
	Vazão (m <sup>3</sup> /s) em função do NA do reservatório Cachoeira (m)											
	813	814	815	816	817	818	819	820	821	escoamento livre	escoamento livre	escoamento livre
818,00										0,00		
818,70						3,23				3,23		
819,00						4,52	0,00			4,52		
819,50					8,07	5,95	1,94			8,07		
819,83				12,95	9,68	7,10	3,23			12,90		
820,00			15,48	13,45	10,15	7,62	3,95	0,32		15,48		
820,27		18,20	15,90	14,05	10,99	8,45	4,92	1,75		18,20		
820,33	20,32	18,39	16,13	14,19	11,00	8,71	5,16	1,94		20,32		
821,00	21,61	19,67	17,42	15,48	12,90	10,32	7,10	3,87	0,00			
822,00	22,90	21,29	19,36	17,42	14,84	12,90	10,00	7,10	4,52			
823,00	24,44	22,90	21,19	19,36	17,10	15,16	12,90	10,32	7,74			
824,00	26,13	24,52	22,58	20,97	19,03	17,10	14,97	12,58	10,00			
825,00	27,65	26,00	24,52	22,84	20,97	19,03	17,10	14,84	12,77			
826,00	28,71	26,90	25,65	24,19	22,40	20,65	18,60	16,77	14,70			
826,00	28,39	26,77	25,48	23,94	22,26	20,58	18,39	16,45	14,52			
827,00	28,95	27,32	25,94	24,30	22,85	21,16	19,03	17,10	15,16		0,00	
828,00	29,36	27,74	26,13	24,65	23,20	21,61	19,60	17,58	15,70		5,16	
829,00	29,68	28,07	26,45	24,84	23,42	21,94	20,00	18,07	16,13		14,19	
829,33									20,15		20,32	
829,60								22,90	20,65		22,58	
829,67						26,45	25,16	23,00	20,75		27,00	
829,98					28,31	26,85	25,46	23,56	21,25		29,90	
830,00					28,39	26,88	25,48	23,55	21,29		30,00	
831,00					29,67	28,39	27,10	25,16	22,68			
832,00						29,68	28,39	26,45	24,19			
833,00							30,00	28,07	25,81			
834,00								29,36	27,10			
834,50								30,00	27,74			
835,00									28,39			
835,00								29,68	27,74			
836,00								30,19	28,39			0,00
837,00									29,03			5,16
838,00									29,36			14,19
839,00												30,00
840,00												
841,00												
842,00												
843,00												
844,00												

**FIGURA 34**



## 6.6 TÚNEL 6

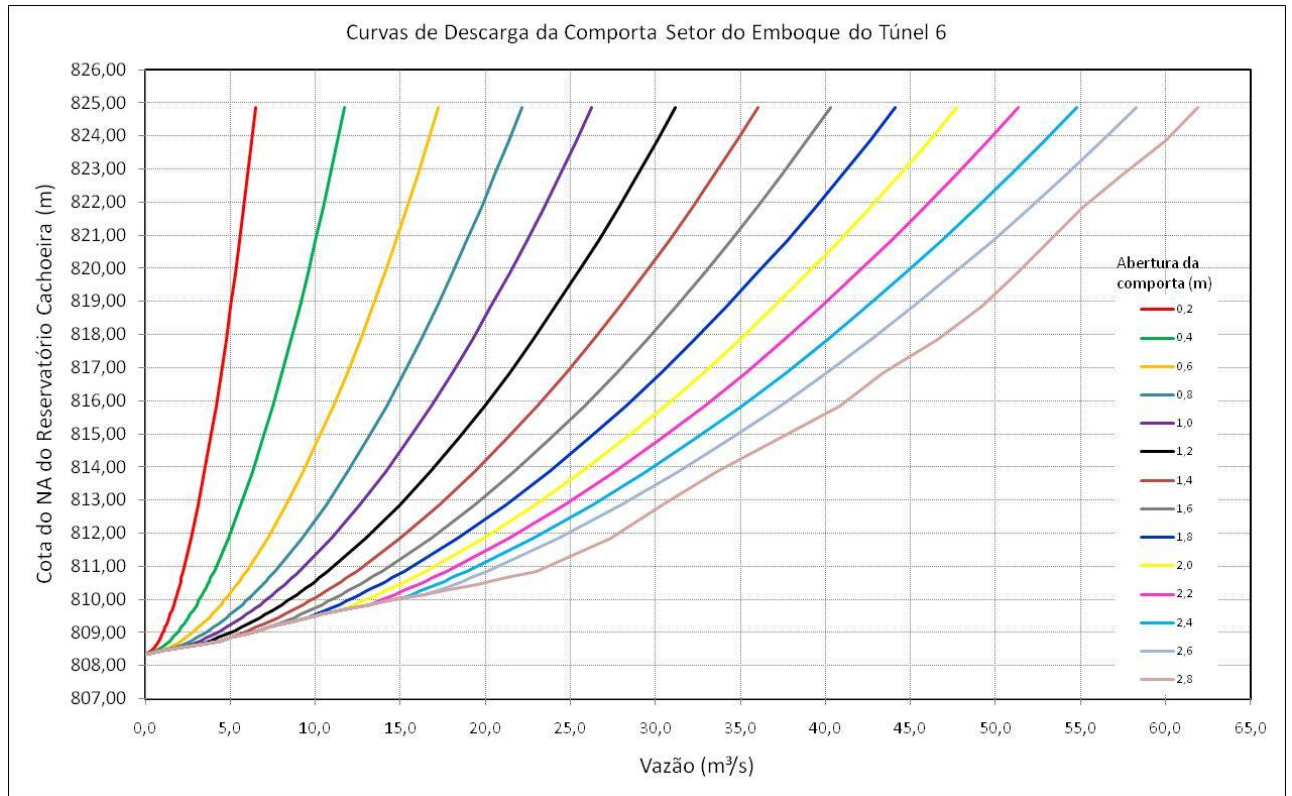
A tomada de água do Túnel 6 tem uma comporta setor cuja soleira está na cota 808,35 m. O Data Oper indica que a cota da soleira seria 807,80 m. Desta forma foram mantidas as curvas de descarga da comporta setor do Túnel 6 apresentadas no Data Oper fazendo apenas a correção nas cotas.

A Tabela 32 e a Figura 35 apresentam as curvas de descarga consolidadas da comporta setor que permitem determinar as vazões no túnel 6 em função do NA no reservatório Cachoeira e a abertura da comporta.

**TABELA 32 – RELAÇÃO COTA X VAZÃO X ABERTURA DA COMPORTA NO EMBOQUE DO TÚNEL 6**

Cota (m)	Curvas de Descarga da Comporta Setor a Montante do Túnel 6													
	Vazão no Túnel 6 (m³/s) em função da abertura da comporta setor (m)													
	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20	2,40	2,60	2,80
808,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
808,45	0,36	0,66	0,97	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
808,55	0,54	0,97	1,43	1,83	2,17	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22
808,65	0,68	1,22	1,80	2,30	2,73	3,24	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33
808,75	0,79	1,43	2,11	2,71	3,21	3,81	4,41	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44
808,85	0,90	1,63	2,40	3,07	3,65	4,33	5,00	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10
808,95	1,00	1,80	2,66	3,41	4,04	4,80	5,54	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90
809,05	1,09	1,97	2,90	3,72	4,41	5,23	6,05	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60
809,15	1,18	2,12	3,12	4,01	4,75	5,64	6,52	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25
809,25	1,26	2,27	3,34	4,28	5,08	6,03	6,97	7,80	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
809,35	1,33	2,41	3,54	4,54	5,39	6,40	7,40	8,28	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80
809,45	1,41	2,54	3,74	4,80	5,69	6,75	7,81	8,73	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50
809,55	1,48	2,67	3,93	5,04	5,98	7,09	8,20	9,17	10,05	10,40	10,40	10,40	10,40	10,40
809,65	1,55	2,79	4,11	5,27	6,25	7,42	8,58	9,60	10,51	11,30	11,30	11,30	11,30	11,30
809,75	1,61	2,91	4,29	5,50	6,52	7,74	8,94	10,01	10,96	11,86	12,20	12,20	12,20	12,20
809,85	1,68	3,03	4,46	5,71	6,78	8,05	9,30	10,40	11,39	12,33	13,20	13,20	13,20	13,20
809,95	1,74	3,14	4,62	5,93	7,03	8,34	9,64	10,79	11,82	12,79	13,75	14,20	14,20	14,20
810,05	1,80	3,25	4,78	6,13	7,28	8,63	9,98	11,17	12,23	13,23	14,23	15,18	15,20	15,20
810,15	1,86	3,35	4,94	6,33	7,51	8,92	10,31	11,53	12,63	13,67	14,69	15,68	16,40	16,40
810,25	1,92	3,46	5,09	6,53	7,75	9,19	10,63	11,89	13,02	14,09	15,15	16,17	17,20	17,50
810,35	1,97	3,56	5,24	6,72	7,98	9,46	10,94	12,24	13,40	14,50	15,59	16,64	17,70	18,50
810,45	2,03	3,66	5,39	6,91	8,20	9,73	11,25	12,58	13,78	14,91	16,03	17,11	18,20	19,50
810,55	2,08	3,76	5,53	7,09	8,42	9,99	11,54	12,92	14,15	15,31	16,46	17,56	18,68	20,20
810,65	2,13	3,85	5,67	7,27	8,63	10,24	11,84	13,25	14,51	15,69	16,88	18,01	19,16	21,20
810,75	2,19	3,94	5,81	7,45	8,84	10,49	12,13	13,57	14,86	16,08	17,29	18,45	19,62	22,10
810,85	2,24	4,04	5,95	7,62	9,05	10,74	12,41	13,88	15,20	16,45	17,69	18,88	20,08	22,98
811,85	2,70	4,88	7,19	9,22	10,94	12,98	15,01	16,79	18,39	19,89	21,39	22,83	24,28	27,40
812,85	3,12	5,63	8,29	10,63	12,61	14,96	17,29	19,35	21,19	22,93	24,65	26,31	27,99	30,40
813,85	3,49	6,30	9,28	11,90	14,12	16,76	19,37	21,67	23,73	25,68	27,61	29,47	31,34	33,60
814,85	3,84	6,92	10,20	13,08	15,52	18,41	21,28	23,82	26,08	28,22	30,34	32,38	34,45	37,30
815,85	4,16	7,51	11,06	14,18	16,82	19,96	23,08	25,82	28,28	30,59	32,90	35,11	37,34	40,82
816,85	4,46	8,06	11,87	15,22	18,06	21,43	24,77	27,71	30,35	32,83	35,31	37,68	40,08	43,42
817,85	4,75	8,58	12,64	16,20	19,23	22,82	26,37	29,51	32,31	34,96	37,59	40,12	42,68	46,61
818,85	5,03	9,08	13,37	17,15	20,34	24,14	27,90	31,22	34,19	36,99	39,78	42,45	45,16	49,20
819,85	5,29	9,56	14,08	18,05	21,42	25,41	29,38	32,87	35,99	38,94	41,88	44,69	47,54	51,26
820,85	5,55	10,02	14,76	18,92	22,45	26,64	30,79	34,45	37,73	40,82	43,90	46,84	49,83	53,20
821,85	5,80	10,46	15,41	19,76	23,45	27,82	32,16	35,98	39,41	42,64	45,85	48,92	52,04	55,16
822,85	6,04	10,89	16,05	20,58	24,41	28,97	33,48	37,47	41,03	44,39	47,73	50,94	54,19	57,54
823,85	6,27	11,31	16,66	21,36	25,35	30,08	34,77	38,90	42,60	46,09	49,56	52,89	56,27	60,00
824,85	6,49	11,72	17,26	22,13	26,26	31,16	36,02	40,30	44,13	47,75	51,35	54,80	58,29	61,92

**FIGURA 35**



## 6.7 TÚNEL 5

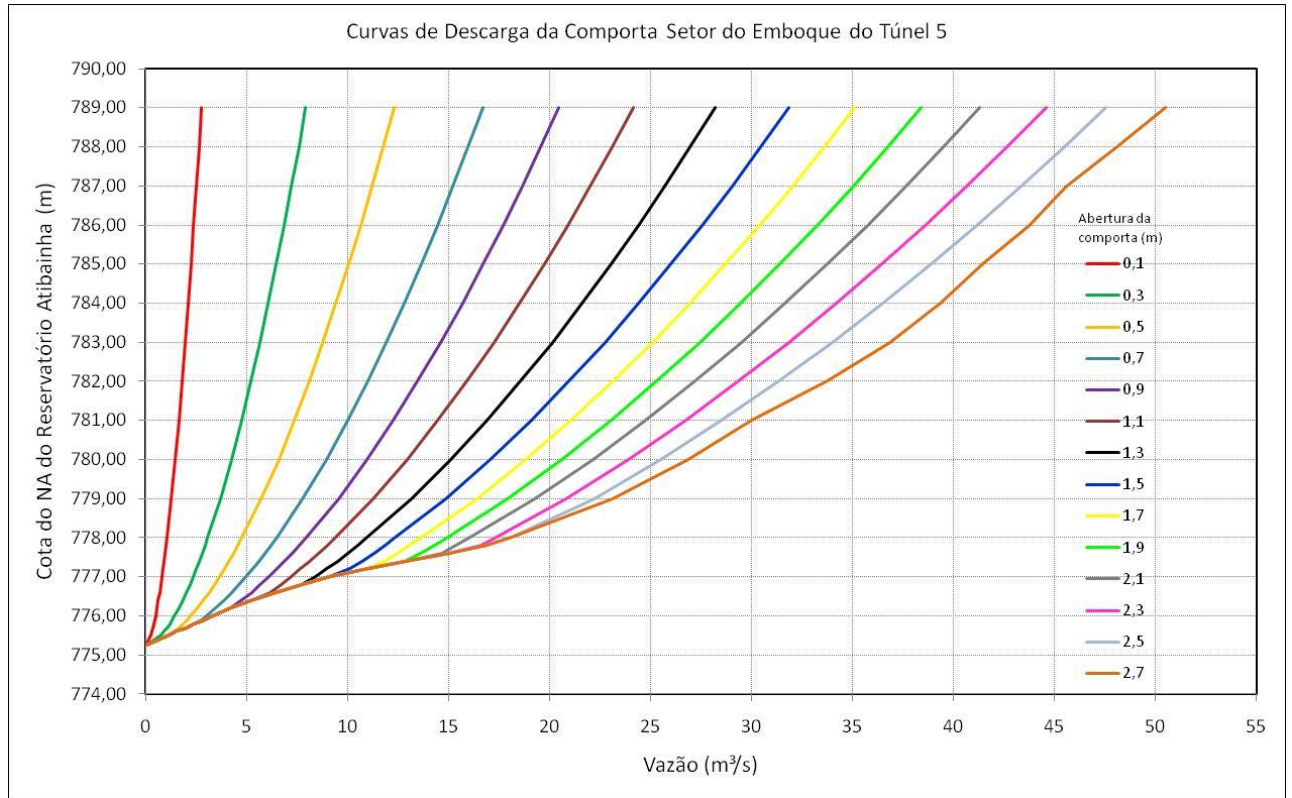
A tomada de água do Túnel 5 tem uma comporta setor cuja soleira está na cota 775,25 m. O Data Oper indica que a cota da soleira seria 775,20 m. Embora a diferença das cotas da soleira seja muito pequena julgou-se oportuno consolidar as curvas de descarga. Desta forma foram mantidas as curvas de descarga da comporta setor do Túnel 6 apresentadas no Data Oper fazendo apenas a correção nas cotas.

A Tabela 33 e a Figura 36 apresentam as curvas de descarga da comporta setor que permitem determinar as vazões no túnel 5 em função do NA no reservatório Atibainha e a abertura da comporta.

**TABELA 33 – RELAÇÃO COTA X VAZÃO X ABERTURA DA COMPORTA NO EMBOQUE DO TÚNEL 5**

Cota (m)	Curva de Descarga da Comporta Setor no emboque do Túnel 5													
	Vazões no Túnel 5 (m <sup>3</sup> /s) em função das aberturas da comporta setor (m)													
	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7
775,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
775,50	0,26	0,76	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
775,60	0,32	0,92	1,43	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
775,70	0,37	1,07	1,66	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
775,80	0,42	1,20	1,86	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35
775,90	0,46	1,33	2,05	2,79	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90
776,00	0,50	1,44	2,23	3,03	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30
776,20	0,58	1,66	2,57	3,48	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
776,40	0,65	1,85	2,87	3,90	4,78	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30
776,60	0,71	2,04	3,15	4,28	5,25	6,19	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40
776,80	0,77	2,21	3,42	4,64	5,69	6,72	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70
777,00	0,83	2,37	3,67	4,98	6,11	7,21	8,42	9,10	9,10	9,10	9,10	9,10	9,10	9,10
777,20	0,88	2,53	3,91	5,31	6,51	7,69	8,97	10,13	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00
777,40	0,93	2,67	4,14	5,62	6,89	8,14	9,50	10,73	11,83	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80
777,60	0,98	2,82	4,37	5,93	7,26	8,57	10,01	11,30	12,47	13,64	14,66	15,00	15,00	15,00
777,80	1,03	2,96	4,58	6,22	7,62	8,99	10,50	11,86	13,08	14,30	15,38	16,60	16,88	16,88
778,00	1,08	3,09	4,79	6,50	7,96	9,40	10,98	12,39	13,67	14,95	16,07	17,35	18,13	18,13
779,00	1,29	3,71	5,74	7,79	9,55	11,28	13,17	14,86	16,40	17,93	19,28	20,81	22,20	23,13
780,00	1,48	4,26	6,60	8,95	10,97	12,95	15,12	17,07	18,84	20,60	22,14	23,91	25,50	26,88
781,00	1,66	4,76	7,38	10,01	12,27	14,49	16,92	19,10	21,07	23,04	24,77	26,74	28,53	30,00
782,00	1,82	5,23	8,11	11,00	13,48	15,92	18,58	20,98	23,15	25,31	27,21	29,38	31,34	33,75
783,00	1,98	5,67	8,79	11,93	14,62	17,26	20,15	22,75	25,10	27,45	29,51	31,86	33,98	36,88
784,00	2,12	6,09	9,44	12,81	15,70	18,53	21,64	24,43	26,95	29,47	31,68	34,21	36,49	39,38
785,00	2,26	6,49	10,06	13,65	16,73	19,75	23,05	26,03	28,71	31,41	33,76	36,45	38,88	41,45
786,00	2,40	6,87	10,65	14,45	17,71	20,91	24,41	27,56	30,41	33,26	35,75	38,60	41,17	43,75
787,00	2,52	7,24	11,22	15,23	18,66	22,03	25,72	29,04	32,03	35,04	37,66	40,66	43,38	45,63
788,00	2,65	7,60	11,77	15,97	19,58	23,11	26,98	30,46	33,61	36,76	39,51	42,66	45,50	48,13
789,00	2,77	7,94	12,30	16,70	20,47	24,16	28,20	31,84	35,13	38,42	41,30	44,59	47,56	50,50

**FIGURA 36**



## 7. COMENTÁRIOS FINAIS

---

A consolidação das principais características físicas e operacionais das estruturas hidráulicas e dos reservatórios dos aproveitamentos do Sistema Cantareira teve como base:

- os levantamentos cadastrais topográficos realizados em 2009, incluindo as barragens e as estruturas hidráulicas, comparados com as demais fontes no item 5;
- os levantamentos atualizados das curvas cota x área x volume dos reservatórios;
- “As Built”, desenhos do projeto executivo, indicados no item 3.4.
- os dados publicados no Data Oper;
- os relatórios dos ensaios em modelo reduzido, relacionados no item 3.5 e analisadas no item 4.

A consolidação de níveis ou cotas características deu preferência às informações dos levantamentos atualizados. Na ausência destes foram utilizadas as informações do “As Built” e do Data Oper. Cabe ressaltar que as diferenças encontradas nas medidas (cotas e alturas) das estruturas entre o “As Built” e o levantamento atual decorrem, em grande parte, devido:

- da mudança do RN e Datum, uma vez que passaram do Córrego Alegre – Marégrafo Torres para SAD 69 referido ao Marégrafo Imbituba;
- maiores imprecisões dos aparelhos topográficos e do processo de levantamentos topográficos no final da década de 1960 e início da década de 1970 em comparação com a tecnologia atual.

A consolidação das curvas de descarga dos órgãos de controle principais de cada aproveitamento foi feita através do confronto das cotas levantadas e das curvas de descarga obtidas nos relatórios de ensaios em modelo reduzido. O critério adotado foi manter a forma das curvas de descarga do modelo reduzido corrigindo as cotas obtidas nos levantamentos atualizados. Na ausência destas informações foram utilizadas as curvas de descarga do Data Oper.

Este processo permitiu a consolidação das principais características físicas e operacionais das estruturas hidráulicas e dos reservatórios dos aproveitamentos do Sistema Cantareira. As pendências foram destacadas no texto em **negrito** incluindo a falta de alguns desenhos.

A Tabela 34 apresenta um resumo dos parâmetros hidrológicos, operacionais e das estruturas hidráulicas principais dos aproveitamentos.

O volume útil do Sistema Cantareira sofreu uma redução dos anteriores 988,0 hm<sup>3</sup> para 980,7 hm<sup>3</sup>, correspondendo a 0,74%. Esta redução não causará alteração na capacidade de regularização do Sistema Cantareira.

**TABELA 34 – RESUMO HIDROLÓGICO - OPERACIONAL E HIDRÁULICO DOS APROVEITAMENTOS**

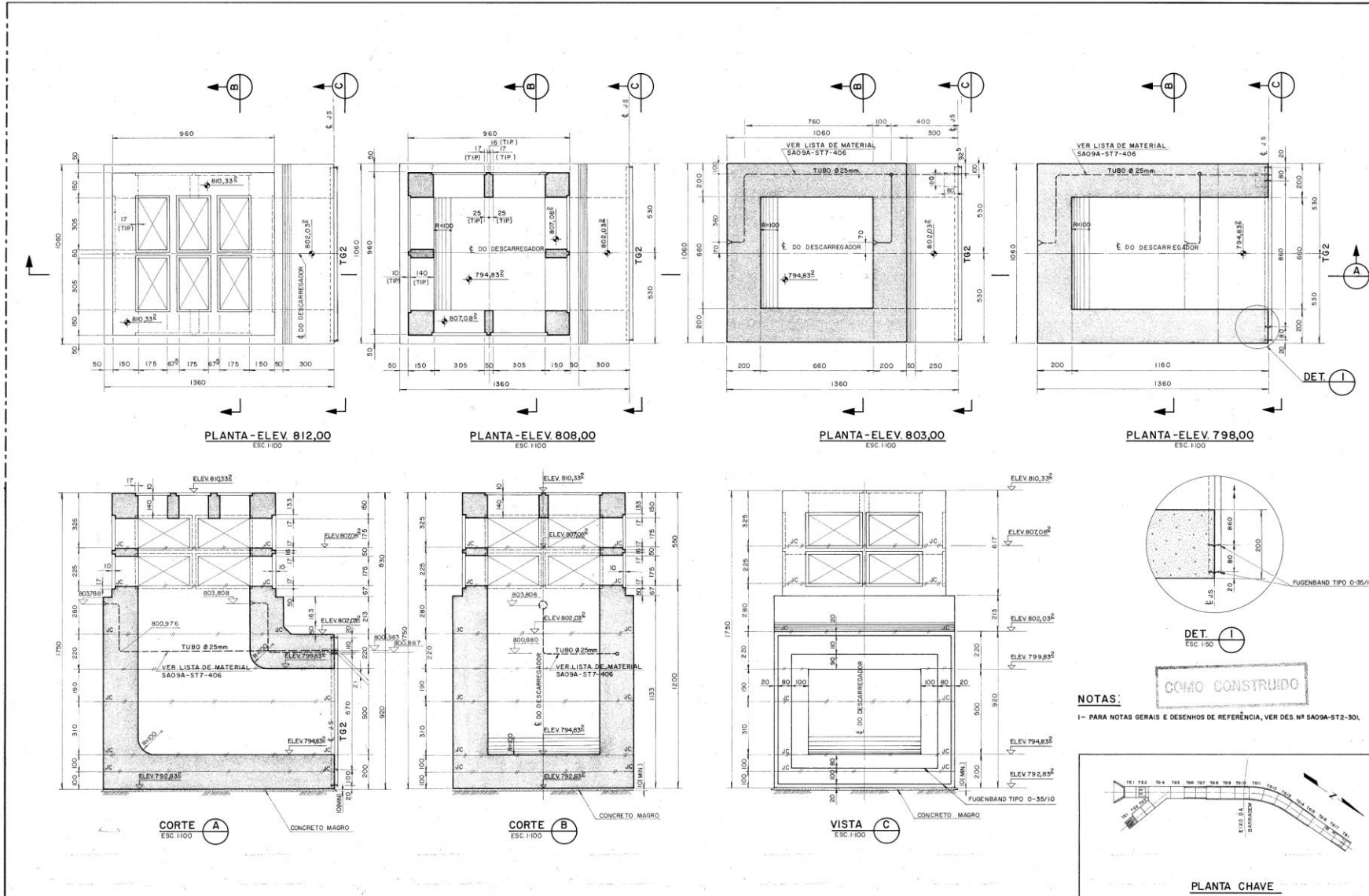
Parâmetros	Aproveitamentos do Sistema Cantareira			
	Jaguari/Jacareí	Cachoeira	Atibainha	Paiva Castro (Juqueri)
Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	1.230	392	312	369
Precipitação Média Anual (mm/ano)	1.592	1.763	1.642	1.593
Vazão Específica (l/s.km <sup>2</sup> )	20,5	21,7	19,3	12,5
Vazão Média (m <sup>3</sup> /s)	25,2	8,5	6,0	4,6
Vazão Máxima Média Mensal (m <sup>3</sup> /s)	118,0	33,9	27,5	19,9
Vazão Mínima Média Mensal (m <sup>3</sup> /s)	5,70	0,89	0,46	0,50
NA máximo normal (m)	844,00	821,88	786,72	745,61
NA mínimo normal (m)	820,80	811,72	781,88	743,80
Volume Máximo (hm <sup>3</sup> )	1047,5	116,6	290,3	32,9
Volume Mínimo (hm <sup>3</sup> )	239,4	46,8	195,0	25,3
Volume Útil (hm <sup>3</sup> )	808,1	69,8	95,3	7,6
Área Máxima (km <sup>2</sup> )	49,6	8,6	21,9	4,6
Área Mínima (km <sup>2</sup> )	21,2	5,2	18,0	3,8
Tipo de vertedor	Creager com comporta setor	Tulipa	Tulipa	Canal com comporta setor
Cota de referência da estrutura de descarga (m)	797,07	808,00	774,27	734,20
Cota de referência da estrutura de transferência (m)	818,00	807,80	775,20	735,00
Cota da crista do vertedor (m)	834,97	821,88	786,72	739,02
Cota de coroamento da barragem (m)	847,00	827,67	791,32	750,24

## **ANEXO I – DESENHOS “AS BUILT”**

---

A seguir são apresentadas as figuras com os desenhos “As Built” utilizados e relacionados no item 3.4. A identificação dos desenhos é apresentada a seguir:

- “As Built” N° 1260-021-B009 - Revisão A - Descarregador de fundo – Barragem Jaguari, tramo, TGI-formas, plantas, cortes, vista e detalhe – Sistema Produtor Cantareira – Etapa Jaguari. Executado por Promon Engenharia S.A.
- “As Built” N° 1260-016-B010 – Revisão B – Aterro do Maciço – cortes e detalhes – várzea – Projeto Executivo – Barragem Jaguari. Executado por Promon Engenharia S.A.
- “As Built” N° 1260-021-B020 - Revisão C – Vertedouro, formas e detalhes - Sistema Produtor Cantareira – Etapa Jaguari. Executado por Promon Engenharia S.A.
- “As Built” N° 1230-011-B005 – Barragem do rio Cachoeira – Projeto Executivo do Vertedouro Tulipa. Executado por Hidroservice Engenharia de Projetos Ltda.
- “As Built” N° 1190-011-B001 – Barragem do rio Atibainha – Projeto Executivo do Vertedouro Tulipa. Executado por Hidroservice Engenharia de Projetos Ltda.
- “As Built” N° 1010-010-C001 – Barragem Juqueri – Acabamento da Crista.

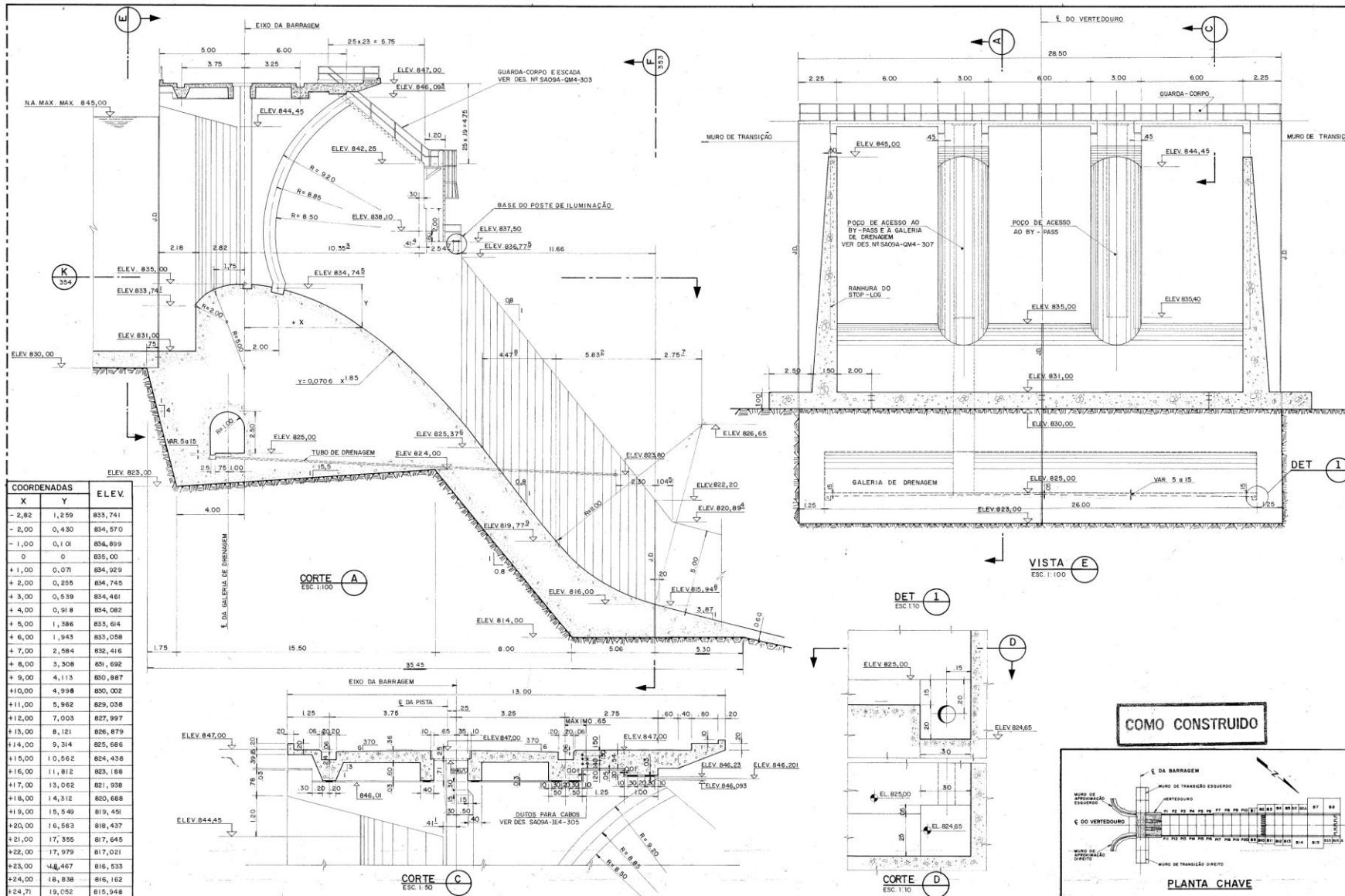


**NOTAS:**  
 1- PARA NOTAS GERAIS E DESENHOS DE REFERÊNCIA, VER DES. Nº SA09A-ST2-300

Nº	DATA	REVISÃO	EXECUTADO POR	APROVADO POR	SABESP		DESENHOS DE REFERÊNCIA	NÚMERO	NOTAS	VISTO E ACEITO	EXECUTADO POR	COMPANHIA DE MANEJOAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO	Nº
					ACEITO	DATA							
A	27/3/06	COMO CONSTRUÍDO	LIROLA	[Signature]	[Signature]	[Signature]							1260-011-69

<b>sabesp</b> VISTO E ACEITO ESTA CERTIFICAÇÃO NÃO IMPLICA A CONTINUIDADE DAS RESPONSABILIDADES E OBRIGAÇÕES ESTABELECIDAS NO CONTRATO.	<b>PROMON ENGENHARIA S.A.</b> DES. [Signature] PROJ. [Signature] APROVADO POR [Signature] VISTO [Signature]	Nº CONTRATADA: SA09A-ST2-300 ESCALA INDICADA
---	---	---





COORDENADAS		
X	Y	ELEV.
- 2,82	1,259	833,741
- 2,00	0,430	834,570
- 1,00	0,101	834,899
0	0	835,00
+ 1,00	0,071	834,929
+ 2,00	0,255	834,745
+ 3,00	0,539	834,461
+ 4,00	0,918	834,082
+ 5,00	1,386	833,614
+ 6,00	1,943	833,058
+ 7,00	2,584	832,416
+ 8,00	3,308	831,692
+ 9,00	4,113	830,887
+10,00	4,998	830,002
+11,00	5,962	829,038
+12,00	7,003	827,997
+13,00	8,121	826,879
+14,00	9,314	825,686
+15,00	10,582	824,438
+16,00	11,912	823,188
+17,00	13,302	821,938
+18,00	14,732	820,688
+19,00	16,200	819,431
+20,00	17,706	818,167
+21,00	19,249	816,895
+22,00	20,828	815,616
+23,00	22,442	814,330
+24,00	24,091	813,037
+24,71	24,710	811,737

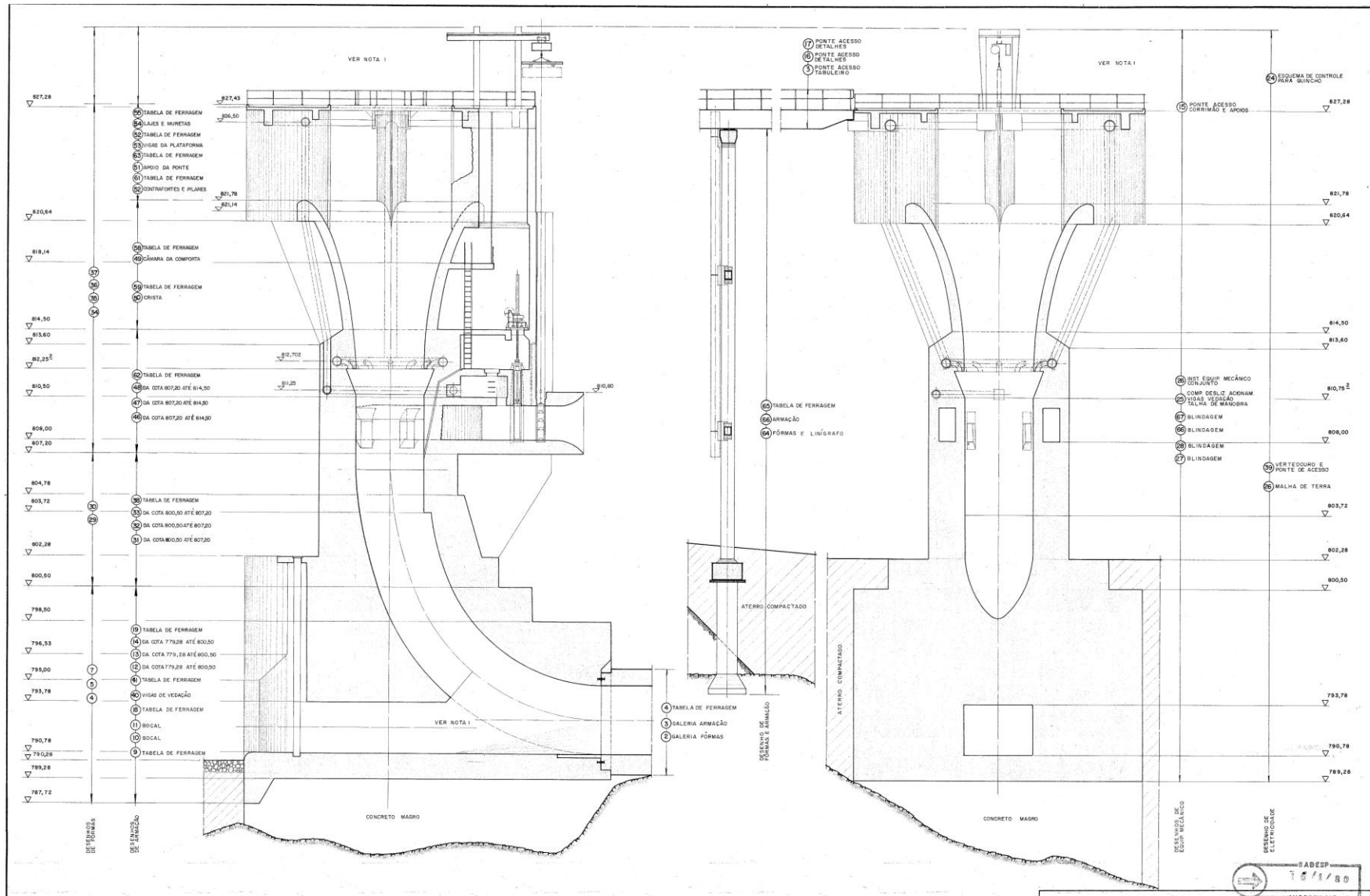
Nº	DATA	REVISÃO	EXECUTADO POR	APROVADO POR	DESENHOS DE REFERÊNCIA	NÚMERO	NOTAS
C	16/07/2014	CONFORME CONSTRUIDO				1	PARA NOTAS GERAIS E DESENHOS DE REFERÊNCIA VER DES. SAG94-374-301
B	03/12/2013	CONFORME DESenhado				2	PARA REGRAS FIXAS NO CONCRETO PRIMÁRIO VER DES. SAG94-QM4-306
A	16/07/2014	CONFORME CONSTRUIDO				3	

sabesp		EXECUTADO POR	
VISTO E ACEITO		<b>PROMON ENGENHARIA S.A.</b>	
ANALISADO		DES. A. GOMES	22/08/17
ACEITO		PROJ. J. M. SILVA	27/08/17
VISTO		APROVADO POR	21/02/18
		ASS. J. M. SILVA	21/02/18
		CREA	137.682/78

VERTEDOURO FORMAS E DETALHES		Nº 1200/02/1520	
comprimento de saneamento básico do estado de são paulo		REV. FL.	2/6
VERTEDOURO		Nº CONTRATADA SAG94-374-302	
FORMAS E DETALHES		ESCALA INDICADA	
ÁREA PROJ. SISTEMA PRODUTOR CANTAREIRA-ETAPA JAGUARI			
SUB-ÁREA PROJ. BARRAGEM JAGUARI - PROJETO EXECUTIVO			

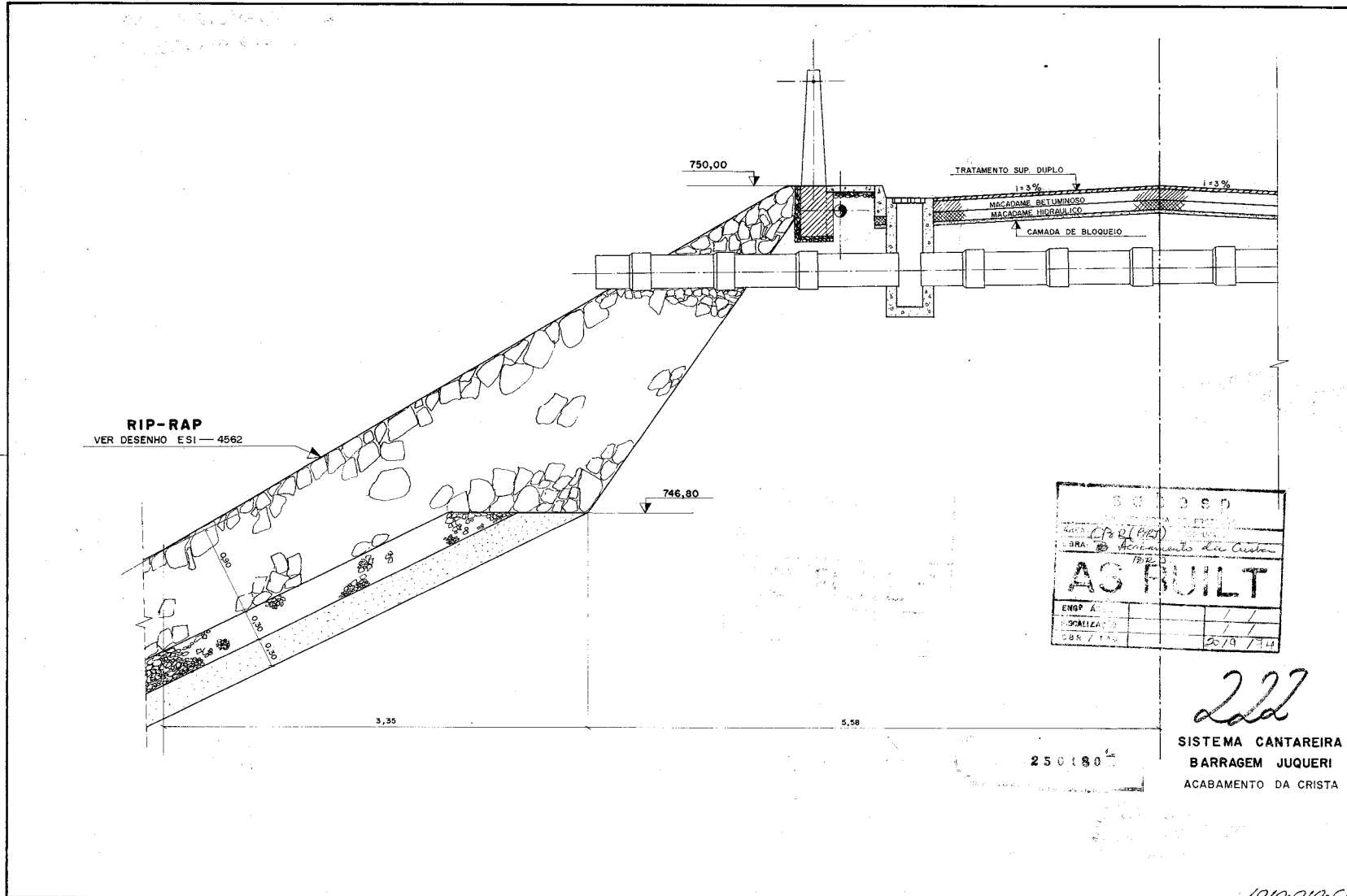


sabesp



N.º	DATA	REVISÃO	POR	APROV.	DATA	DESENHO DE REFERÊNCIA	DATA	FIRMA	NÚMERO	NOTAS	APROVAÇÕES		CIA. METROPOLITANA DE ÁGUA DE SÃO PAULO		ESCALA		
										DESENHOS A SEREM INDICADOS FUTURAMENTE	<b>HIDROSERVICE</b> EMPRESA DE PROJETOS LTDA. DES. N.º CA - VIRT. 70   POR. 11/02/11 PROJ. 11/02/11 VERIF. 11/02/11 SANTA TEREZINHA APROV. 11/02/11	DATA DES. PROJ. VERIF. VISTO APROV. APROV.	<b>COMASP</b> DATA DES. PROJ. VERIF. VISTO APROV.	DATA DES. PROJ. VERIF. VISTO APROV.	<b>CIA. METROPOLITANA DE ÁGUA DE SÃO PAULO</b> SISTEMA JUGUERI BARRAGEM DO RIO CACHOEIRA PROJETO EXECUTIVO VERTEDEURO - TULIPA <b>PLANTA DE REFERÊNCIAS</b> (CIVIL, MECÂNICA & ELÉTRICA)	<b>COMASP</b> 1230-01-B5	ESCALA 1:100 R. FL. N.º





## **Anexo D**

# **Certificado de calibração do sensor de nível**



Proc. 643

São Paulo, 22 de dezembro de 2016.

## ***Certificado de Calibração do Sensor de Nível***

### ▪ **CLIENTE.**

- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP.
- Serviço de calibração de sensor de nível do tipo hidrostático.

### ▪ **IDENTIFICAÇÃO DO ITEM.**

- Sensor GE Pressure Sensor UNIK 5000 PTX 5032 – TB – A1 – CA – HD – PW  
Industrial accuracy  
**S/N 3132298**

### ▪ **CARACTERÍSTICAS DO ITEM.**

- Faixa de medição: 0 a 10 mca
- Alimentação: 12 a 28 Vdc
- Saída: 4 a 20 mA
- Temperatura de Trabalho: 0 a +60 °C

### ▪ **INFORMAÇÕES PERTINENTES A VERIFICAÇÃO.**

- Dados de calibração do fabricante

Low Range Output : 4.008 mA

Full Range Output : 20.001 mA

Span : 16.020 mA

## ▪ PROCEDIMENTOS DE VERIFICAÇÃO.

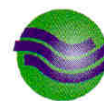
- A verificação foi feita com o sensor em sua posição de trabalho e utilizando-se de um sistema de medição composto por um multímetro digital Hewlet Packard 3478A serial number 2619A48044 com rastreabilidade a RBC através do certificado IPT N°56084 (Figura 1), por um datalogger FCTH versão C1.13(Figura 2) e por um vaso com graduação milimétrica para a variação da coluna de água onde inseriu-se o sensor objeto de aferição (Figura 3 e 4) sob as seguintes condições ambientais: Temperatura ambiente  $26^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa  $71\% \pm 1\%$  e pressão atmosférica  $933,40\text{kPa} \pm 0,5\text{kPa}$



Figura 1 – Multímetro digital Hewlet Packard no início da aferição.



Figura 2 – Vista do Datalogger FCTH, multímetro e a planilha computadorizada.



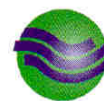
**Figura 3 – Aferição do sensor de pressão.**



**Figura 4 – Vista do sensor a ser aferido.**

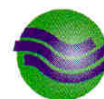
▪ **RESULTADOS E DECLARAÇÃO DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO**

- As tabelas, a seguir, fornecem as correntes apresentadas pelo sensor (Iap) em mA , o nível hidráulico convertido pelo datalogger (N) em m e comparados diretamente com a leitura da escala métrica do vaso.



**Tabela 1 - Calibração do sensor - corrente (mA) x nível d'água (m)**

Tipo	Pressão		
Marca	GE		
N/S	3132298		
Modelo	UNIK - 5000		
Resultado da Calibração			
Equação linear: $H(m) = A * I(mA) + B$			
<b>A</b>	<b>0,6333</b>		
<b>B</b>	<b>-2,5108</b>		
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0,9997</b>		
<b>I remota (mA)</b>	<b>H régua (m)</b>	<b>H calc (m)</b>	<b>Dif. (m)</b>
4,023	0,000	0,037	-0,0370
4,120	0,100	0,098	0,0016
4,267	0,200	0,192	0,0084
4,427	0,300	0,293	0,0071
4,586	0,400	0,393	0,0067
4,750	0,500	0,498	0,0024
4,906	0,600	0,596	0,0041
5,066	0,700	0,697	0,0028
5,226	0,800	0,799	0,0014
5,380	0,900	0,896	0,0036
5,541	1,000	0,998	0,0018
5,699	1,100	1,099	0,0015
5,859	1,200	1,200	0,0002
6,021	1,303	1,302	0,0008
6,176	1,400	1,400	-0,0005
6,336	1,502	1,502	0,0002
6,494	1,600	1,602	-0,0021
6,656	1,700	1,704	-0,0044
6,656	1,700	1,704	-0,0044
6,496	1,600	1,603	-0,0031
6,347	1,500	1,509	-0,0089
6,179	1,400	1,402	-0,0025
6,019	1,300	1,301	-0,0012
5,862	1,203	1,202	0,0011
5,782	1,151	1,151	-0,0002
5,702	1,100	1,101	-0,0005
5,542	1,000	0,999	0,0008
5,386	0,900	0,900	0,0001
5,227	0,800	0,800	0,0004
5,067	0,700	0,698	0,0017
4,909	0,600	0,598	0,0021
4,747	0,500	0,496	0,0044



4,586	0,400	0,393	0,0067
4,424	0,300	0,291	0,0091
4,262	0,200	0,189	0,0114
4,107	0,100	0,090	0,0097
4,020	0,000	0,035	-0,0351

### Parâmetros de calibração:

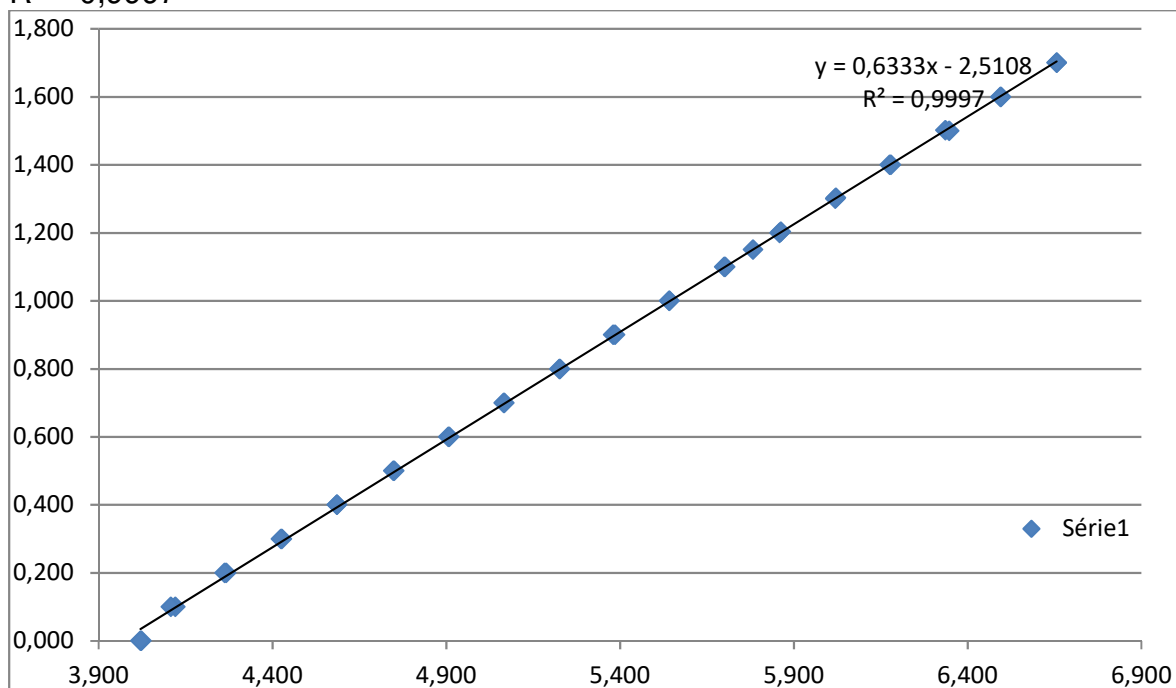
Equação do tipo linear

$$H(m) = A * I (mA) + B$$

$$A = 0,6333$$

$$B = -2,5108$$

$$R^2 = 0,9997$$



### ▪ PRAZO DE VALIDADE DA CALIBRAÇÃO

A presente calibração tem validade até 31 de dezembro de 2017.

Responsável

Eng<sup>o</sup> Flavio Conde

## **Anexo E**

# **Relatório de acompanhamento das atividades**

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO  
ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP  
SISTEMA DE ALERTA A INUNDAÇÕES DE SÃO PAULO



RELATÓRIO TÉCNICO DE ATIVIDADES 12

Resumo

ATIVIDADE 1 – Monitoramento SAISP

**RA12-1108-17 – R0**

**REVISÃO 0**

1 a 31 de julho de 2017

SABESP  
**COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DE SÃO PAULO**  
SAISP  
SISTEMA DE ALERTA A INUNDAÇÕES DE SÃO PAULO  
FCTH  
FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA

RELATÓRIO TÉCNICO DE ATIVIDADES 12

ATIVIDADE 1 – Monitoramento SAISP

**REVISÃO 0**

AGOSTO DE 2017

---

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. ATIVIDADE 1: MONITORAMENTO SAISP.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Atividade 1.1: Fornecimento de Dados do Radar Meteorológico</b>	<b>2</b>
<b>2.2. Atividade 1.2: Fornecimento de Dados das Estações do Sistema</b>	<b>8</b>
<b>Produtor Alto Tietê.....</b>	<b>8</b>
<b>2.3. Atividade 1.3: Operação e Manutenção das 52 Estações</b>	<b>10</b>
<b>Telemétricas da Rede SABESP.....</b>	<b>10</b>
2.3.1. Ajustes de Níveis.....	17
<b>2.4. Atividade 1.4: Disponibilização e Manutenção de dados da Rede</b>	<b>18</b>
<b>SABESP</b>	<b>18</b>
<b>2.5. Atividade 1.6: Operação e manutenção das 6 novas estações</b>	<b>20</b>
<b>telemétrica da Rede Sabesp.....</b>	<b>20</b>
<b>2.6. Atividade 1.7 - Disponibilização e manutenção de dados das 6</b>	<b>21</b>
<b>novas estações telemétrica da Rede Sabesp .....</b>	<b>21</b>
<b>2.7. Atividade 1.8: - Medicação de vazão e Manutenção de escalas em</b>	<b>22</b>
<b>Estações da Rede SABESP .....</b>	<b>22</b>
<b>2.8. Atividade 1.9: Nivelamento, Levantamento de Seção e Instalação</b>	<b>24</b>
<b>de Réguas.....</b>	<b>24</b>
2.8.1. Instalação de Réguas.....	24
<b>3. CRONOGRAMA .....</b>	<b>26</b>
<b>4. EQUIPE TÉCNICA .....</b>	<b>28</b>

---

## 1. INTRODUÇÃO

Este relatório tem por objetivo apresentar resumidamente as atividades levadas a termo na **ATIVIDADE 1 – Monitoramento SAISP**, no âmbito do contrato nº 21.245/16 celebrado em 01 de agosto de 2016 entre a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP e a Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica FCTH.

Este relatório apresenta as atividades realizadas durante o mês de julho de 2017:

- Atividade 1 – Monitoramento SAISP, nos itens:
  - Atividade 1.1 - Fornecimento de dados do Radar Meteorológico;
  - Atividade 1.2 - Fornecimento de dados das estações do Sistema Produtor no Alto Tietê;
  - Atividade 1.3 – Operação e manutenção das 51 estações telemétrica da Rede Sabesp;
  - Atividade 1.4 - Disponibilização e manutenção de dados da Rede Sabesp;
  - Atividade 1.6 – Operação e manutenção das 6 novas estações telemétrica da Rede Sabesp;
  - Atividade 1.7 - Disponibilização e manutenção de dados das 6 novas estações telemétrica da Rede Sabesp;
  - Atividade 1.8 - Medição de vazão e manutenção de escalas em estações da Rede Sabesp;
  - Atividade 1.9- Nivelamento, Levantamento de Seção e Instalação de Réguas.

A seguir são descritas todas as atividades.

---

## 2. ATIVIDADE 1: MONITORAMENTO SAISP

### 2.1. ATIVIDADE 1.1: FORNECIMENTO DE DADOS DO RADAR METEOROLÓGICO

As imagens do radar meteorológico de São Paulo são geradas e fornecidas pela **FCTH**.

O radar meteorológico de São Paulo é do tipo banda S e gera uma série de produtos, que durante os eventos de chuva são atualizadas a cada 5 minutos.

Os principais produtos do radar são:

- **CHUVA OBSERVADA NA ÁREA DO RADAR**

Dados de chuva observada na área do radar meteorológico de Ponte Nova; o radar cobre uma área correspondente a um círculo com 240 km de raio; essa área abrange toda a região leste do Estado de São Paulo, sul dos Estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais. Os dados de chuva (intensidade de precipitação) se apresentam numa escala colorimétrica, quanto mais intensa a cor, mais intensa é a chuva. Esses dados aparecem no monitor de vídeo a cada 05 minutos e registram a chuva observada numa altitude constante; no caso de São Paulo, adota-se altitude igual a 3 km. Esse mapa é chamado de **CAPPI** - Constant Altitude Plan Position Indicator - e é armazenado em disco rígido, de posse da FCTH. A transformação (refletividade x precipitação - relação  $Z \times R$ ) adotada foi:  $Z = 200R^{1.6}$  onde  $Z$  é refletividade e  $R$  é intensidade de chuva em mm/hora.

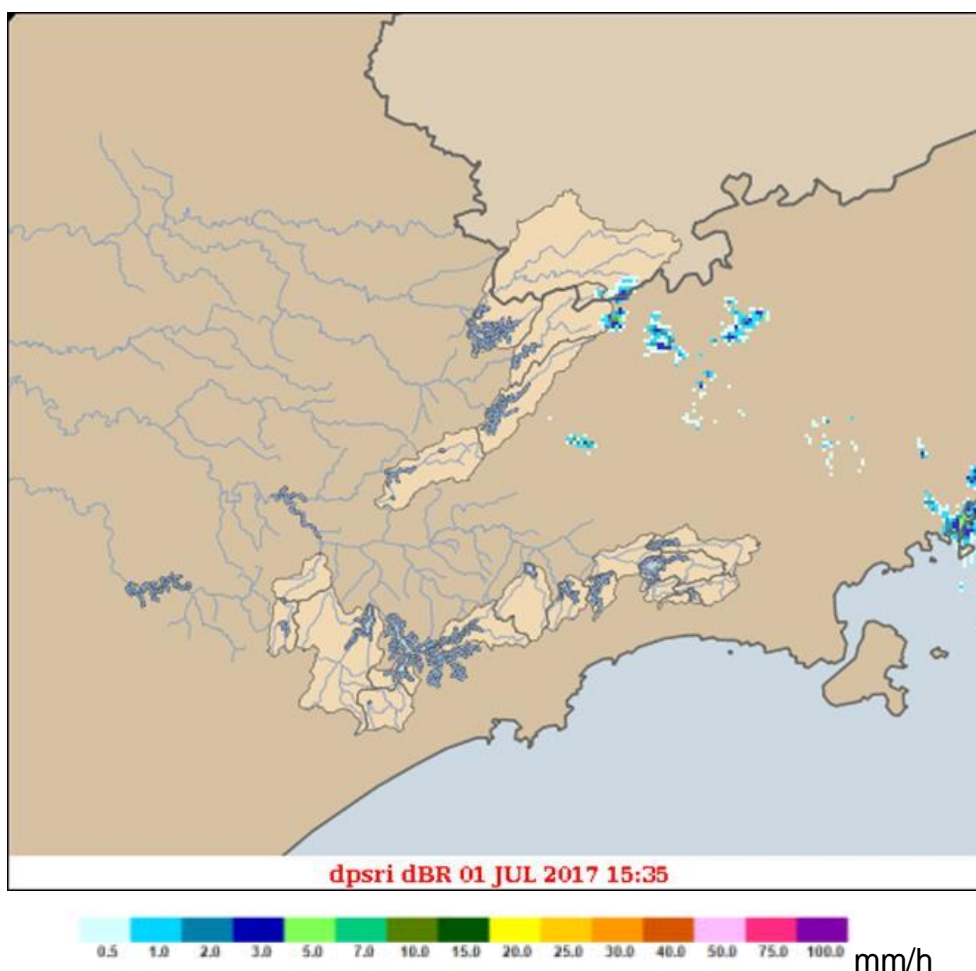


Figura 1 – Mapa de precipitação nos sistemas produtores da SABESP

▪ **Dado de ACUMM**

Esse produto é a precipitação acumulada. Conforme dito anteriormente, o **CAPPI** fornece a chuva a cada 05 minutos; é necessário calcular também mapas de chuva acumulada para permitir avaliar o estado hidrológico das bacias hidrográficas. Nesse mês foram gerados três tipos de mapas de acumulação: 1 hora, 12 horas e 24 horas; este último foi sempre gerado às 7 horas da manhã. Os produtos **ACUMM** se apresentam de forma muito semelhante aos CAPPI, ou seja, utilizam a mesma base cartográfica e a mesma escala colorimétrica de intensidades de precipitação.

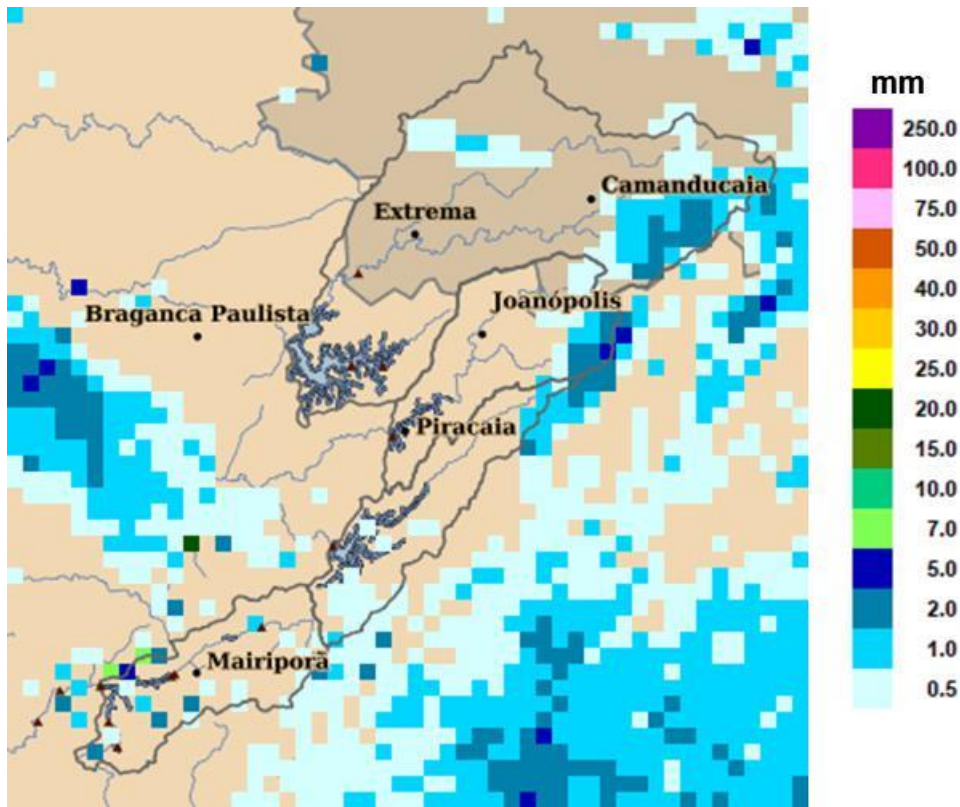


Figura 2 – Mapa de precipitação acumulada - Sistema Cantareira – Período 01 a 31 de julho de 2017

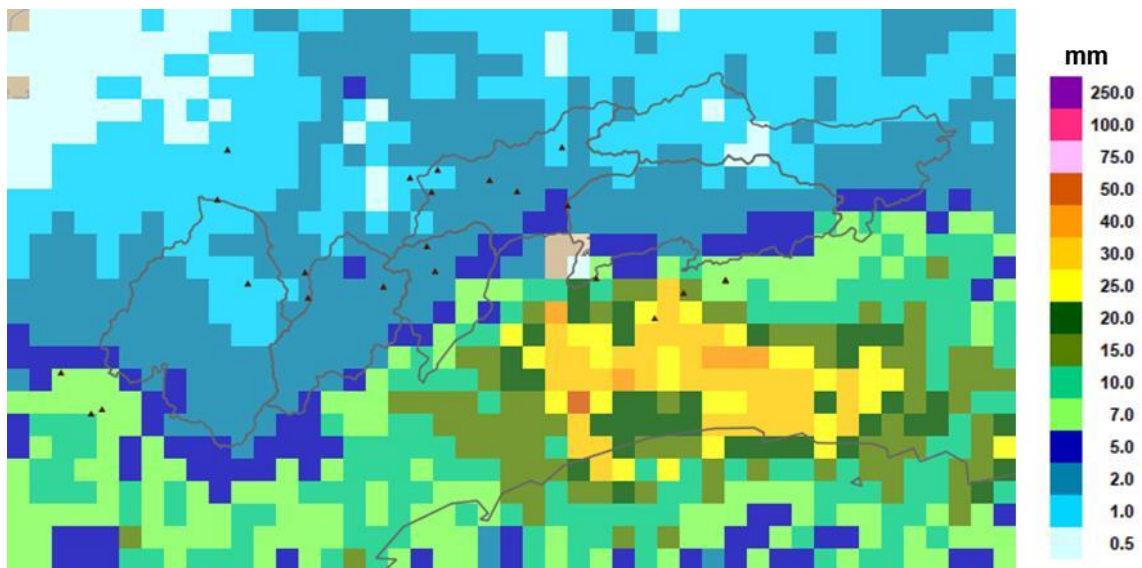
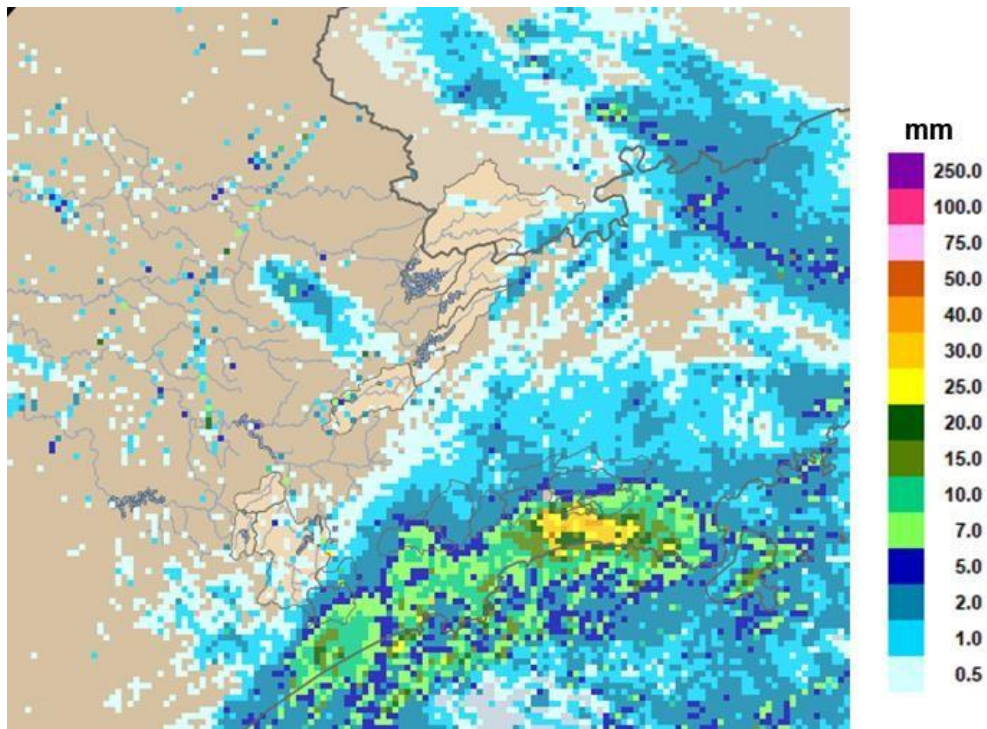


Figura 3 - Mapa de precipitação acumulada - Sistema Alto Tietê Período 01 a 31 de julho de 2017



**Figura 4 - Mapa de precipitação acumulada – Área dos Sistemas Produtores -  
Período 01 a 31 de julho de 2017**

- **Precipitação Estimada nas Bacias dos Sistemas Produtores da SABEPS com dados do radar meteorológico** – Este produto tem por objetivo calcular a precipitação estimada nas bacias dos sistemas produtores da SABESP com base nos dados do produto “Chuva Observada Na Área de Cobertura do Radar Meteorológico”. Os resultados obtidos são publicados na rede telemétrica da SABESP, juntamente com os postos telemétricos. A figura a seguir mostra como o produto é apresentado.

SABESP - 20 AGO 2016 12:00 --> 20 AGO 2016 12:05

Posto	PLU(mm)		FLU(m)		FLU(m)	
	Hora	Valor	Hora	Valor	Hora	Valor
Barragem Jaguari - Vargem / Vargem <input type="checkbox"/> Graf. <input type="checkbox"/> Info		0.4 =		834.09 ↑		
Barragem Jacaré / Joanópolis <input type="checkbox"/> Graf. <input type="checkbox"/> Info		0.6 =		834.06 ↓		+
Enboque do Tunel 7 / Joanópolis <input type="checkbox"/> Graf. <input type="checkbox"/> Info				834.06 ↑		
F25b - Rio Jaguari / Extrema - MG <input type="checkbox"/> Graf. <input type="checkbox"/> Info		0.6 =		1.32 =		
Barragem Cachoeira / Piracaia <input type="checkbox"/> Graf. <input type="checkbox"/> Info		6.0 =		816.31 ↑		
Barragem Atibainha / Nazaré Paulista <input type="checkbox"/> Graf. <input type="checkbox"/> Info		2.6 =		784.04 ↓		
Desemboque do Tunel 5 / Mairiporã <input type="checkbox"/> Graf. <input type="checkbox"/> Info		4.0 =		0.90 =		
Canal Juqueri / Mairiporã <input type="checkbox"/> Graf. <input type="checkbox"/> Info		8.2 =		1.43 ↑		
Elevatória de Mairiporã / Mariporã <input type="checkbox"/> Graf. <input type="checkbox"/> Info		5.2 =		741.77 ↓		
Barragem Paiva Castro / Franco da Rocha <input type="checkbox"/> Graf. <input type="checkbox"/> Info		5.6 =		744.51 ↑		
Barragem Paiva Castro - Captação ESI / Caieiras <input type="checkbox"/> Graf. <input type="checkbox"/> Info		8.4 =		744.51 ↓		
Barragem Águas Claras / São Paulo <input type="checkbox"/> Graf. <input type="checkbox"/> Info		8.0 =		859.65 ↓		
Precipitação Radar Bacia Jaguari/Jacaré / Sistema Produtor Cantareira <input type="checkbox"/> Graf. <input type="checkbox"/> Info		2.4 ↑				
Precipitação Radar Bacia do Cachoeira / Sistema Produtor Cantareira <input type="checkbox"/> Graf. <input type="checkbox"/> Info		2.1 ↑				
Precipitação Radar Bacia do Atibainha / Sistema Produtor Cantareira <input type="checkbox"/> Graf. <input type="checkbox"/> Info		2.9 ↑				
Precipitação Radar Bacia Paiva Castro / Sistema Produtor Cantareira <input type="checkbox"/> Graf. <input type="checkbox"/> Info		5.8 =				

**Figura 5 – Produto Precipitação Estimada nas bacias dos Sistemas Produtores da SABESP com dados do radar meteorológico**

A Tabela 1 mostra a precipitação acumulada estimada com dados do radar meteorológico nas bacias dos Sistemas Produtores da SABESP no período de 01 a 31 de julho de 2017

**Tabela 1 – Precipitação acumulada estimada com dados do radar meteorológico nas bacias dos Sistemas Produtores da SABESP.**

Bacias dos Sistemas Produtores da SABESP	Precipitação Acumulada Estimada (mm)
Bacia SABESP Baixo Cotia	0.034
Bacia SABESP Alto Cotia	0.057
Bacia SABESP Paiva Castro	0.108
Bacia SABESP Jaguari/Jacareí	0.179
Bacia SABESP Guarapiranga	0.206
Bacia SABESP Atibainha	0.207
Bacia SABESP Cachoeira	0.325
Bacia SABESP Jundiaí	1.838
Bacia SABESP Paraitinga	2.369
Bacia SABESP Biritiba Mirim Jusante	2.395
Bacia SABESP Taiaçupeba	3.234
Bacia SABESP Taquacetuba	3.486
Bacia SABESP Biritiba Mirim	3.871
Bacia SABESP Ponte Nova	5.608
Bacia SABESP Rio Grande	6.607
Bacia SABESP Capivari	7.381
Bacia SABESP Rio Claro - Poço Preto	10.543
Bacia SABESP Ribeirão do Campo	14.310
Bacia SABESP Rio Claro	15.816
Bacia SABESP Guaratuba	16.461

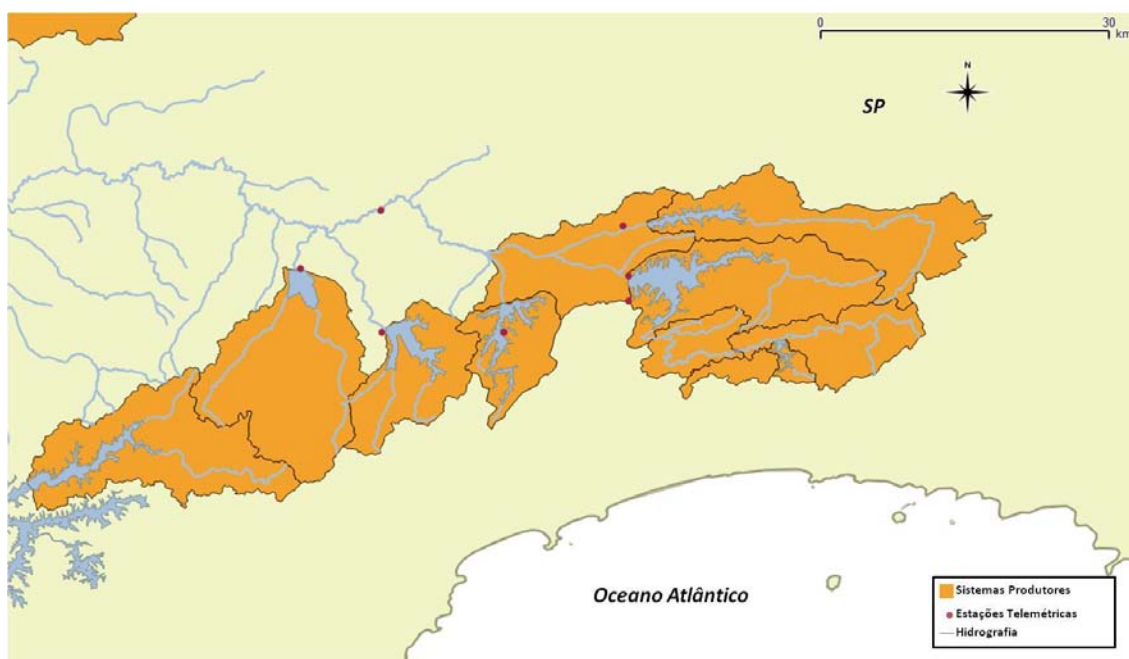
## 2.2. ATIVIDADE 1.2: FORNECIMENTO DE DADOS DAS ESTAÇÕES DO SISTEMA PRODUTOR ALTO TIETÊ

Neste item são descritos as atividades referentes ao fornecimento de dados das estações do sistema produtor Alto Tietê.

Durante o período de 1 a 31 de julho de 2017 a SABESP teve acesso aos dados da rede Alto Tietê, composta por 97 estações telemétricas, com maior ênfase para as 8 (oito) estações do sistema produtor de água do Alto Tietê que monitoram a chuva e o nível nos reservatórios de Ponte Nova, Biritiba Mirim, Paraitinga, Taiapuê e Jundiá.

Estações Telemétricas	
1	RADAR / Salesópolis
2	Rio Tietê na Barragem de Ponte Nova / Salesópolis
3	Barragem Paraitinga / Salesópolis
4	Barragem Biritiba Montante / Biritiba Mirim
5	Barragem Biritiba Jusante / Biritiba Mirim
6	Rio Tietê - Estaleiro / Mogi das Cruzes
7	Barragem Jundiá / Mogi das Cruzes
8	Barragem Taiapuê - Mogi das Cruzes

**Tabela 2 - Principais estações telemétricas da rede Alto Tietê que estão no sistema produtor Alto Tietê.**



**Figura 6 Localização das estações telemétricas do sistema produtor Alto Tietê.**

A tabela a seguir apresenta a precipitação acumulada nas 8 estações telemétricas que estão no sistema produtor do Alto Tietê.

**Tabela 3 – Precipitação acumulada no período de 01 a 31 de julho de 2017**

Estação Telemétrica	Precipitação Acumulada (mm) 01 a 31 de julho de 2017
Rio Tietê na Barragem Ponte Nova	10,2
Barragem Taiaçupeba	3,6
Barragem Jundiá	9,2
Barragem Biritiba Montante	4,0
Barragem Paraitinga	7,60
Rio Tietê - Estaleiro	6,6
Radar	14,00

Para estas 8(oito) estações foram realizados serviços de manutenção preventiva e corretiva nos mesmos padrões de exigência e qualidade das demais estações da Sabesp. A tabela a seguir apresenta o resumo das manutenções.

**Tabela 4 – Resumo das manutenções realizadas.**

	Estação telemétrica	Nº Visitas	Datas das visitas
1	Barragem Taiaçupeba	1	13/07
2	Barragem Jundiá Rio Tietê - Estaleiro	1	13/07
3	Rio Tietê - Estaleiro	1	13/07
4	Barragem Biritiba Montante	1	14/07
5	Barragem Biritiba Jusante	1	14/07
6	Rio Tietê na Barragem Ponte Nova	1	17/07
7	Barragem Paraitinga	1	17/07
8	Radar/Salesópolis	1	19/07
<b>Total:</b>			<b>8</b>

## 2.3. ATIVIDADE 1.3: OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DAS 52 ESTAÇÕES TELEMÉTRICAS DA REDE SABESP

Neste item é descrito as atividades de manutenção e operação das estações que compõe a rede telemétrica da SABESP.

A rede telemétrica SABESP é composta por 54 estações, sendo que:

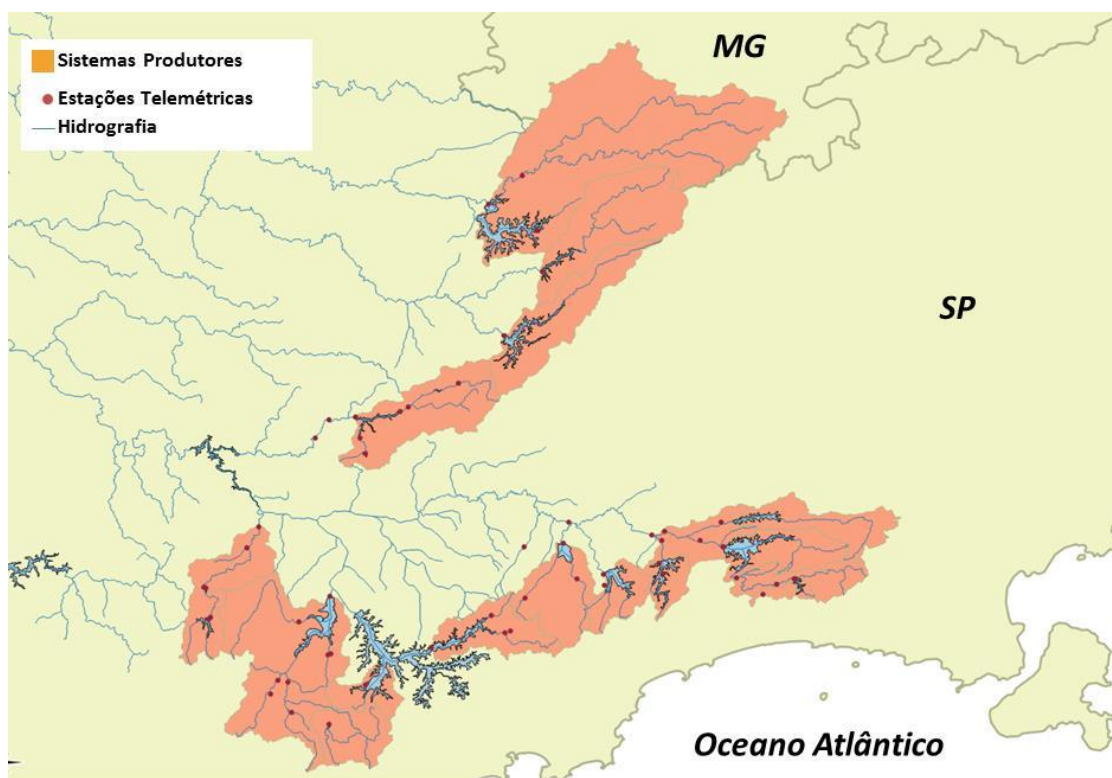
- 52 estações estão em operação;
- 2 estações instaladas no âmbito da atividade 1.5:
  - AT 30 – Desemboque EEAB Guaió
  - EEAB Paraíba do Sul - Atibainha

A Tabela 5 apresenta a estações, variáveis monitoradas e localizações das estações e a Figura 7 apresenta o mapa com as estações.

POSTO	EQUIPAMENTOS	Município	UF
Barragem Jaguari – Vargem	Pluviômetro / Sensor de Nível	Joanópolis	SP
Barragem Jacareí	Pluviômetro / Sensor de Nível	Joanópolis	SP
Emboque do Túnel 7	Sensor de Nível	Piracaia	SP
Jaguari-F25B	Pluviômetro / Sensor de Nível	Extrema	MG
Barragem Cachoeira	Pluviômetro / Sensor de Nível	Piracaia	SP
EEAB Paraíba do Sul – Atibainha	Pluviômetro / Sensor de Nível	Santa Isabel	SP
Desemboque do Túnel 6	Pluviômetro / Sensor de Nível		SP
Barragem Atibainha	Pluviômetro / Sensor de Nível	Nazaré Paulista	SP
Desemboque Túnel 5	Pluviômetro / Sensor de Nível	Mairiporã	SP
Canal Juqueri	Pluviômetro / Sensor de Nível	Mairiporã	SP
Elevatória de Mairiporã	Pluviômetro / Sensor de Nível	Mairiporã	SP
Barragem Paiva Castro	Pluviômetro / Sensor de Nível	Mairiporã	SP
Barragem Paiva Castro- Captação ESI	Pluviômetro / Sensor de Nível	Mairiporã	SP
Barragem Águas Claras	Pluviômetro / Sensor de Nível	Mairiporã	SP
F-38 Rio Juqueri	Pluviômetro / Sensor de Nível	Franco da Rocha	SP
F-36 – Rio Juqueri	Pluviômetro / Sensor de Nível	Caieiras	SP
Barragem Ribeirão do Campo	Pluviômetro / Sensor de Nível	Salesópolis	SP
Ribeirão do Campo V1	Sensor de Nível	Salesópolis	SP
Ribeirão do Campo R1	Sensor de Nível	Salesópolis	SP
Elevatória km 76 V2	Pluviômetro / Sensor de Nível	Salesópolis	SP
Poço Preto	Pluviômetro / Sensor de Nível	Salesópolis	SP
Guaratuba	Pluviômetro / Sensor de Nível	Bertioga	SP
Barragem Guarapiranga	Pluviômetro / Sensor de Nível	São Paulo	SP

POSTO	EQUIPAMENTOS	Município	UF
EEAB Capivari	Pluviômetro / Sensor de Nível	Embu Guaçu	SP
G7 – Rio Embu-Mirim	Sensor de Nível	Embu Guaçu	SP
G8 – Rio Santa Rita	Pluviômetro / Sensor de Nível	Embu Guaçu	SP
G-9	Sensor de Nível	São Paulo	SP
G12 – Rio Itaim	Pluviômetro / Sensor de Nível	São Paulo	SP
G15 – Rio Embu Guaçu	Pluviômetro / Sensor de Nível	Embu Guaçu	SP
G16a – Rio Parelheiros	Pluviômetro / Sensor de Nível	São Paulo	SP
P20	Pluviômetro	Embu Guaçu	SP
Taquacetuba/Billings	Pluviômetro / Sensor de Nível	São Paulo	SP
Barragem Rio Grande	Pluviômetro / Sensor de Nível	São Bernardo do	SP
Rio Grande	Pluviômetro / Sensor de Nível	Rio Grande da	SP
Rio Ribeirão Pires	Pluviômetro / Sensor de Nível	Ribeirão Pires	SP
Ribeirão da Estiva	Pluviômetro / Sensor de Nível	Rio Grande da	SP
Montante Isolina	Pluviômetro / Sensor de Nível	Carapicuíba	SP
ETA Baixo Cotia	Pluviômetro / Sensor de Nível	Carapicuíba	SP
Barragem Pedro Brecht	Pluviômetro / Sensor de Nível	Cotia/SP	SP
Barragem Pedro Brecht	Sensor de Nível	Cotia/SP	SP
Barragem Graça	Pluviômetro / Sensor de Nível	Cotia/SP	SP
Barragem Graça Jusante	Pluviômetro / Sensor de Nível	Cotia/SP	SP
AT-22 Jusante Ponte Nova	Pluviômetro / Sensor de Nível	Salesópolis	SP
AT-21 Rio Tietê – Ponte Casa	Pluviômetro / Sensor de Nível	Biritiba Mirim	SP
AT-18 Rio Tietê – Paraitinga	Pluviômetro / Sensor de Nível	Suzano/SP	SP
EEAB Biritiba Rio Tietê	Pluviômetro / Sensor de Nível	Mogi das Cruzes	SP
Dique Biritiba	Pluviômetro / Sensor de Nível	Biritiba Mirim	SP
AT-7-Rio Tietê	Pluviômetro / Sensor de Nível	Mogi das Cruzes	SP
AT-10b-Transferência Jundiá Taiapuêba	Pluviômetro / Sensor de Nível	Mogi das Cruzes	SP
At - 10c Barragem Taiapuêba - Montante	Pluviômetro / Sensor de Nível	Mogi das Cruzes	SP
AT9 – Rio Tietê	Pluviômetro / Sensor de Nível	Suzano/SP	SP
AT 27 - Rio Taiapuêba Mirim	Pluviômetro / Sensor de Nível	Ribeirão Pires	SP
AT-29 Jusante Captação EEAB Guaió / Adução	Pluviômetro / Sensor de Nível/ Vazão	Ferraz de Vasconcelos	SP
AT-30 Desemboque EEAB Guaió	Pluviômetro / Sensor de Nível	Suzano	SP

**Tabela 5 – Estações telemétricas da rede SABESP.**



**Figura 7 – Mapa com a localização das estações telemétricas.**

A tabela a seguir apresenta a precipitação acumulada nas estações da rede telemétrica da SABESP.

**Tabela 6 – Precipitação acumulada entre os dias 01 a 31 de julho de 2017 nas estações da rede telemétrica SABESP**

<b>Estação Telemétrica</b>	<b>Precipitação Acumulada (mm) 1 a 31 de julho</b>
Guaratuba	147,40
Barragem Ribeirão do Campo	74,80
Ribeirão da Estiva	45,00
Rio Grande	41,40
Elevatória Km 76 V2	32,60
Ribeirão Pires	28,20
P20	27,00
EEAB Capivarí	24,00
Barragem Rio Grande	21,80
AT - 27 Rio Taiapuê - Mirim	21,40
Taquacetuba/Billings	18,60
AT-21 Rio Tietê/Ponte Casa Grande	15,60

<b>Estação Telemétrica</b>	<b>Precipitação Acumulada (mm) 1 a 31 de julho</b>
G9 - Rio Cipó	12,80
AT-10c - Montante Barragem Taiapuêba	12,60
AT-18 Rio Tietê/Santa Catarina	12,40
Dique Biritiba/Biritiba Mirim	11,80
AT-10b Transferência Jundiá Taiapuêba	11,40
EEAB Biritiba Rio Tietê	9,20
AT-30 Desemboque EEAB Guaió	8,80
AT-7 - Rio Tietê	8,40
AT-9 - Rio Tietê/Companhia Suzano	8,20
AT-22 Jusante Ponte Nova	8,00
AT - 29 Jusante Captação EEAB Guaió	7,20
AT - 29 Jusante Captação EEAB Guaió	7,20
G16a - Rio Parelheiros	6,40
G12 - Rio Itaim	6,00
Canal Juqueri	6,00
G8 - Rio Santa Rita	5,60
Barragem Graça Jusante	5,00
Barragem Graça	4,80
Barragem Pedro Beicht	4,80
Barragem Paiva Castro	4,60
Desemboque do Túnel - 6	4,00
Barragem Guarapiranga	3,80
Barragem Jacaré	3,60
F-38 - Rio Juqueri	3,40
Barragem Cachoeira	2,80
F-36 - Rio Juqueri	2,40
G7 - Rio Embu-Mirim	1,00
G15 - Rio Embu-Guaçu	1,00
ETA Baixo Cotia	0,60
Montante Isolina	0,60
EEAB Paraíba do Sul - Atibainha	0,60
Barragem Atibainha	0,40
F25b - Rio Jaguari	0,40
Elevatória de Mairiporã	0,40
Desemboque do Túnel 5	0,20
Barragem Paiva Castro - Captação ESI	0,20

---

<b>Estação Telemétrica</b>	<b>Precipitação Acumulada (mm) 1 a 31 de julho</b>
Barragem Águas Claras	0,00
Poço Preto	0,00

No período de 01 a 31 de julho de 2017 foram realizadas 57 manutenções/instalação. A tabela a seguir apresenta o resumo das manutenções.

**Tabela 7 – Resumo das manutenções realizadas.**

	<b>Estações SABESP</b>	<b>Nº Visitas</b>	<b>Datas das visitas</b>
1	AT - 27 Rio Taiaçupeba - Mirim	1	11/jul.
2	AT-10b Transferência Jundiá Taiaçupeba	1	13/jul.
3	AT-10c - Montante Barragem Taiaçupeba	1	13/jul.
4	AT-18 Rio Tietê/Santa Catarina	1	14/jul.
5	AT-21 Rio Tietê/Ponte Casa Grande	1	14/jul.
6	AT-22 Jusante Ponte Nova	1	17/jul.
7	AT-7 - Rio Tietê	1	13/jul.
8	AT-9 - Rio Tietê/Companhia Suzano	1	13/jul.
9	Barragem Águas Claras	1	07/jul.
10	Barragem Atibainha	1	13/jul.
11	Barragem Cachoeira	1	07/jul.
12	Barragem Graça	1	14/jul.
13	Barragem Graça Jusante	1	14/jul.
14	Barragem Guarapiranga	1	03/jul.
15	Barragem Jacareí	1	03/jul.
16	Barragem Jaguari - Vargem	1	03/jul.
17	Barragem Paiva Castro	1	07/jul.
18	Barragem Paiva Castro - Captação ESI	1	07/jul.
19	Barragem Pedro Beicht	1	14/jul.
20	Barragem Pedro Beicht Vertedor	1	14/jul.
21	Barragem Ribeirão do Campo	1	19/jul.
22	Barragem Rio Grande	1	12/jul.
23	Canal Juqueri	1	13/jul.
24	Desemboque do Túnel 5	1	13/jul.
25	Desemboque do Túnel 6	1	24/jul.
26	Dique Biritiba/Biritiba Mirim	1	14/jul.
27	AT29- Jusante Captação EEAB Guaió/Adução	1	11/jul.
28	EEAB Biritiba Rio Tietê	1	14/jul.
29	EEAB Capivarí	1	05/jul.
30	Elevatória de Mairiporã	1	07/jul.
31	Elevatória Km 76 V2	1	19/jul.
32	Emboque do Túnel 7	1	07/jul.
33	ETA Baixo Cotia	1	14/jul.
34	F25b - Rio Jaguari	1	24/jul.
35	F-36 - Rio Juqueri	1	12/jul.
36	G12 - Rio Itaim	1	03/jul.
37	G15 - Rio Embu-Guaçu	1	05/jul.
38	G16a - Rio Parelheiros	1	03/jul.
39	G7 - Rio Embu-Mirim	1	05/jul.
40	G8 - Rio Santa Rita	1	05/jul.

	<b>Estações SABESP</b>	<b>Nº Visitas</b>	<b>Datas das visitas</b>	
41	G-9 - Rio Cipó	1	05/jul.	
42	Guaratuba	1	19/jul.	
43	Montante Isolina	1	14/jul.	
44	P20	1	05/jul.	
45	Poço Preto	1	19/jul.	
46	Ribeirão do Campo R1	1	19/jul.	
47	Ribeirão do Campo V1	1	19/jul.	
48	Ribeirão Pires	1	12/jul.	
49	Rio Grande	1	12/jul.	
50	Taquacetuba/Billings	1	05/jul.	
51	AT-30 Desemboque EEAB Guaió	1	11/jul.	
52	F-38 - Rio Juqueri	2	12/jul.	20/jul.
53	Ribeirão da Estiva	2	12/jul.	19/jul.
54	EEAB Paraíba do Sul - Atibainha	2	17/jul.	18/jul.

### 2.3.1. AJUSTES DE NÍVEIS

**Tabela 8 – Ajustes de níveis realizados no período de 01 a 31 de julho de 2017 nas estações telemétricas da Rede SABESP**

DATA	ESTAÇÃO	ALTERAÇÃO
11/07/2017	Barragem Paiva Castro	ALTEROU OFFSET 736.017 PARA 735.996
11/07/2017	Barragem Cachoeira	ALTEROU OFFSET 810.768 PARA 810.748
11/07/2017	Barragem Jacareí	ALTEROU OFFSET 835.409 PARA 835.428
31/07/2017	G15 - Rio Embu-Guaçu	ALTEROU OFFSET .051 PARA -.169
31/07/2017	G15 - Rio Embu-Guaçu	ALTEROU OFFSET -.169 PARA .051
31/07/2017	G15 - Rio Embu-Guaçu	ALTEROU OFFSET .051 PARA .271
14/07/2017	AT-10b Transferência Jundiá Taiaçupeba	ALTEROU OFFSET .423 PARA .403
13/07/2017	AT-7 - Rio Tietê	ALTEROU OFFSET .662 PARA .726
20/07/2017	AT-7 - Rio Tietê	ALTEROU OFFSET .726 PARA .656
06/07/2017	Barragem Jaguari	ALTEROU OFFSET 821.976 PARA 821.916
13/07/2017	AT-9 - Rio Tietê/Companhia Suzano	ALTEROU OFFSET 1.506 PARA 1.495
26/07/2017	Desemboque do Túnel - 6	ALTEROU OFFSET -1.312 PARA -1.332
18/07/2017	EEAB Paraíba do Sul - Atibainha	ALTEROU OFFSET 617.909 PARA 616.240
18/07/2017	EEAB Paraíba do Sul - Atibainha	ALTEROU OFFSET 616.240 PARA 615.213
18/07/2017	EEAB Paraíba do Sul - Atibainha	ALTEROU OFFSET 615.213 PARA 616.240
18/07/2017	EEAB Paraíba do Sul - Atibainha	ALTEROU OFFSET 616.240 PARA 615.213
19/07/2017	EEAB Paraíba do Sul - Atibainha	ALTEROU OFFSET 615.213 PARA 615.212
19/07/2017	EEAB Paraíba do Sul - Atibainha	ALTEROU OFFSET 615.212 PARA 614.612
19/07/2017	EEAB Paraíba do Sul - Atibainha	ALTEROU OFFSET 614.612 PARA 615.152
19/07/2017	EEAB Paraíba do Sul - Atibainha	ALTEROU OFFSET 615.152 PARA 615.212
19/07/2017	EEAB Paraíba do Sul - Atibainha	ALTEROU OFFSET 615.212 PARA 615.192

## 2.4. ATIVIDADE 1.4: DISPONIBILIZAÇÃO E MANUTENÇÃO DE DADOS DA REDE SABESP

Os dados das estações da rede telemétrica da SABESP são coletados a cada 10 minutos e transmitidos via celular ou via satélite para os servidores da FCTH. O acesso ao dado é feito através de usuário e senha.

Os dados coletados estão disponíveis na forma de tabela e gráfico. A figura a seguir mostra a forma de tabela da disponibilização dos dados.

SABESP - 20 AGO 2016 18:00 -> 20 AGO 2016 18:05							
Posto	PLU(mm)		FLU(m)		FLU(m)		Q(m³/s)
	Hora	Valor	Hora	Valor	Hora	Valor	Valor
<b>Alto Cotia</b>							
Barragem Pedro Beicht / Cotia		2.8		918.30		-/-	
Barragem Pedro Beicht Vertedor / Cotia				0.21			0.92
Barragem Graça / Cotia		5.0		868.52			
Barragem Graça Jusante / Cotia		3.8		0.05			0.12
Precipitação Radar Bacia do Alto Cotia / Sistema Produtor Cotia		4.3					
<b>Alto Tietê</b>							
Rio Tietê na Barragem Ponte Nova / Salesópolis		1.4		758.89			
AT-22 Jusante Ponte Nova / Salesópolis		1.4		0.01			0.34
Barragem Paratitinga / Salesópolis		0.6		768.16			
AT-21 Rio Tietê/Ponte Casa Grande / Biribita Mirim		1.2		1.82			0.79
AT-18 Rio Tietê/Santa Catarina / Biribita Mirim		1.2		1.78			3.05
EEAB Biribita Rio Tietê / Biribita Mirim		2.2		5.29			
Barragem Biribita Montante / Biribita Mirim		2.4		755.00			
Barragem Biribita Jusante / Biribita Mirim						743.38	
Dique Biribita/Biribita Mirim / Mogi das Cruzes		3.8		754.16			
AT-7 - Rio Tietê / Mogi das Cruzes		2.4		1.46			1.95
Barragem Jundiá / Mogi das Cruzes		5.2		753.58			
AT-10b Transferência Jundiá Taiapuêba / Mogi das Cruzes		4.0		1.50			5.35
Barragem Taiapuêba / Mogi das Cruzes		3.8		742.55			
AT-10c - Montante Barragem Taiapuêba / Mogi das Cruzes		4.8		0.52			5.83
AT-9 - Rio Tietê/Companhia Suzano / Suzano		3.8		2.13			4.23
AT - 27 Rio Taiapuêba - Mirim / Ribeirão Pires		4.8		0.73			2.84
EEAB - Rio Guaiú / Ferraz de Vasconcelos		5.8		1.70			0.58
Precipitação Radar Bacia de Ponte Nova / Sistema Produtor Alto Tietê		2.5					
Precipitação Radar Bacia do Paratitinga / Sistema Produtor Alto Tietê		3.6					
Precipitação Radar Bacia Biribita Mirim Jusante / Sistema Produtor Alto Tietê		4.2					
Precipitação Radar Bacia Biribita Mirim / Sistema Produtor Alto Tietê		5.8					

**Figura 8 – Disponibilização de dados das estações telemétricas da rede SABESP**

A SABESP possui também uma rede, em que dados de algumas estações são disponibilizados para o público sem necessidade de usuário e senha. Nesta rede estão disponíveis os dados das seguintes estações telemétricas:

- **Barragem Jacareí;**
- **Barragem Jaguari – Vargem;**
- **Barragem Cachoeira;**
- **Barragem Atibainha;**
- **Desemboque do Túnel 5;**
- **Barragem Paiva Castro;**

- **Barragem Águas Claras.**

. A figura a seguir mostra a visualização dos dados da rede pública da SABESP.

Rede Telemétrica Sistema Cantareira - 06 MAR 2017 17:00							
Posto	PLU(mm)		FLU(m)		Q(m <sup>3</sup> /s)		
	Hora	Valor	Hora	Valor	Hora	Valor	
Barragem Jacarei / Joanópolis	16:50	9.4 ↑	16:50	838.55 ↓			
Barragem Jaguari - Vargem / Vargem		29.4 ↑					
Barragem Cachoeira / Piracema	16:50	35.0 ↑	16:50	816.14 =			
Barragem Atibainha / Nazaré Paulista		13.6 ↑		784.14 ↑			
Desemboque do Túnel 5	16:50	35.2 ↑	16:50	0.97 =	16:50	21.18 =	
Barragem Paiva Castro / Franco da Rocha		9.8 ↑		744.42 =			
Barragem Águas Claras / São Paulo	16:50	12.4 =	16:50	859.42 ↑			
F25b - Rio Jaguari / Extrema - MG	16:50	10.8 ↑	16:50	2.43 =	16:50	31.66 =	
Posto	Hora	Valor	Hora	Valor	Hora	Valor	
		PLU(mm)		FLU(m)		Q(m <sup>3</sup> /s)	

**Figura 9 – Rede SABESP Pública.**

---

## **2.5. ATIVIDADE 1.6: OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DAS 6 NOVAS ESTAÇÕES TELEMÉTRICA DA REDE SABESP**

Neste item são descritas as atividades de manutenção e operação das novas estações telemétricas da rede telemétrica da SABESP. Até o momento foram instaladas as seguintes estações:

- **AT 30 – Desemboque EEAB Guaió – Data de início da operação: 24 de outubro de 2016.**
- **EABB – Paraíba do Sul Atibainha – Data de início da operação: 18 de abril de 2017.**

Conforme previsto no contrato ainda serão instaladas mais 4 (quatro) estações telemétricas de acordo com as solicitações da SABESP.

As atividades de operação e manutenção das novas estações telemétricas da SABESP estão descritas em detalhes no item 2.3

---

## **2.6. ATIVIDADE 1.7 - DISPONIBILIZAÇÃO E MANUTENÇÃO DE DADOS DAS 6 NOVAS ESTAÇÕES TELEMÉTRICA DA REDE SABESP**

A disponibilização e manutenção dos dados das novas estações telemétricas da SABESP é realizada da mesma maneira que as demais estações da rede telemétrica da SABESP, item 2.4.

Até o momento foram instaladas as seguintes estações:

- **AT 30 – Desemboque EEAB Guaió – Data de início da operação: 24 de outubro de 2016.**
- **EABB – Paraíba do Sul Atibainha – Data de início da operação: 18 de abril de 2017.**

Conforme previsto no contrato ainda serão instaladas mais 4 (quatro) estações telemétricas de acordo com as solicitações da SABESP.

As informações relativas a esta atividade são apresentadas no item 2.4.

---

## **2.7. ATIVIDADE 1.8: - MEDICAÇÃO DE VAZÃO E MANUTENÇÃO DE ESCALAS EM ESTAÇÕES DA REDE SABESP**

No período de **01 a 31 de julho de 2017**, foram realizadas atividades de medição de vazão e manutenção de escalas da rede SABESP nos seguintes locais:

- F-25B Rio Jaguari – Extrema – 1 medição
- Rio Jaguari Ponte Fernão Dias – 2 medições
- F-36 Rio Juqueri – Caieiras – 1 medição
- Barragem Atibainha jusante – 1 medição
- Barragem Cachoeira jusante -1 medição
- Rio Jaguari (Guaripocaba) – Bragança Paulista – 1 medição

A tabela a seguir apresenta o resumo das medições de vazão realizadas no período.

**Tabela 9: Resumo das medições de vazão**

Posto	Data	Hora Inicial	Hora Final	Cota Inicial [m]	Cota Final [m]	Vazão [m <sup>3</sup> /s]	Área [m <sup>2</sup> ]	Largura [m]	Profundidade [m]	Velocidade [m/s]
F-25B	07/07/2016	08:54	09:20	1.25	1.25	9.17	32.27	20.53	2.30	0.28
Rio Jaguari ponte Fernão Dias	07/07/2017	12:11	12:38	-	-	1.313	10.167	11.075	1.905	0.131
F-36	07/07/2017	15:45	16:01	1.33	1.33	2.787	6.245	8.69	1.29	0.446
Barragem Atibainha jusante	14/07/2017	09:18	09:40	-	-	3.543	12.456	10.38	1.95	0.285
Barragem Cachoeira jusante	14/07/2017	12:51	13:17	-	-	0.637	13.251	15.44	1.30	0.048
Rio Jaguari Guaripocaba	15/07/2017	07:28	07:43	1.16	1.16	2.369	11.01	12.22	1.42	0.216
Rio Jaguari ponte Fernão Dias	15/07/2017	11:17	11:36	-	-	1.265		11.38	1.83	0.074

## 2.8.

### 2.8. ATIVIDADE 1.9: NIVELAMENTO, LEVANTAMENTO DE SEÇÃO E INSTALAÇÃO DE RÉGUAS

No período de 01 a 31 de julho de 2017 foi realizada uma instalação de régua.

O item a seguir descreve em detalhes os trabalho realizado.

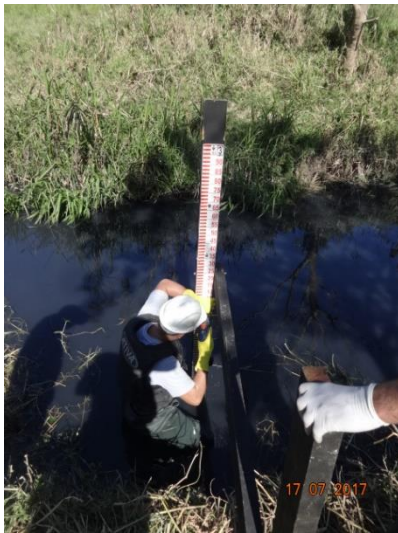
#### 2.8.1. INSTALAÇÃO DE RÉGUAS

Por solicitação da SABESP, foi realizada no período de 01 de julho a 31 de julho de 2017, uma instalação de régua no município de São Paulo. As figuras a seguir apresentam a localização e o registro fotográfico dessas instalações.



Figura 10: Localização das instalações de régua

- **Córrego Parelheiros – GU213A**



**Figura 11 – Instalação de régua – Rio Parelheiros**



**Figura 12 – Instalação de régua – Rio Parelheiros**



**Figura 13 – Instalação de régua – Rio Parelheiros**

### 3. CRONOGRAMA

Atividade 1 - SAISP - Monitoramento													
		mês 1	mês 2	mês 3	mês 4	mês 5	mês 6	mês 7	mês 8	mês 9	mês 10	mês 11	mês 12
Atividade 1.1 - Fornecimento de dados do Radar Meteorológico	Previsto												
	Realizado												
Atividade 1.2 - Fornecimento de dados das estações do Sistema Produtor no Alto Tietê	Previsto												
	Realizado												
Atividade 1.3 – Operação e manutenção das 51 estações telemétrica da Rede Sabesp	Previsto												
	Realizado												
Atividade 1.4 - Disponibilização e manutenção de dados da Rede Sabesp	Previsto												
	Realizado												
Atividade 1.5 - Fornecimento e instalação de 6 novas estações telemétricas na Rede Sabesp	Previsto												
	Realizado												
Atividade 1.6 – Operação e manutenção das 6 novas estações telemétrica da Rede Sabesp	Previsto												
	Realizado												
Atividade 1.7 - Disponibilização e manutenção de dados das novas estações da Rede Sabesp	Previsto												
	Realizado												
Atividade 1.8 - Medição de vazão e manutenção de escalas em estações da Rede Sabesp	Previsto												
	Realizado												
Atividade 1.9 - Nivelamento, levantamento de seção e instalação de régua	Previsto												
	Realizado												

<b>Atividade 1 - SAISP - Monitoramento</b>		mês 13	mês 14	mês 15	mês 16	mês 17	mês 18	mês 19	mês 20	mês 21	mês 22	mês 23	mês 24
Atividade 1.1 - Fornecimento de dados do Radar Meteorológico	Previsto												
	Realizado												
Atividade 1.2 - Fornecimento de dados das estações do Sistema Produtor no Alto Tietê	Previsto												
	Realizado												
Atividade 1.3 – Operação e manutenção das 51 estações telemétrica da Rede Sabesp	Previsto												
	Realizado												
Atividade 1.4 - Disponibilização e manutenção de dados da Rede Sabesp	Previsto												
	Realizado												
Atividade 1.5 - Fornecimento e instalação de 6 novas estações telemétricas na Rede Sabesp	Previsto												
	Realizado												
Atividade 1.6 – Operação e manutenção das 6 novas estações telemétrica da Rede Sabesp	Previsto												
	Realizado												
Atividade 1.7 - Disponibilização e manutenção de dados das novas estações da Rede Sabesp	Previsto												
	Realizado												
Atividade 1.8 - Medição de vazão e manutenção de escalas em estações da Rede Sabesp	Previsto												
	Realizado												
Atividade 1.9 - Nivelamento, levantamento de seção e instalação de réguas	Previsto												
	Realizado												

## 4. EQUIPE TÉCNICA

Flavio Conde – Engenheiro Eletrônico - *Coordenador de Área*

Mario Thadeu Leme de Barros – *Engenheiro Civil - Consultor em Hidrologia*

José Antônio Boani – *Engenheiro Eletrônico – Encarregado*

Ivan Francolin Martinez – *Engenheiro Eletricista*

André Sandor Kadjacsy B. Sosnoski– *Engenheiro Civil*

Sandra Uemura – *Engenheira Civil*

Sara Martins Pion – *Engenheira Civil*

Kleber Lopes da Rocha Filho – *Meteorologista*

Cristiane Pires Andrioli – *Meteorologista*

Douglas Silvério Maria – *Webdesigner*

Afonso Reis Furin – *Tecnólogo Hidrometrista*

Sinaldo Ribeiro – *Técnico Hidrometrista*

Gilberto Pinto – *Técnico Eletrônico*

Ricardo Mitsuji Aoki – *Técnico Hidrometrista*

Elen Teixeira Romão do Nascimento – *Assistente Técnico*

Roberto dos Campos dos Ouros – *Operador de Radar*

Benedito de Melo Junior – *Operador de Radar*

Benedito Rodrigues dos Ouros Junior– *Operador de Radar*

Paulo Roberto Freitas – *Operador de Radar*

Anderson Luiz da Silva – *Auxiliar de manutenção*

Hélio Florêncio de Araújo– *Auxiliar de manutenção*

Eduardo José de Siqueira – *Auxiliar de manutenção*

José Ivan de Oliveira Pereira – *Auxiliar de manutenção*

Mário Donizetti Rodrigues – *Auxiliar de manutenção*

Paulo José da Silva- *Auxiliar Técnico*

<b>Emissão: São Paulo, 7 de agosto de 2017.</b>	<b>Documento: RA12-1108-R017</b>
<b>Elaborado por:</b> Equipe Técnica FCTH	<b>Assinatura:</b>
<b>Verificado por:</b> <i>Eng.º Flavio Conde</i>	<b>Assinatura:</b>
<b>Aprovado por:</b> <i>Eng.º Renato Carlos Zambon</i>	<b>Assinatura:</b>

## **Anexo F**

### **PARECER TÉCNICO**

# **ESTRUTURAS DE OPERAÇÃO E MEDIÇÃO DAS VAZÕES VEICULADAS NOS TÚNEIS 7, 4/1 E 2 DO SISTEMA CANTAREIRA – validação de metodologia**



## **1. APRESENTAÇÃO**

O presente PARECER TÉCNICO decorre de solicitação da Cia de Saneamento do Estado de São Paulo – SABESP para se proceder a avaliação da metodologia utilizada no cálculo das vazões veiculadas através do túnel 7, túneis 4/1, e túnel 2, todos do Sistema Produtor Cantareira.

As estruturas onde se faz necessária a avaliação de vazões, mas que dispõem de estruturas específicas para tal finalidade (como é o caso das estruturas de Vertedor e Tubo Venturi), não serão objeto de avaliação nem de validação neste Parecer, uma vez configurar elementos projetados e instalados unicamente para essa finalidade e já foram objeto de estudos de dimensionamento e adequação previamente à sua instalação.

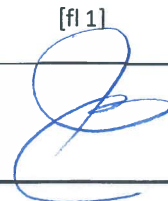
Para as demais estruturas não incluídas nessa condição, serão tecidos breves comentários e procedidas as análises necessárias das metodologias e critérios adotados.

## **2. CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA CANTAREIRA E AS ESTRUTURAS SUJEITADAS A CONTROLE E MEDIÇÃO DE VAZÕES**

As 5 (cinco) represas que compõem o Sistema Cantareira (Jaguari/Jacareí, Cachoeira, Atibainha, Juqueri e Águas Claras) são interligadas por túneis e canais conforme o esquema abaixo:

novembro/2017

[fl 1]



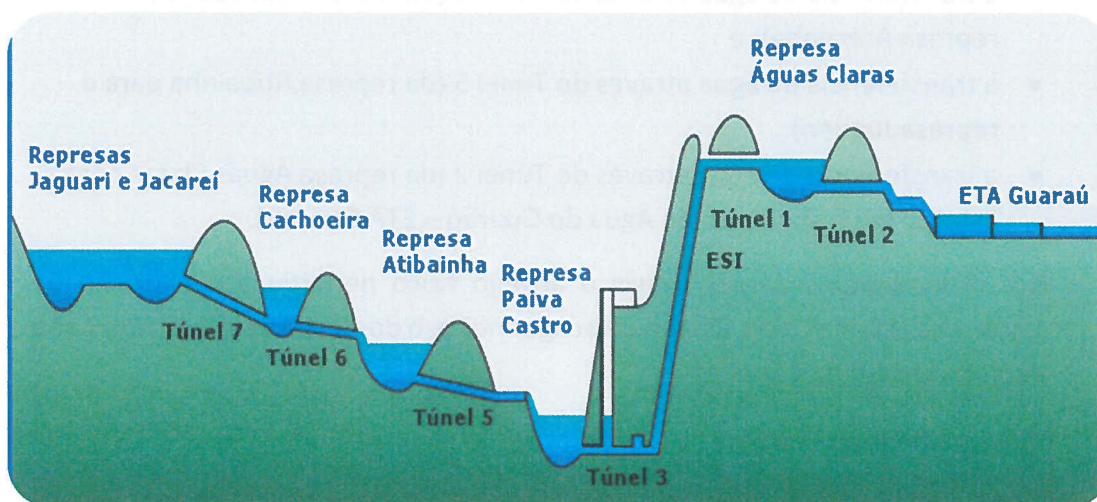


Figura 1 - Perfil esquemático do Sistema Cantareira

O desenho esquemático retro apresentado dispensa comentários visto ser auto explicativo.

### 3. MEDIÇÃO DAS VAZÕES TRANSFERIDAS ENTRE AS REPRESAS DO SISTEMA CANTAREIRA

Evidentemente, requer-se que as quantidades de água (vazões) transferidas entre essas 5 (cinco) represas sejam submetidas a mensurações corretas e confiáveis de forma conferir à operação do Sistema um padrão aceitável de precisão.

Dadas as características físicas e construtivas como o Sistema foi concebido e projetado, restaram transferências dotadas de estruturas específicas e singulares de medição de vazões, e outras estruturas em que tal avaliação só se dá através de estruturas não específicas.

No primeiro caso, estão:

[fl 2]

- a transferência de água através do Túnel 6 (da represa Cachoeira para a represa Atibainha); e,
- a transferência de água através do Túnel 5 (da represa Atibainha para a represa Juqueri).
- a transferência de água através do Túnel 2 (da represa Águas Claras para a Estação de Tratamento de Água do Guaraú – ETA Guaraú).

Nos desemboques desses túneis o arranjo físico permitiu a construção de estruturas próprias, tipo Vertedor Creager no caso dos Túneis 6 e 5; e, tipo Tubo Venturi no caso do Túnel 2.

No segundo caso estão:

- a transferência de água através do Túnel 7 (da represa Jaguari/Jacarei para a represa Cachoeira;
- a transferência de água da represa Juqueri para a represa Águas Claras (através dos Túneis 4/1 ou simplificada e denominados de Túnel 1, simplesmente)

### **3.1 transferência de água através dos Túneis 6, 5 e 2**

As estruturas tipo Vertedor Creager (existentes no desemboque dos túneis 6 e 5) não requerem arranjo algum para se obter os valores de vazões veiculadas. Basta se adotar as respectivas curvas de calibração ou as curvas teóricas de cada uma dessas estruturas. Os valores resultantes são extremamente precisos e, portanto, absolutamente confiáveis, uma vez que são construídos com dimensões e perfis rigorosamente estabelecidos em laboratório.

Igualmente, a transferência de água da represa Águas Claras para a ETA Guaraú é feita com altíssima precisão uma vez que a jusante do Túnel 2 existe instalado um medidor tipo Tubo Venturi na entrada da ETA Guaraú.

Dadas essas características, tanto dos Vertedores Creager como do Tubo Venturi, estruturas essas próprias e específicas para medição de vazões, e instaladas especificamente para esse fim, as

[fl 3]



mesmas não serão objeto de análise neste trabalho, e são aceitas como adequadas e apropriadas para tal finalidade.

### **3.2 transferência de água da represa Juqueri para a represa Águas Claras**

Essa transferência não é dotada de uma estrutura específica para medição das vazões. As características físicas não permitem a contemplação de uma estrutura específica para tal propósito, uma vez que a montante ocorre a sucção das bombas da Estação Elevatória Santa Inês, e, a jusante – o imediato emboque dos Túneis 4/1.

No entanto, existem disponibilizadas informações igualmente confiáveis, que são as curvas características dos 4 (quatro) conjuntos moto-bombas da Elevatória Santa Inês.

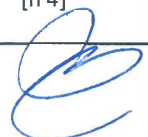
Tais curvas permitem aferir com bastante precisão, muito maior que a necessária, as vazões transferidas da represa Juqueri para a represa Águas Claras. E mais, por ser esta última (represa Águas Claras) de capacidade extremamente reduzida, funcionando praticamente como caixa de passagem do Sistema, pode-se considerar – com pouca defasagem de tempo, as aferições das vazões que ocorrem no Tubo Venturi na entrada da ETA Guaraú.

Tem-se, por conseguinte, que tal metodologia é precisa o suficiente para as finalidades propostas.

### **3.3 transferência de água da represa Jaguari/jacareí para a represa Cachoeira (Túnel 7)**

Diferente do que ocorre nos desemboques dos Túneis 6 e 5 que se dão em canais de aproximação, o lançamento das águas do Túnel 7 na represa Cachoeira se dá em uma estrutura submersa no

[fl 4]



próprio corpo da represa. Daí a impossibilidade de instalação de estrutura específica e própria para medição da vazão transferida.

O projeto do Sistema Cantareira previu que tal aferição deva se dar na estrutura de emboque desse túnel.

A estrutura é dotada de 6 (seis) comportas planas, dispostas duas a duas, que operam com características de comportas seletivas (com abertura de cima para baixo).

Tem todas elas as mesmas dimensões (largura de 1,50 m e altura 8,0 m), sendo que os três pares formantes têm soleiras respectivamente nas cotas 818,00 m, 827,00 m e 836,00 m.

Por se tratarem de comportas seletivas, as mesmas podem em determinada ocasião operar como estrutura submersa, e, em outra determinada ocasião operar como estrutura não submersa.

Para que se utilize essas estruturas como medidores de vazão, basta se recorrer aos princípios da Hidráulica e da Mecânica dos Fluidos, e estabelecer a metodologia adequada e recomendada pela literatura para esse fim. Isso permitirá a obtenção da mensuração das vazões transferidas pelo Túnel 7 com altíssima precisão.

Tal metodologia é conhecida como *Teoria do Escoamento Através de Orifícios*, e será adiante brevemente demonstrada para, ao final, coteja-la com os procedimentos operacionais utilizados pela SABESP para essa finalidade.

### 3.3.1 Alguns conceitos teóricos

Considera-se um escoamento através de um ORIFÍCIO aquele que se dá por uma abertura qualquer, de perímetro fechado, em paredes ou fundo de reservatórios, muros de barragens, etc. Se prestam prioritariamente para medir e controlar vazões e sua adoção e utilização no Brasil é

[fl 5]

regulamentada pela NBR 12213 - Projeto de Captação de Água de Superfície para Abastecimento Público

Para que seja considerado um orifício, a parede da abertura requer ter espessura no máximo igual à metade da menor dimensão da abertura. Caso não, deixa de ser considerado um orifício e recebe a denominação de “bocal”. No caso em pauta (comportas do túnel 7) essa exigência é plena e facilmente atendida uma vez que a menor dimensão da abertura é a correspondente a 1,50 m.

A teoria do escoamento em orifício é demais antiga e está plenamente consolidada na literatura técnico-científica e se fundamenta essencialmente em dois teoremas: Teorema de Torricelli e o Teorema de Bernoulli. Trata-se de assunto demais comecinho nas lides da ciência Hidráulica, tendo sido tão numerosos e tão volumosos os ensaios já desenvolvidos em laboratórios e modelos reduzidos que torna dispensável, para não dizer impossível, a citação bibliográfica da mesma. É regularmente encontrada em qualquer tratado de Hidráulica e até mesmo em literatura básica de ensino dela, quer nacional, quer estrangeira<sup>1</sup>.

### 3.3.2 Utilização dos orifícios como estruturas de medição de vazão: aplicação da Teoria

Segundo essa farta literatura mencionada, há unanimidade em aceitar que a descarga através de um orifício possa ser

<sup>1</sup> Apenas como exemplo onde tal teoria pode ser encontrada:

- AZEVEDO NETTO, J.M.: *Manual de Hidráulica*, Ed. Blucher, São Paulo, 1957.  
KING-WISLER-WOODBURN: *Hidráulica*. Ed. Publicações Pan-Americanas, Rio de Janeiro, 1945  
NEVES, E.T.: *Curso de Hidráulica*, Ed. Globo, Porto Alegre, 1960  
FORCCHEIMER, Ph.: *Tratado de Hidráulica*. Ed. Labor, Barcelona, 1935  
KING E BRATER: *Handbook of Hudraulics*. Ed. McGraw-Hill Book Co., Nova York, 1954  
RUSSE, G.E.: *Hydraulics*. Ed. Henry Holt, Nova York, 1949  
NENNARD, J.K.: *Elementary Fluid Mechanics*. Ed. J. Wiley and Sons, Nova York, 1947

calculada pelo produto da velocidade real do jato pela área da seção contraída. Como a velocidade real é menor que a velocidade teórica (devido às perdas existentes), há necessidade de introdução de um coeficiente de velocidade ( $c_v$ ) e de um outro coeficiente, o coeficiente de contração ( $c_c$ ).

Ou seja, partindo-se do Teorema de Torricelli, tem-se:

$$Q = c_c \times a \times c_v \sqrt{2gh} = C_d a \sqrt{2gh}$$

onde

$Q$  é a vazão ( $m^3/s$ )

$c_c$  é o coeficiente de contração

$c_v$  é o coeficiente de velocidade

$h$  é a altura de água (carga) sobre o centro do orifício (m)

$a$  é a área do orifício ( $m^2$ )

$C_d$  é o coeficiente de descarga do orifício (produto de  $c_c$  e  $c_v$ )

Obs.: o coeficiente de descarga varia de 0,57 a 0,70 dependentemente da forma e das condições do orifício em relação à superfície da água. Para o orifício tido padrão, com bordos agudos, afastado da superfície e das paredes e do fundo, o coeficiente de vazão vale 0,61 ou 0,62.

[fl 7]

Ocorre que, quando o orifício é de grandes dimensões, a carga  $h$  é variável para cada trecho elementar da abertura. A descarga de todo o orifício será então obtida integrando-se a vazão determinada para cada trecho, entre as bordas superior e inferior do orifício. Ou seja:

$$Q = \frac{2}{3} C_d S \sqrt{2g} \frac{h_2^{\frac{3}{2}} - h_1^{\frac{3}{2}}}{h_2 - h_1} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

$S$  é a área do orifício.

$h_2$  é a altura entre o nível d'água e a borda inferior do orifício

$h_1$  é a altura entre o nível d'água e a borda superior do orifício

A obra mais clássica da literatura técnica brasileira sobre o assunto<sup>2</sup>, à pg. 58 do volume 1 diz:

*“Também as adufas e comportas podem ser consideradas como orifícios...No caso de comportas com contração completa o coeficiente  $C_d$  equivale a 0,61...O valor prático usual de  $C_d$  é 0,67. Para as adufas, pode-se aplicar um coeficiente de descarga ligeiramente maior: **0,70**”*

Portanto, dado seu reconhecimento pela literatura, essa é a metodologia correta a ser empregada na determinação das vazões veiculadas através do Túnel 7.

<sup>2</sup> AZEVEDO NETTO, J.M.: *Manual de Hidráulica*, Ed. Blucher, São Paulo, 1977

Conforme constante do documento “INSTRUTIVO BÁSICO PARA TREINAMENTO DE OPERADORES”, de fevereiro de 1998, no seu item E.1, fls 4, cuja cópia foi oferecida a este parecerista e está juntada como anexo a este Parecer, a área operacional da SABESP adota corretamente esta formulação inclusive com a aplicação do coeficiente no valor apontado pela literatura ( $C_d = 0,70$ ), quando operando as comportas em condição de orifício submerso.

Da mesma forma, a Teoria expõe que quando o orifício não está submerso, o escoamento se assemelha àquele de orifício sem o bordo superior, ou seja, como um vertedor. Dentre as fórmulas mais utilizadas no Brasil, estão a Fórmula de Poncelet e Lesbros e a Fórmula de Bazin, ambas com a mesma formulação matemática, diferindo apenas quanto ao coeficiente “ $m$ ” adotado em função das características construtivas presentes. Assim<sup>3</sup>:

$$Q = L m \sqrt{2g} h^{\frac{3}{2}} \quad \text{Eq. (2)}$$

onde

$L$  é a largura do vertedor (no caso, largura da comporta)

$m$  é o coeficiente de vazão (adotado = a 0,495)

$h$  é a altura da lâmina d’água sobre a soleira da comporta

De modo igual, essa é a metodologia (formulação) utilizada pela área operacional da SABESP para determinação da vazão nas comportas do emboque do Túnel 7, na condição

<sup>3</sup> Conforme apresentado em NEVES, E.T.: *Curso de Hidráulica*, Ed. Globo, Porto Alegre, 1977, 5ª Ed, p 145

de orifício não submerso, conforme o mesmo documento retro mencionado aqui, em seu item D.4, pág 3.

Evidentemente que as equações (1) e (2) retro mostradas podem ser representadas através de tabelas, ábacos e gráficos à conveniência e interesse de quem opera as comportas, mantidas as mesmas formulações matemáticas.

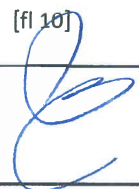
Do exposto, tem-se que a metodologia utilizada pela SABESP se apresenta correta e apropriada para a aferição das vazões do Túnel 7, qualquer que seja a condição das comportas (submersas ou não submersas).

#### 4. RESUMO

Do que aqui exposto e analisado, depois de confrontada com a teoria disponível na literatura técnico-científica sobre o assunto, pode-se resumir nos seguintes pontos:

- i) **A transferência de água através dos túneis 6, 5 e 2** dispensa qualquer comentário ou crítica no que diz respeito às medições dessas vazões veiculadas, já que dispõem de estruturas específicas para isso se proceder. No desemboque dos Túneis 6 e 5 existem Vertedores Creager, e, logo imediatamente ao desemboque o Túnel 2 existe instalado um Tubo Venturi na entrada da ETA Guaraú.
- ii) **A transferência de água da represa Juqueri para a represa Águas Claras** não possui estrutura específica de medição, no entanto são disponibilizadas as informações das curvas características dos 4 (quatro) conjuntos moto-bombas da Elevatória Santa Inês, as quais apontam com elevada precisão e acuracidade as vazões transferidas.
- iii) **A transferência de água da represa Jaguari/Jacareí para a represa Cachoeira (Túnel 7)** é feita por aplicação da *Teoria do Escoamento Através de Orifícios*, metodologia esta referenciada e referendada vastamente

[fl 10]



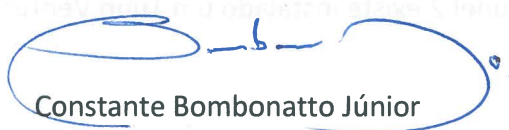
pela literatura nacional e estrangeira. As formulações matemáticas utilizadas e os coeficientes adotados estão absolutamente de acordo com o recomendado pela literatura. Portanto, trata-se de método operacional cientificamente correto e adequado para tal.

## 5. CONCLUSÃO

Analisadas as características construtivas do Sistema Cantareira, os dispositivos de medição de vazões disponíveis e as metodologias utilizadas para tal, pode-se concluir que o sistema de avaliação e mensuração das transferências de água entre as represas é tecnicamente correto, apresenta a precisão exigida e dispõe da acuracidade necessária, tudo em conformidade com o que reconhecido, aceito e recomendado pela literatura técnico-científica.

Todo o Sistema está dotado, portanto, de instalações ou dispositivos que permitem seu controle operacional eficiente desde as transferências mais a montante até a saída final do Sistema Cantareira.

São Paulo, novembro de 2017



Constante Bombonato Júnior

engenheiro consultor

CREA 060077584-9

anexo a este parecer:

*"INSTRUTIVO BÁSICO PARA TREINAMENTO DE OPERADORES"*; ESI; fevereiro de 1989.

[fl 11]



companhia de saneamento básico do estado de são paulo

# **Instrutivo básico para treinamento de operadores de Barragens do Sistema Cantareira**

**fevereiro/1989**

## I N T R O D U Ç Ã O

O objetivo deste instrutivo básico é facilitar aos Operadores de Barragens em sua aprendizagem e servir para consultas, nas atividades diárias, quanto aos cálculos de vazões e boletins de produção.

JAGUARI, FEV./89.-

S U M Á R I O

PAG.

I - CÁLCULO DE VAZÕES - BARRAGENS JAGUARI/JACAREÍ

A - "VERTEDOIRO CREAGER" - COMPORTAS DE SEGUIMENTOS (ORIFÍCIO AFOGADO) .....	1
1- Fórmula para cálculo de vazão .....	1
2- Cálculo de vazão .....	1
B - "VERTEDOIRO CREAGER" - COMPORTAS DE SEGUIMENTOS (DESCARGA LIVRE) .....	1
1- Fórmula para cálculo de vazão .....	1
2- Cálculo de vazão .....	1/2
C - "VÁLVULAS DIFUSORAS" - DESCARREGADOR DE FUNDO .....	2
1- Percentagem de abertura e escala de vazões .....	2
D - COMPORTAS SELETIVAS TÚNEL 7 - (DESCARGA LIVRE) .....	2
1- Comportas existentes e nível d'água .....	2/3
2- Fórmula para cálculo de vazão .....	3
3- Cálculo de vazão .....	3/4
E - COMPORTAS SELETIVAS TÚNEL 7 - (ORIFÍCIO AFOGADO) .....	4
1- Fórmula para cálculo de vazão .....	4
2- Cálculo de vazão .....	4

II - CÁLCULO DE VAZÕES - BARRAGEM CACHOEIRA

A - COMPORTA DE MÍNIMA .....	5
1- Fórmula para cálculo de vazão .....	5
2- Cálculo de vazão .....	5
B - COMPORTA DE MÍNIMA - (EXTRAVALZAMENTO TULIPA) .....	5
1- Fórmula para cálculo de vazão .....	5
2- Cálculo de vazão .....	5
C - COMPORTA DE SETOR TÚNEL 6 .....	5
1- Fórmula para cálculo de vazão .....	5/6

2- Cálculo de vazão .....	6
D - VERTEDOIRO DE MEDIÇÃO TÚNEL 6 .....	6
1- Fórmula para cálculo de vazão .....	6
2- Cálculo de vazão .....	6

### III - CÁLCULO DE VAZÕES - BARRAGEM ATIBAINHA

A - COMPORTA DE MÍNIMA .....	7
1- Fórmula para cálculo de vazão .....	7
2- Cálculo de vazão .....	7
B - COMPORTA DE MÍNIMA - (EXTRAVALZAMENTO TULIPA) .....	7
1- Fórmula para cálculo de vazão .....	7
2- Cálculo de vazão .....	7/8
C - COMPORTA DE SETOR TÚNEL 5 .....	8
1- Fórmula para cálculo de vazão .....	8
2- Cálculo de vazão .....	8
D - VERTEDOIRO DE MEDIÇÃO TÚNEL 5 .....	8
1- Fórmula para cálculo de vazão .....	8
2- Cálculo de vazão .....	8

### IV - BOLETIM DIÁRIO DE PRODUÇÃO - PROCEDIMENTOS PARA CÁLCULO

A - DEFINIÇÕES .....	9
1- Boletim de produção .....	9
2- Vazão .....	9
3- m <sup>3</sup> /s .....	9
4- Volume .....	9
5- V 1 .....	9
6- V 2 .....	9
7- Contribuição natural .....	9
8- Qj .....	9
9- Qt .....	9/10
10 - Qd .....	10

11 - $\Delta t$ .....	10
B - CONCLUSÃO .....	10
1- Definições e cálculos .....	10
C - NÍVEIS ATUAIS, ANTERIORES E MÉDIOS PARA AS VAZÕES DES-	
CARREGADAS E REVERTIDAS .....	10
1- Barragens Jaguari/Jacareí .....	10
2- Barragem Cachoeira .....	10
3- Barragem Atibainha .....	10
D - VOLUME ARMAZENADO OPERACIONAL ( $\times 10^3 \text{ m}^3$ ) .....	11
1- Consultar tabela .....	11
E - DESCARGA PARA JUSANTE .....	11
1- Barragens Jaguari/Jacareí .....	11
2- Barragem Cachoeira .....	11
3- Barragem Atibainha .....	11
F - REVERSÃO PARA OUTRA BACIA .....	11
1- Túnel 7 .....	11
2- Túnel 6 .....	11
3- Túnel 5 .....	11
G - PROCEDIMENTOS PARA CÁLCULO CONTRIBUIÇÃO NATURAL .....	11
1- Cálculo contribuição natural Barragens Jaguari/Ja-	
careí .....	11/12
2- Cálculo contribuição natural Barragem Cachoeira ..	12/13
3- Cálculo contribuição natural Barragem Atibainha ..	13/14
4- Pluviometria .....	14

I - CÁLCULO DE VAZÕES - BARRAGENS

JAGUARI/JACAREÍ

A - "VERTEDOIRO CREAGER" - COMPORTAS DE SEGUIMENTOS 1, 2 e 3 (ORIFÍCIO AFOGADO)

1- Fórmula para cálculo de vazão

$$Q_j = L \times C_d \times a \sqrt{2 \times g \times h_o}$$

$Q_j$  = vazão jusante

$L$  = largura da soleira → 6,00 m.

$C_d$  = coeficiente de descarga → 0,553

$a$  = abertura da comporta

$g$  = aceleração da gravidade → 9,8

$h_o$  = NA. - 835,00 m. (mín. operacional)

2- Cálculo de vazão

a- considerando que o NA. seja 842,00 m. e (a) abertura com porta seja 0,40 m.

$$Q_j = 6,00 \times 0,553 \times 0,40 \times \sqrt{2 \times 9,8 \times (842,00 - 835,00)}$$

$Q_j = 15,5 \text{ m}^3/\text{s.}$  (uma comporta)

$Q_j = 15,5 \times 3 \rightarrow 46,6 \text{ m}^3/\text{s.}$

B - "VERTEDOIRO CREAGER" - COMPORTAS DE SEGUIMENTOS 1, 2 e 3 (DESCARGA LIVRE)

1- Fórmula para cálculo de vazão

$$Q_j = m \times L \times \sqrt{2 \times g} \times h_o^{3/2}$$

$Q_j$  = vazão jusante

$m$  = coeficiente de descarga (função da carga d'água e altura da soleira).

$L$  = largura da soleira → 6,00 m.

$g$  = aceleração da gravidade → 9,8

$h_o$  = NA. - 835,00 m. → (lâmina d'água)

2- Cálculo de vazão

a- considerando que o NA. seja 835,50 m.

(primeiramente calcula-se o valor de  $m$ )

$m = h_o/p$  (p = 4,00)

$h_o = 835,50 - 835,00$

$h_o = 0,50 \text{ m.}$

$m = 0,50/4,00$

$m = 0,12$

b- feito isto, aproxima-se o resultado conforme tabela abaixo, ou seja,  $m = 0,495$

$h_o/p$	m
0,02	0,496
0,20	0,495
0,40	0,492
0,60	0,490
1,00	0,485
2,00	0,474
4,00	0,452
6,00	0,433

$Q_j = 0,495 \times 6,00 \times \sqrt{2 \times 9,8} \times 0,50^{3/2}$

$Q_j = 4,65 \text{ m}^3/\text{s.}$

$Q_j = 4,65 \times 3 \rightarrow 13,9 \text{ m}^3/\text{s.}$

C - "VÁLVULAS DIFUSORAS" - DESCARREGADOR DE FUNDO

1- A partir da solicitação de operação, verifica-se ao lado da válvula, a vazão desejada e percentagem correspondente à abertura.

D - COMPORTAS SELETIVAS TÚNEL 7 - (DESCARGA LIVRE)

1- Números de comportas existente e nível d'água correspondente.

a- comportas seletivas 1 e 2, nível d'água 818,00 m. a 826,00 m.

b- comportas seletivas 3 e 4, nível d'água 827,00 m.  
835,00 m.

c- comportas seletivas 5 e 6, nível d'água 836,00 m.  
844,00 m.

2- Fórmula para cálculo de vazão

$$Qt = L \times C_l \times m \times \sqrt{2 \times g} \times h_o^{3/2}$$

L = largura da comporta → 1,50 m.

C<sub>l</sub> = coeficiente de contração lateral → 1,00

m = coeficiente de descarga → 0,495

g = aceleração da gravidade → 9,8

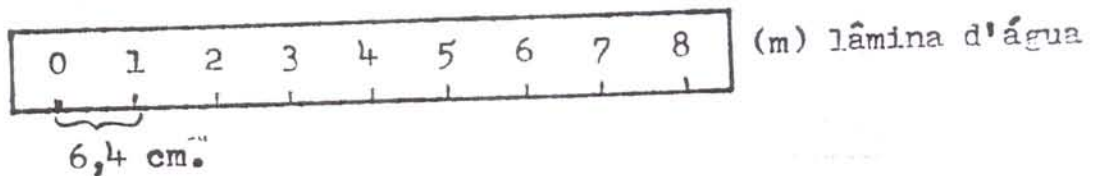
h<sub>o</sub> = carga d'água sobre soleira (lâmina d'água)

3- Cálculo de vazão

a- considerando que o NA. seja 838,00 m. e o (h<sub>o</sub>) = 1,70 m.  
e que as comportas 5 e 6 estejam abertas.

b- nivela-se as comportas com NA.

c- aplica-se a fórmula a seguir, para efeito de abertura na régua.



$$1,00 \text{ m.} = 100 \text{ cm.}$$

$$100 = 6,4 \rightarrow \frac{6,4 \times h}{100} = (a)$$

$$h_o = x$$

h<sub>o</sub> = lâmina d'água sobre a comporta

a = abertura na régua em cm.

$$\begin{array}{ccc} 100 & \times & 6,4 \\ 170 & \times & x \end{array} \rightarrow \frac{6,4 \times 170}{100} = 10,9 \text{ cm.}$$

10,9 cm. = abertura na régua

170 cm. = lâmina d'água sobre a comporta

$$d- Q_t 7 = 1,50 \times 1,00 \times 0,495 \times \sqrt{2 \times 9,8} \times 1,70^{3/2}$$

$$Q_t 7 = 7,29 \text{ m}^3/\text{s.} \text{ (uma comporta)}$$

$$Q_t 7 = 7,29 \times 2 \rightarrow 14,6 \text{ m}^3/\text{s.}$$

#### E - COMPORTAS SELETIVAS TÚNEL 7 - (ORIFÍCIO AFOGADO)

1- Fórmula para cálculo de vazão

$$Q_t 7 = L \times C \times \sqrt{2 \times g} \times (h_1^{3/2} - h_2^{3/2})$$

L = largura da comporta  $\rightarrow 1,50 \text{ m.}$

C = coeficiente de contração lateral  $\rightarrow 0,70$

g = aceleração da gravidade  $\rightarrow 9,8$

h1 = carga d'água sobre a soleira (borda inferior do orifício)

h2 = carga d'água sobre a borda superior do orifício

2- Cálculo de vazão

a- considerando que o NA. seja 838,00 m. e as comportas 3 e 4 (cota 827,00 m. a 835,00 m.), estejam abertas com 0,10 m.

b- calcula-se a h1 e h2 da seguinte forma:

$$h_1 = 838,00 \text{ m.} - 834,90 \text{ m.} = 3,10 \text{ m.}$$

$$h_2 = 838,00 \text{ m.} - 835,00 \text{ m.} = 3,00 \text{ m.}$$

c- aplicando a fórmula teremos:

$$Q_t 7 = 1,50 \times 0,70 \times \sqrt{2 \times 9,8} \times (3,10^{3/2} - 3,00^{3/2})$$

$$Q_t 7 = 1,22 \text{ m}^3/\text{s.} \text{ (uma comporta)}$$

$$Q_t 7 = 1,22 \times 2 = 2,44 \text{ m}^3/\text{s.}$$

838,00

835,00

834,90

II - CÁLCULO DE VAZÕES - BARRAGEM

.CACHOEIRA

---

## A - COMPORTA DE MÍNIMA

## 1- Fórmula para cálculo de vazão

$$Q_j = 6,082 \times \sqrt{NA - 808,00 - a/2} \times a^{0,986}$$

NA = nível d'água atual da Barragem

a = abertura da comporta

## 2- Cálculo de vazão

a- considerando que o NA. seja 818,00 m. e (a) abertura da comporta seja 0,60 m.

$$Q_j = 6,082 \times \sqrt{818,00 - 808,00 - 0,30} \times 0,60^{0,986}$$

$$Q_j = 11,4 \text{ m}^3/\text{s.}$$

## B - COMPORTA DE MÍNIMA (EXTRAIVAZAMENTO TULIPA - COTA 821,78 M.)

## 1- Fórmula para cálculo de vazão

a- para  $NA \leq 823,10 \text{ m.}$

$$Q_j = 72,68 \times (NA - 821,78)^{1,932}$$

b- para  $NA > 823,10 \text{ m.}$

$$Q_j = 7,05 \times (NA - 821,78 + 151,29)$$

## 2- Cálculo de vazão

a- NA. = 822,50 m.

$$Q_j = 72,68 \times (822,50 - 821,78)^{1,932}$$

$$Q_j = 38,5 \text{ m}^3/\text{s.}$$

b- NA. = 823,50 m.

$$Q_j = 7,05 \times (823,50 - 821,78 + 151,29)$$

$$Q_j = 1.078,7 \text{ m}^3/\text{s.}$$

## C - COMPORTA DE SETOR TÚNEL 6

## 1- Fórmula para cálculo de vazão

$$Q_{t6} = 6,4624 \times \sqrt{NA - 807,80 - a/2} \times a^{0,858}$$

NA = nível d'água atual

a = abertura da comporta

2- Cálculo de vazão

$$NA = 814,00 \text{ m.}^2$$

$$a = 0,46 \text{ m.}^2$$

$$Qt \ 6 = 6,4624 \times \sqrt{814,00 - 807,80 - 0,23} \times 0,46^{0,858}$$

$$Qt \ 6 = 8,11 \text{ m}^3/\text{s.}$$

D - VERTEDOIRO DE MEDIÇÃO TÚNEL 6

1- Fórmula para cálculo de vazão

$$Qt \ 6 = 19,192 \times AR^{1,667}$$

AR = altura da régua

2- Cálculo de vazão

$$AR = 0,40 \text{ m.}^2$$

$$Qt \ 6 = 19,192 \times 0,40^{1,667}$$

$$Qt \ 6 = 4,17 \text{ m}^3/\text{s.}$$

III - CÁLCULO DE VAZÕES - BARRAGEM

ATIBAINHA

## A - COMPORTA DE MÍNIMA

## 1- Fórmula para cálculo de vazão

$$Q_j = 3,527 \times \sqrt{NA - 774,27 - a/2} \times a^{1,008}$$

NA = nível d'água atual

a = abertura da comporta

## 2- Cálculo de vazão

a- considerando que o NA. seja 783,00 m. e (a) abertura da comporta seja 0,40 m.

$$Q_j = 3,257 \times \sqrt{783,00 - 774,27 - 0,20} \times 0,40^{1,008}$$

$$Q_j = 4,09 \text{ m}^3/\text{s}.$$

## B - COMPORTA DE MÍNIMA (EXTRAVALZAMENTO TULIPA - COTA 786,89 M.)

## 1- Fórmula para cálculo de vazão

a- para NA  $\leq$  787,47 m.

$$Q_j = 39,76 \times (NA - 786,89)^{1,48}$$

b- para NA  $>$  787,47 m. e NA  $\leq$  788,20 m.

$$Q_j = 65,89 \times (NA - 786,89) - 20,19$$

c- para NA  $>$  788,20 m.

$$Q_j = 6,39 \times (NA - 786,89) + 59,54$$

## 2- Cálculo de vazão

a- NA. = 787,00 m.

$$Q_j = 39,76 \times (787,00 - 786,89)^{1,48}$$

$$Q_j = 1,52 \text{ m}^3/\text{s}.$$

b- NA. = 787,50 m.

$$Q_j = 65,89 \times (787,50 - 786,89) - 20,19$$

$$Q_j = 20,0 \text{ m}^3/\text{s}.$$

c- NA. = 788,25 m.

$$Q_j = 6,39 \times (788,25 - 786,89) + 59,54$$

$$Q_j = 68,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

### C - COMPORTA DE SETOR TÚNEL 5

#### 1- Fórmula para cálculo de vazão

$$Q_t 5 = 6,1635 \times \sqrt{NA - 775,20 - a/2} \times a^{0,850}$$

NA = nível d'água atual

a = abertura da comporta

#### 2- Cálculo de vazão

$$NA = 783,20 \text{ m}$$

$$a = 0,40 \text{ m}$$

$$Q_t 5 = 6,1635 \times \sqrt{783,20 - 775,20 - 0,20} \times 0,40^{0,850}$$

$$Q_t 5 = 7,90 \text{ m}^3/\text{s}$$

### D - VERTEDOIRO DE MEDIÇÃO TÚNEL 5

#### 1- Fórmula para cálculo de vazão

AR = altura da régua

$$a- \text{ para } AR \leq 0,52 \text{ m} \rightarrow Q_t 5 = 16,73 \times AR^{1,13}$$

$$b- \text{ para } AR \geq 0,53 \text{ m} \rightarrow Q_t 5 = 22,34 \times AR^{1,60}$$

$$c- \text{ para } AR > 0,95 \text{ m} \rightarrow Q_t 5 = 22,67 \times AR^{1,97}$$

#### 2- Cálculo de vazão

$$a- AR = 0,45 \text{ m}$$

$$Q_t 5 = 16,73 \times 0,45^{1,13}$$

$$Q_t 5 = 6,79 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$b- AR = 0,60 \text{ m}$$

$$Q_t 5 = 22,34 \times 0,60^{1,60}$$

$$Q_t 5 = 9,87 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$c- AR = 0,98 \text{ m}$$

$$Q_t 5 = 22,67 \times 0,98^{1,97}$$

IV - BOLETIM DIÁRIO DE PRODUÇÃO -

PROCEDIMENTOS PARA CÁLCULO

---