



Operador Nacional do Sistema Elétrico

# **ATUALIZAÇÃO DE SÉRIES HISTÓRICAS DE VAZÕES - PERÍODO 1931 A 2010**

Operador Nacional do Sistema Elétrico  
Rua da Quitanda, 196 - Centro  
20091-005 Rio de Janeiro RJ  
Tel (+21) 2203-9400 Fax (+21) 2203-9444

© 2011/ONS  
Todos os direitos reservados.  
Qualquer alteração é proibida sem autorização.

ONS RE-3/262/2011

# **ATUALIZAÇÃO DE SÉRIES HISTÓRICAS DE VAZÕES - PERÍODO 1931 A 2010**

Novembro / 2011

## Sumário

1	Introdução	4
2	Objetivo	5
3	Séries de Vazões Médias Mensais dos Postos Naturais	9
4	Séries de Vazões Médias Mensais dos Postos Artificiais	11
4.1	Bacia do rio Paraíba do Sul	12
4.2	Bacia do rio Tietê: Alto Tietê	18
4.3	Bacia do rio Paraná: Ilha Solteira Equivalente na junção Tietê/Paraná	21
4.4	Bacia do rio São Francisco: Complexo Paulo Afonso - Moxotó	22
4.5	Bacia do rio Iguaçu: Desvio do rio Jordão para montante de Segredo	24
5	Conteúdo do arquivo de vazões médias mensais	25
	Lista de figuras e tabelas	36

## **1 Introdução**

O ONS possui, para as suas funções de planejamento e programação da operação do Sistema Interligado Nacional – SIN, uma cadeia de modelos para a otimização da operação eletroenergética, os quais utilizam séries de vazões médias diárias, semanais e mensais.

As séries de vazões médias diárias e semanais destinam-se aos modelos de previsão de vazões e controle de cheias, os quais são modelos utilizados apenas para o conjunto de aproveitamentos hidroelétricos em operação.

Em razão das metodologias e critérios atualmente adotados na previsão de vazões, pode-se prescindir da disponibilidade de vazões, nestas escalas de tempo, para alguns locais de aproveitamentos em operação. Adota-se, em geral, a realização de previsão de vazões para um subconjunto de aproveitamentos de cada bacia, denominados de postos base, lançando-se mão do uso de relações de regressão entre estes postos base e os postos nos locais dos demais aproveitamentos para complementar as previsões de vazões para todo o SIN.

No caso das séries de vazões para estudos de controle de cheias, estas séries só são necessárias nos locais sujeitos a inundações, os quais são considerados como restrições operativas de controle de cheias, e nos locais de aproveitamentos hidroelétricos com reservatórios em condições de alocação de volumes de espera para o controle de cheias.

Desta forma, a disponibilidade de séries de vazões naturais diárias e semanais, a serem utilizadas pelos modelos computacionais adotados nos procedimentos do ONS, não necessita abranger a totalidade dos locais de aproveitamentos hidroelétricos em operação. De qualquer forma, o cadastro das séries de vazões naturais médias diárias não é escopo do presente documento, o qual se limita, como veremos a seguir, às séries de vazões médias mensais.

As séries de vazões médias mensais destinam-se aos modelos de planejamento de médio e curto prazo, destacando-se os seus usos para a geração de vazões e energias naturais afluentes aos aproveitamentos e subsistemas eletroenergéticos, respectivamente. Neste caso, devido ao horizonte de planejamento considerado, que pode se estender até 5 anos à frente, as séries de vazões devem estar disponíveis não só para todos os locais de aproveitamentos em operação, como também para todos os locais de aproveitamentos com entrada prevista para até 5 anos à frente, os quais são denominados de aproveitamentos em expansão. As séries de vazões dos aproveitamentos em expansão são fornecidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL ou, em alguns casos, calculadas pelo ONS e aprovadas pela ANEEL.

Assim, o presente relatório técnico tem como objetivo apresentar, de forma resumida, as séries de vazões médias mensais adotadas nos modelos e procedimentos utilizados pelo ONS, para o planejamento e programação da operação eletroenergética do SIN. Trata-se de uma atualização do relatório “Vazões Médias Mensais nos Aproveitamentos Hidrelétricos – Período 1931 a 2009” (ONS, 2010), tendo em vista a incorporação das vazões naturais reconstituídas do ano de 2010, desenvolvida durante o ano de 2011, para todas as bacias com aproveitamentos integrantes do SIN, com a participação dos Agentes de Geração e da ANEEL.

## **2 Objetivo**

O objetivo deste relatório é a apresentação das séries de vazões naturais dos aproveitamentos em operação e em expansão com horizonte até 2016. Apresentam-se, também, as séries correspondentes aos aproveitamentos que foram utilizados para cálculo de energia assegurada, por determinação da ANEEL.

Os aproveitamentos (ou postos) em operação e em expansão podem se subdividir em naturais e artificiais, de acordo com a operação executada ou prevista, de acordo com os seguintes conceitos:

- Postos em Operação – são aproveitamentos que se encontram em operação ou já iniciaram o enchimento do volume morto de seu reservatório.
- Postos em Expansão – são aproveitamentos que têm o início de enchimento de seu reservatório previsto até dezembro/2016 ou aqueles que foram utilizados para cálculo de energia assegurada.
- Postos Naturais – são aproveitamentos (em operação ou em expansão) cuja vazão corresponde à vazão natural, obtida com a retirada do efeito da operação de aproveitamentos a montante e a incorporação das vazões relativas à evaporação líquida dos reservatórios e aos usos consuntivos da água em toda a bacia, através de processos de reconstituição das vazões naturais.
- Postos Artificiais – são postos cuja vazão também corresponde à vazão natural, porém levando-se em conta o efeito de qualquer regra de operação no local ou a montante do local considerado que possa contribuir na alteração do regime natural do fluxo d’água (desvios de água através de estações de bombeamento, túneis etc).

As vazões dos postos artificiais são adotadas apenas no modelo de planejamento de médio prazo, no qual a representação dos subsistemas se faz através de reservatórios equivalentes, não sendo possível considerar as

operações de bombeamentos e de desvios decorrentes de regras específicas para algumas bacias.

Neste documento são também apresentados os detalhes dos processos de obtenção de vazões artificiais nos postos das bacias que envolvem bombeamentos e desvios, incluindo a transposição de rios. Este trabalho foi detalhadamente tratado na nota técnica “Representação das Bacias Especiais nos Modelos Energéticos” (NT-006-2003, de 09 de janeiro de 2003).

Da mesma forma, são apresentados os diagramas esquemáticos das bacias hidrográficas do SIN, com os principais rios, aproveitamentos em operação e em expansão, reservatórios e operações especiais.

Na Tabela 2-1, a seguir, é apresentada a relação com o número dos postos que são considerados neste documento.

**Tabela 2-1: Relação dos códigos dos postos**

Posto	Natural	Artificial
Camargos	1	
Itutinga	2	
Furnas	6	
Mascarenhas de Moraes	7	
Estreito	8	
Jaguara	9	
Igarapava	10	
Volta Grande	11	
Porto Colômbia	12	
Caconde	14	
Euclides da Cunha	15	
Limoeiro	16	
Marimbondo	17	
Água Vermelha	18	
Batalha	22	
Corumbá III	23	
Emborcação	24	
Nova Ponte	25	
Capim Branco 2	28	
Itumbiara	31	
Cachoeira Dourada	32	
São Simão	33	
Ilha Solteira	34	
Jurumirim	47	
Piraju	48	
Chavantes	49	
Lucas Nogueira Garcez	50	
Canoas 2	51	
Canoas 1	52	
Mauá	57	
São Jerônimo	58	
Capivara	61	
Taquaruçu	62	
Rosana	63	
Salto Grande Chopim	65	
Santa Clara PR	71	
Fundão	72	
Jordão	73	70
Foz do Areia	74	
Segredo	76	75
Salto Santiago	77	
Salto Osório	78	

<b>Posto</b>	<b>Natural</b>	<b>Artificial</b>
São João	80	
Baixo Iguaçu	81	
Cachoeirinha	83	
Pai Querê	85	
Garibaldi	89	
Itá	92	
Passo Fundo	93	
Foz Chapecó	94	
Monte Claro	97	
Castro Alves	98	
Espora	99	
Cubatão	100	
Salto Pilão	101	
São José	102	
Passo São João	103	
Traição	104	
Pedreira	109	
Ernestina	110	
Passo Real	111	
Jacuí	112	
Itaúba	113	
Dona Francisca	114	
Capivari Cachoeira	115	
Pedras	116	
Guarapiranga	117	
Billings	118	319
Billings + Pedras	119	
Jaguari	120	
Paraibuna	121	
Santa Branca	122	
Funil	123	
Santa Cecília	125	
Simplicio	126	
Anta	129	127
Ilha dos Pombos	130	299
Nilo Peçanha		131
Salto Grande	134	
Baguari	141	
Mascarenhas	144	
Rondon 2	145	
Aimorés	148	
Candongá	149	
São Domingos	154	
Retiro Baixo	155	
Três Marias	156	
Queimado	158	
Ponte Nova / Alto Tietê	160	
Edgard de Souza (c/ tributários)	161	
Edgard de Souza (s/ tributários)	164	
Sobradinho Incremental	168	
Sobradinho	169	
Itaparica incremental	171	
Itaparica	172	
Moxotó	173	
Paulo Afonso	175	
Complexo Paulo Afonso-Moxotó	176	
Xingó	178	
Antônio Dias +Sá Carvalho	183	
Couto Magalhães	187	
Itapebi	188	
Boa Esperança	190	
Cana Brava	191	
Rosal	196	
Picada	197	
Sobragi	198	
Itaocara	199	314
Tocos	201	
Lajes	202	132

<b>Posto</b>	<b>Natural</b>	<b>Artificial</b>
Pereira Passos	202	306
Fontes	202	303
Santana	203	315
Corumbá IV	205	
Miranda	206	
Capim Branco 1	207	
Corumbá I	209	
Funil-MG	211	
Barra Grande	215	
Campos Novos	216	
Machadinho	217	
Monjolinho	220	
Salto Caxias	222	
Colider	228	
Teles Pires	229	
Barra Bonita	237	37
Bariri	238	38
Ibitinga	239	39
Promissão	240	40
Salto do Rio Verdinho	241	
Nova Avanhandava	242	42
Três Irmãos	243	43
Ilha Solteira Equivalente	244	44
Jupiá	245	45
Porto Primavera	246	46
Caçu	247	
Barra dos Coqueiros	248	
Ourinhos	249	
Serra do Facão	251	
São Salvador	253	
Pedra do Cavalo	254	
Irapé	255	
Peixe Angical	257	
Murta	258	
Itiquira I e II	259	
Foz do Rio Claro	261	
Guilman-Amorin	262	
Porto Estrela	263	
Itaipu	266	66
Baú I	267	
Balbina	269	
Serra da Mesa	270	
Estreito Tocantins	271	
Lajeado	273	
Serra Quebrada	274	
Tucuruí	275	
Santa Isabel	276	
Curuá-Una	277	
Manso	278	
Samuel	279	
Coroacy Nunes	280	
Ponte de Pedra	281	
Olho d'água	282	
Santa Clara MG	283	
14 de Julho	284	
Jirau	285	
Quebra Queixo	286	
Santo Antônio	287	
Belo Monte	288	292
Itumirim	289	
Santo Antônio do Jari	290	
Dardanelos	291	
Belo Monte Jusante		293
Salto	294	
Jauru	295	
Guaporé	296	
Ferreira Gomes	297	
Santa Cecília Bombeamento		298

Posto	Natural	Artificial
Posto Nulo	300	
Belo Monte Complementar		302
Santana Vertimento		304
Itaguaçu	313	
Vigário		316
Tocos Vertimento		317
Henry Borden		318

### 3 Séries de Vazões Médias Mensais dos Postos Naturais

Para as bacias integrantes do SIN, foi realizada pelo ONS a atualização das séries de vazões naturais mensais para o período janeiro/2010 - dezembro/2010.

Para os aproveitamentos em operação, as vazões naturais foram obtidas através dos dados operativos fornecidos pelos Agentes, consistidos de forma semelhante à utilizada nos Processos de Consistência e de Consolidação de Dados Hidráulicos, Hidrológicos e Hidroenergéticos (NT - 076 / 2005), retirando-se os efeitos da operação dos reservatórios existentes a montante e incorporando as vazões relativas à evaporação líquida nos reservatórios e aos usos consuntivos da água nas bacias.

Os parâmetros de média-móvel utilizados na consolidação dos dados referente ao ano de 2010 seguem listados na Tabela 3-1 por aproveitamento.

**Tabela 3-1: Parâmetros de Média-Móvel**

Incremental	Período: 01/novembro a 30/abril		Período: 01/maio a 31/outubro	
	M.Móvel	Limite	M.Móvel	Limite
	nº de dias	m <sup>3</sup> /s	nº de dias	m <sup>3</sup> /s
Camargos <sup>(1)</sup>	3	150	3	150
Funil <sup>(1)</sup>	3	150	3	150
Furnas <sup>(1)</sup>	3	1.600	5	600
P.Colombia/Furnas <sup>(1)</sup>	7	950	7	950
Caconde	3	100	3	100
Euclides Cunha	3	30	3	30
A.S.Oliveira	Inc = Inc (E.Cun.+Cac.) x 0,015		Inc = Inc (E.Cun.+Cac.) x 0,015	
Marimbondo	5	2.000	5	2.000
Água Vermelha	5	900	5	900
Serra do Facão	3	330	3	330
Emborcação	3	1.200	5	1.200
Nova Ponte	3	600	5	600
Miranda	3	200	3	200
Corumbá IV	3	300	5	300
Corumbá III	3	-	5	-
Corumbá I	3	400	3	400

Incremental	Período: 01/novembro a 30/abril		Período: 01/maio a 31/outubro	
	M.Móvel	Limite	M.Móvel	Limite
	nº de dias	m³/s	nº de dias	m³/s
Itumb./Cor.l.+Mir.+Emb.	3	1.000	5	1.000
São Simão/Itumb. <sup>(1)</sup>	3	1.500	5	-
Espora	3	150	3	150
Salto Verdinho / Salto	5	300	5	300
F.R.Claro / B. Coqueiros / Caçu	3	400	3	400
Billings+Pedras	5	80	5	80
Guarapiranga	5	40	5	40
Edgard de Souza	1	-	1	-
Barra Bonita	3	800	3	800
Ibitinga/Barra Bonita	3	600	3	600
N. Avanh./Ibitinga	5	650	5	650
Jurumirim <sup>(1)</sup>	3	600	5	300
Chavantes/Jurumirim <sup>(1)</sup>	3	300	5	300
Canoas I /Chavantes <sup>(1)</sup>	3	300	3	300
Capivara <sup>(1)</sup>	3	1.200	5	800
Rosana/Capivara <sup>(1)</sup>	5	500	7	300
TIR+ISO / NAV+AVE+SSI	7	-	7	-
Jupia	7	-	7	-
Porto Primavera	7	-	7	-
Itaipu <sup>(1)</sup>	3	4.500	3	4.500
Foz do Areia	3	600	3	600
Segr.+Jord./Foz Ar.+S.Clara	3	280	3	280
Santa Clara PR	3	100	3	100
S.Caxias/Segredo+Jordão	3	750	3	750
Ernestina	3	25	3	25
Passo Real	3	290	3	290
D. Francisca/Passo Real	3	50	3	50
Castro Alves	1	-	1	-
14 de Julho / Monte Claro	3	200	3	200
Campos Novos	3	100	3	100
Barra Grande	3	100	3	100
Machadinho	3	100	3	100
Itá	3	300	3	300
Passo Fundo	3	50	3	50
Quebra-Queixo	3	40	3	40
Monjolinho	3	70	3	70
Foz do Chapecó	3	800	3	800
P.S.João / São José				
Capivari Cachoeira	3	25	3	25
Salto Pilão	1	-	1	-
Paraibuna	5	120	5	120
Jaguari	3	45	5	45
Funil/Paraibuna+Jaguari	3	130	3	130
Santa Cecília	3	140	3	140
Lajes + Tocos	3	30	3	30

Incremental	Período: 01/novembro a 30/abril		Período: 01/maio a 31/outubro	
	M.Móvel	Limite	M.Móvel	Limite
	nº de dias	m <sup>3</sup> /s	nº de dias	m <sup>3</sup> /s
Picada	1	-	3	35
Sobragi	3	60	3	60
Ilha dos Pombos	3	250	3	250
Santana	Inc = Incr (Tocos) x 0,466		Inc = Incr (Tocos) x 0,466	
Guilman Amorim	1	-	3	50
Salto Grande CM	1	-	3	100
Candongá	3	120	5	120
Masc./S.Gr.+G.Am.+Cand.	3	400	3	400
Irapé	3	180	5	180
Itapebi	3	600	3	600
Pedra do Cavalo <sup>(1)</sup>	5	80	5	80
Queimado	3	90	3	90
Retiro Baixo	3	150	3	150
Três Marias <sup>(1)</sup>	5	1.300	5	1.300
Sobradinho	Curva refer./modulação post.fluv.		Curva refer./modulação post.fluv.	
Itaparica	Caso Especial		Caso Especial	
Moxotó	Caso Especial		Caso Especial	
Xingó	Caso Especial		Caso Especial	
Boa Esperança	3	800	3	800
Curuá-Una	3	-	3	-
Guaporé	3	50	3	50
Samuel	5	1.000	5	1.000
Rondon II	3	150	3	150
Manso	5	400	5	400
Itiquira I	3	100	3	100
Ponte de Pedra	3	120	3	120
Jauru	3	120	3	120
Serra da Mesa	5	1.500	5	1.500
Lajeado/S.Mesa	5	4.000	5	4.000
Tucuruí	5	-	5	-

<sup>(1)</sup> Modulação da vazão incremental por postos fluviométricos

Para os aproveitamentos em expansão, utilizaram-se as séries fornecidas pela ANEEL.

#### 4 Séries de Vazões Médias Mensais dos Postos Artificiais

Algumas bacias do SIN apresentam maior complexidade por envolverem, em suas configurações, situações atípicas ou de múltiplos usos das suas águas. Bombeamentos, desvios, transposições de rios e trechos artificiais são algumas das situações que tornam mais complexos os tratamentos da reconstituição das vazões naturais de alguns aproveitamentos, bem como os cálculos para obtenção das vazões dos postos artificiais destes rios.

Na consideração do planejamento da operação de médio prazo, a representação de bacias especiais envolve a criação de postos artificiais cuja vazão deixa de ser natural, passando a considerar simplificações para o tratamento das situações atípicas citadas acima. Isto é necessário na determinação da estratégia de operação de médio prazo, uma vez que o modelo de despacho utilizado pelo ONS utiliza a representação de sistema equivalente de energia (mais detalhes ver Manual de Referência-NEWAVE). A metodologia de agregação a sistema equivalente não permite a representação de detalhes como bombeamentos, desvios e transposição de rios.

Será abordada, a seguir, cada uma destas situações nas bacias em que ocorrem e detalhadas as formulações aplicadas na obtenção das vazões mensais nestes postos. Tais informações são apresentadas também em nota técnica específica (ONS, 2003, NT-006-2003 de 09 de janeiro de 2003).

#### **4.1 Bacia do rio Paraíba do Sul**

O sistema hidroenergético do rio Paraíba do Sul e do complexo de Lajes, conforme apresentado na Figura 4-1, desenvolveu-se diretamente associado ao suprimento de energia elétrica ao Rio de Janeiro.

A primeira etapa consistiu na UHE Fontes, em 1908, no ribeirão das Lajes, associada ao reservatório de Lajes. Complementação hídrica a essa usina foi proporcionada pelo desvio Tocos-Lajes, a partir de 1913, no qual as águas do rio Pirai são transpostas para o ribeirão das Lajes.

A fase seguinte foi representada pela construção da UHE Ilha dos Pombos, no rio Paraíba do Sul, cuja primeira unidade começou a operar em 1924.

O desenvolvimento hidroelétrico na bacia prosseguiu com o aproveitamento das vazões regularizadas incrementais decorrentes do alteamento sucessivo do reservatório de Lajes e através da implantação da UHE Fontes Nova, construída ao lado da UHE Fontes. No período entre 1940 e 1958, o reservatório de Lajes sofreu quatro alteamentos sucessivos, passando a cota de coroamento da barragem de 404 para 432 m. O nível d'água máximo normal do reservatório hoje está definido na cota 415 m, embora o reservatório já tenha sido operado até o máximo normal de 419,50 m.

Como na área do entorno da região metropolitana do Rio de Janeiro já não existiam mananciais de água significativos, foram construídas, no início da década de 40, duas adutoras para fins de abastecimento público, com capacidade total de 5,5 m<sup>3</sup>/s, utilizando-se água do ribeirão das Lajes após ser turbinada pela UHE Fontes. Devido às condições de preservação ambiental do reservatório de Lajes, até hoje é mantida a excelente qualidade dessa água.

A continuidade do desenvolvimento hidroenergético foi proporcionada por novas usinas hidroelétricas no entorno das UHEs Fontes e Fontes Nova, com

base no aumento da disponibilidade hídrica através da derivação de água dos rios Paraíba do Sul e Piraí. O Decreto-lei nº 7.542, de 1945, autorizou a derivação das águas aproveitáveis do ribeirão do Vigário e do rio Piraí e, até o máximo de 160 m<sup>3</sup>/s, das águas do rio Paraíba do Sul, para ampliação das usinas do Ribeirão das Lajes.

Este desvio, denominado Paraíba-Piraí, transfere as águas do rio Piraí, remanescentes do desvio Tocos-Lajes, e do rio Paraíba do Sul para o ribeirão das Lajes, pertencente à bacia hidrográfica do rio Guandu. O desvio entrou em operação em 1952 e representa a transferência de uma vazão média de longo termo de 146 m<sup>3</sup>/s.

As instalações do desvio Paraíba-Piraí compreendem:

- **Usina Elevatória de Santa Cecília**, incluindo barragem e reservatório no rio Paraíba do Sul, quatro unidades de bombeamento totalizando 160 m<sup>3</sup>/s de capacidade máxima, túnel e canal para encaminhamento da água para o reservatório de Santana.
- **Barragem e Reservatório de Santana**, no rio Piraí, de modo a encaminhar, para a Usina Elevatória de Vigário, as vazões bombeadas provenientes do rio Paraíba do Sul.
- **Usina Elevatória de Vigário**, com quatro unidades de bombeamento totalizando 190 m<sup>3</sup>/s de capacidade total, destinada a elevar as águas, provenientes do rio Paraíba do Sul e do rio Piraí, do reservatório de Santana para o reservatório de Vigário.
- **Reservatório de Vigário**, destinado a encaminhar as vazões bombeadas pela Usina Elevatória de Vigário para a tomada d'água que alimenta as UHEs Nilo Peçanha e Fontes.

Com a disponibilidade hídrica sensivelmente ampliada, passou-se a contar com a UHE Nilo Peçanha, que entrou em operação em 1953, e com a UHE Pereira Passos, que começou a operar em 1962.

O desvio Paraíba-Piraí veio a constituir-se no mais importante reforço para o suprimento de água potável para a população da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Diante da notória carência de outras fontes significativas, o suprimento d'água da Região Metropolitana do Rio de Janeiro vinha sendo baseado, desde 1940, nas adutoras de Lajes, utilizando água do reservatório de Lajes e do desvio Tocos-Lajes.

O rio Guandu, que em condições naturais teria uma vazão da ordem de 25 m<sup>3</sup>/s, recebe uma suplementação média de 146 m<sup>3</sup>/s do desvio Paraíba-Piraí. Essa elevada suplementação permitiu a construção da Estação de Tratamento de Água do Rio Guandu, que entrou em operação em 1955 e hoje processa 45 m<sup>3</sup>/s de água para atendimento da população da Região

Metropolitana do Rio Janeiro. As sucessivas ampliações da Estação de Tratamento do Guandu têm garantido os requisitos crescentes da população por quase meio século.

A operação do desvio Paraíba-Piraí necessitou da regularização das vazões do rio Paraíba do Sul, o que levou a construção do reservatório de Santa Branca, no trecho superior daquele rio, que entrou em operação em dezembro de 1959. A concessão para construção da UHE Santa Branca só veio a ser emitida em 1971, a qual, por força da política energética prevalecente no Brasil, só veio a entrar em operação em julho de 1999.

Em 1954 foi outorgada ao Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo - DAEE/SP concessão para derivar águas da bacia dos rios Paraíba e Paraitinga, formadores do rio Paraíba do Sul, para a vertente atlântica, visando o desenvolvimento de uma usina hidrelétrica em Caraguatatuba, desde que ficasse assegurada a afluência mínima de 200 m<sup>3</sup>/s na Usina Elevatória de Santa Cecília, em Barra do Pirai. Essa afluência correspondia à soma da vazão autorizada de bombeamento de 160 m<sup>3</sup>/s com a descarga mínima de 40 m<sup>3</sup>/s a jusante de Santa Cecília. O DAEE-SP deveria apresentar, em 180 dias, o "plano de regularização da descarga do rio Paraíba e de seus afluentes".

Em 1961 foi outorgada à Companhia Hidrelétrica do Vale do Paraíba - CHEVAP - concessão para implantação da Usina Hidrelétrica de Funil, no rio Paraíba do Sul, que entrou em operação comercial em 1969.

Em 1970 foi outorgada a Centrais Elétricas de São Paulo - CESP concessão para implantação da Usina Hidrelétrica de Jaguari, no rio Jaguari, afluente do rio Paraíba do Sul, que entrou em operação comercial em 1972.

Em 1971 foi aprovado o Plano de Regularização do Rio Paraíba do Sul, apresentado em 1966 pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo, com exceção da derivação de 50 m<sup>3</sup>/s para a vertente atlântica destinada à construção da Usina Hidrelétrica de Caraguatatuba, os quais foram agregados à descarga mínima da Usina Elevatória de Santa Cecília, que então passou a ser de 90 m<sup>3</sup>/s.

O Plano de Regularização estabelecia a construção do reservatório de Paraíba-Paraitinga, com 2.636 hm<sup>3</sup> de volume útil, em um prazo de 4 anos, com base em um rateio de custos.

O Plano de Regularização manteve a autorização para desvio das águas do rio Paraíba do Sul, na Usina Elevatória de Santa Cecília, até o máximo de 160 m<sup>3</sup>/s. Condiçionava, também, a operação dos reservatórios à manutenção da descarga mínima a jusante da Usina Elevatória Santa Cecília em 90 m<sup>3</sup>/s, a partir da conclusão do reservatório de Paraíba-Paraitinga. Determinou, também, que o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica propusesse as regras operativas para os reservatórios do rio Paraíba do Sul.

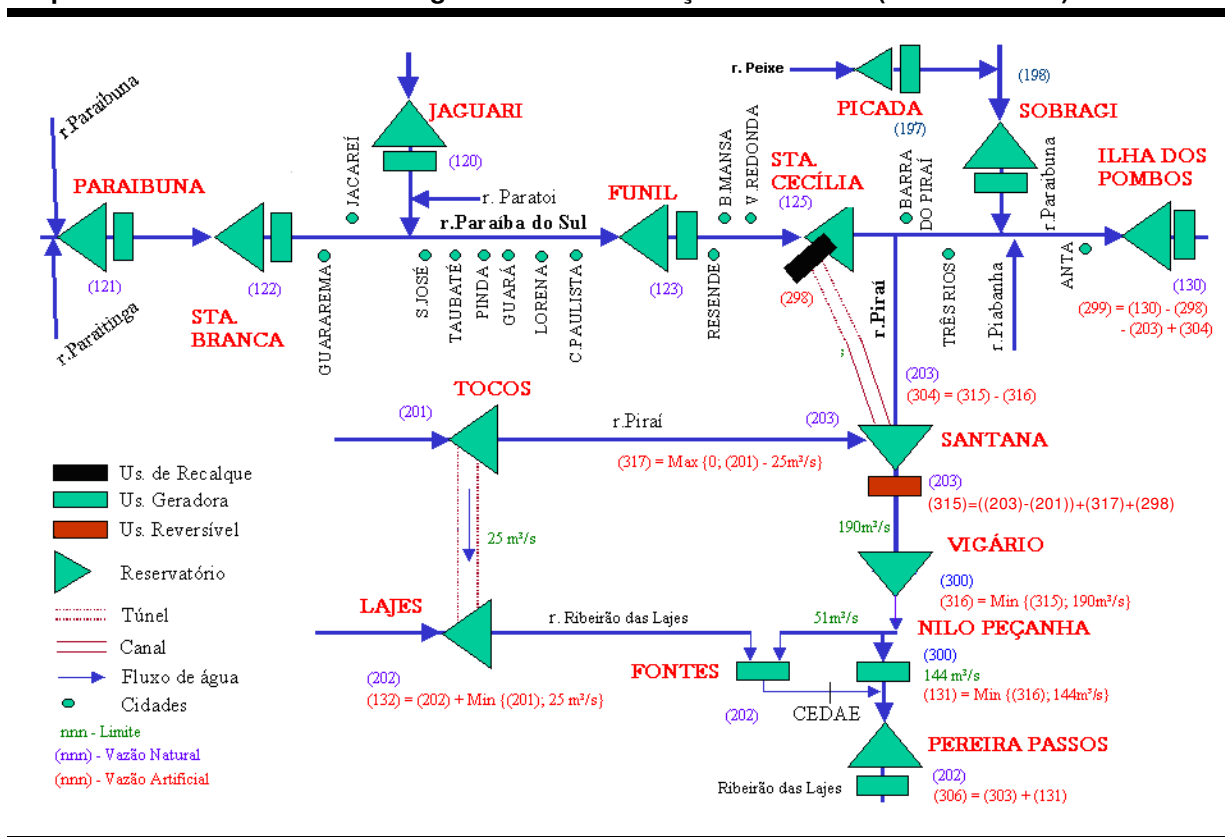
Na mesma data de aprovação do Plano de Regularização, foi outorgado à CESP e à LIGHT, respectivamente, o aproveitamento dos potenciais hidroelétricos associados aos reservatórios de Paraibuna/Paraitinga e Santa Branca. As referidas usinas hidroelétricas entraram em operação em 1978 e 1999, respectivamente.

Em 14 de fevereiro de 1977, através da Portaria n.º 22, o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE publicou as regras para a operação dos reservatórios do rio Paraíba do Sul, na sua configuração final, a qual passou efetivamente a vigorar a partir de 28 de fevereiro de 1980.

Em 1978 foi incluída nas regras operativas a redução, em condições hidrológicas adversas, da descarga mínima a jusante da Usina Elevatória de Santa Cecília de 90 para 71 m³/s, a critério do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica.

Com fundamento nas regras estabelecidas na legislação anteriormente comentada, o conjunto de reservatórios do rio Paraíba do Sul vem sendo operado desde fevereiro de 1980 com o objetivo de regularizar a vazão afluente à Usina Elevatória de Santa Cecília em 250 m³/s em condições hidrológicas normais e em 190 m³/s em condições desfavoráveis.

**Figura 4-1: Representação completa da bacia do rio Paraíba do Sul - Diagrama esquemático das usinas com regras de transformação de vazões (Fonte: LIGHT)**



Sendo  $Q_{nat}$  a vazão natural e  $Q_T$  a vazão transformada artificial, as operações compatíveis com esta topologia são obtidas a partir das seguintes regras, sendo que:

- A vazão bombeada em Santa Cecília é fixada em função da resolução ANA nº 211, de 26/maio/2003;
- A afluência máxima ao reservatório de Vigário está considerada como 190 m<sup>3</sup>/s, devido a uma recente alteração na configuração da usina de Fontes, que passou a receber a vazão defluente tanto de Vigário quanto de Lajes em todas as suas unidades;
- A capacidade do túnel de desvio Tocos-Lajes é de 25 m<sup>3</sup>/s; e
- As vazões naturais de Vigário e Nilo Peçanha são consideradas nulas.

$$\begin{aligned}
 Q_{bomb\ S.CECÍLIA} &= Q_{nat\ S.Cecília} * (119 / 190); \text{ se } Q_{nat\ S.Cecília} < 190 \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= 119 \text{ m}^3/\text{s} \quad ; \text{ se } 190 < Q_{nat\ S.Cecília} < 209 \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= Q_{nat\ S.Cecília} - 90 \quad ; \text{ se } 209 < Q_{nat\ S.Cecília} < 250 \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= 160 \text{ m}^3/\text{s} \quad ; \text{ se } Q_{nat\ S.Cecília} > 250 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

$$Q_{T\ SANTANA} = Q_{nat\ SANTANA} - Q_{nat\ TOCOS} + Q_{bomb\ S.CECÍLIA} + \max(0; Q_{nat\ TOCOS} - 25)$$

$$Q_{T\ VIGÁRIO} = \min(190; Q_{T\ SANTANA})$$

$$Q_{vert\ SANTANA} = Q_{T\ SANTANA} - Q_{T\ VIGÁRIO}$$

$$Q_{T\ LAJES} = Q_{nat\ LAJES} + \min(Q_{nat\ TOCOS}; 25)$$

$$Q_{T\ N.PEÇANHA} = \min(Q_{T\ VIGÁRIO}, 144)$$

$$Q_{T\ FONTES} = Q_{T\ LAJES} + Q_{T\ VIGÁRIO} - Q_{T\ N.PEÇANHA}$$

$$Q_{T\ P.PASSOS} = Q_{T\ N. PEÇANHA} + Q_{T\ FONTES}$$

$$Q_{T\ I.POMBOS} = Q_{nat\ I.POMBOS} - Q_{bomb\ S.CECÍLIA} - Q_{nat\ SANTANA} + Q_{vert\ SANTANA}$$

$$Q_{nat\ P.PASSOS} = Q_{nat\ FONTES} = Q_{nat\ LAJES}$$

Onde:

$$Q_{bomb\ S.CECÍLIA} = \text{vazão teórica bombeada em Santa Cecília (m}^3/\text{s)}$$

$$Q_{nat\ SANTANA} = \text{vazão natural de Santana (m}^3/\text{s)}$$

$$Q_{T\ SANTANA} = \text{vazão do posto artificial de Santana (m}^3/\text{s)}$$

$$Q_{nat\ TOCOS} = \text{vazão natural de Tocos (m}^3/\text{s)}$$

$$Q_{T\ VIGÁRIO} = \text{vazão do posto artificial de Vigário (m}^3/\text{s)}$$

$$Q_{vert\ SANTANA} = \text{vazão teórica vertida de Santana (m}^3/\text{s)}$$

$Q_{nat\ LAJES}$  = vazão natural de Lajes (m<sup>3</sup>/s)

$Q_{T\ LAJES}$  = vazão do posto artificial de Lajes (m<sup>3</sup>/s)

$Q_{T\ N.PEÇANHA}$  = vazão do posto artificial de Nilo Peçanha (m<sup>3</sup>/s)

$Q_{T\ FONTES}$  = vazão do posto artificial de Fontes (m<sup>3</sup>/s)

$Q_{T\ P.PASSOS}$  = vazão do posto artificial de Pereira Passos (m<sup>3</sup>/s)

$Q_{nat\ I.POMBOS}$  = vazão natural de Ilha dos Pombos (m<sup>3</sup>/s)

$Q_{T\ I.POMBOS}$  = vazão do posto artificial de Ilha dos Pombos (m<sup>3</sup>/s)

Os postos e formulações relacionados a esta bacia são apresentados na Tabela 4-1 abaixo:

**Tabela 4-1: Definição de postos e formulações referentes aos postos em operação da Bacia do rio Paraíba do Sul**

Nome do Posto	Posto	Tipo de série	Formulação
Jaguari	120	natural	-----
Paraibuna	121	natural	-----
Santa Branca	122	natural	-----
Funil	123	natural	-----
Santa Cecília	125	natural	-----
Ilha dos Pombos	130	natural	-----
Picada	197	natural	-----
Sobragi	198	natural	-----
Tocos	201	natural	-----
Lajes	202	natural	-----
Fontes	202	natural	-----
Pereira Passos	202	natural	-----
Santana	203	natural	-----
Vigário	300	natural	(*)
Nilo Peçanha	300	natural	(*)
			Se $(125) \leq 190\text{m}^3/\text{s}$ então = $[(125) * 119] / 190$ ;
			Se $190\text{m}^3/\text{s} \leq (125) \leq 209\text{m}^3/\text{s}$ então = $119\text{m}^3/\text{s}$
Bomb. S. Cecília	298	artificial	Se $209\text{m}^3/\text{s} \leq (125) \leq 250\text{m}^3/\text{s}$ então = $(125) - 90\text{m}^3/\text{s}$
			Se $(125) \geq 250\text{m}^3/\text{s}$ então = $160\text{m}^3/\text{s}$
Ilha dos Pombos	299	artificial	$(130) - (298) - (203) + (304)$
Vertimento Santana	304	artificial	$(315) - (316)$
Santana	315	artificial	$((203) - (201)) + (317) + (298)$
Vertimento Tocos	317	artificial	Máx [ 0; $(201) - 25\text{m}^3/\text{s}$ ]
Vigário	316	artificial	Mín [(315); $190\text{m}^3/\text{s}$ ]
Nilo Peçanha	131	artificial	Min {(316) ; $144\text{m}^3/\text{s}$ }
Lajes	132	artificial	$(202) + \text{Min} \{ (201) ; 25\text{m}^3/\text{s} \}$
			Se $(132) < 17\text{m}^3/\text{s}$ então = $[(132) + \text{Min} \{ (316) - (131) \} ; 34\text{m}^3/\text{s} ;$
Fontes	303	artificial	Se $(132) \geq 17\text{m}^3/\text{s}$ então = $[ 17\text{m}^3/\text{s} + \text{Min} \{ [ (316) - (131) ] ; 34\text{m}^3/\text{s} ;$
Pereira Passos	306	artificial	$(303) + (131)$

(\*) Série de vazões nulas

## 4.2 **Bacia do rio Tietê: Alto Tietê**

A bacia hidrográfica do Alto Tietê contempla três usos principais da água: geração de energia elétrica, abastecimento público e controle de cheias, sendo hoje um dos mais claros exemplos de conflitos advindos da utilização múltipla dos recursos hídricos em bacias urbanas. Para atendimento a esses usos, foram sendo instaladas, desde o início do século passado, várias barragens, reservatórios, usinas e estações de bombeamento. Originalmente concebido pelo Engenheiro Asa K. Billings no início do século XX, o projeto recebeu o nome de “Projeto da Serra”, passando a ser conhecido mundialmente como um caso clássico da engenharia internacional.

Assim, para aproveitamento energético nessa bacia, através do sistema de reversão do rio Tietê, foram construídas as usinas elevatórias de Pedreira e Traição, assim como a Estrutura de Retiro. Além de cumprir o objetivo de derivar parte das águas das bacias dos rios Tietê, Pinheiros e Guarapiranga para geração de energia elétrica na Usina Henry Borden, em Cubatão, aproveitando o desnível de 715 m proporcionado pela Serra do Mar, esse sistema tem importante papel na atenuação das cheias na Região Metropolitana de São Paulo, através do controle de níveis d'água e vazões nessas estruturas.

Na concepção original do sistema e, atualmente, em situações de cheias, as águas do rio Tietê afluentes à barragem Edgard de Souza entram no Canal Pinheiros Inferior (CPI), passando pelas comportas da Estrutura de Retiro, projetada para impedir que as cheias do Tietê invadam o Pinheiros e que as cheias do rio Pinheiros agravem as do Tietê. A aproximadamente 10 km de distância de Retiro, as águas são elevadas cerca de 5m na Usina Elevatória de Traição para dentro do Canal Pinheiros Superior (CPS) e mais 15 km ao sul, são novamente elevadas em 25 m, na Usina Elevatória de Pedreira, e lançadas no Reservatório de Billings. Essa situação ocorre quando é caracterizada a operação para controle de cheias, de acordo com a Resolução Conjunta SMA/SES-03/92, atualizada pela Resolução Conjunta SMA/SSE-002, de 19 de fevereiro de 2010, quando ocorrer uma sobrelevação de 30 cm do Canal Pinheiros, em relação ao nível verificado antes da ocorrência das chuvas, e também por necessidade de descarga para controle de cheias do Reservatório do Guarapiranga.

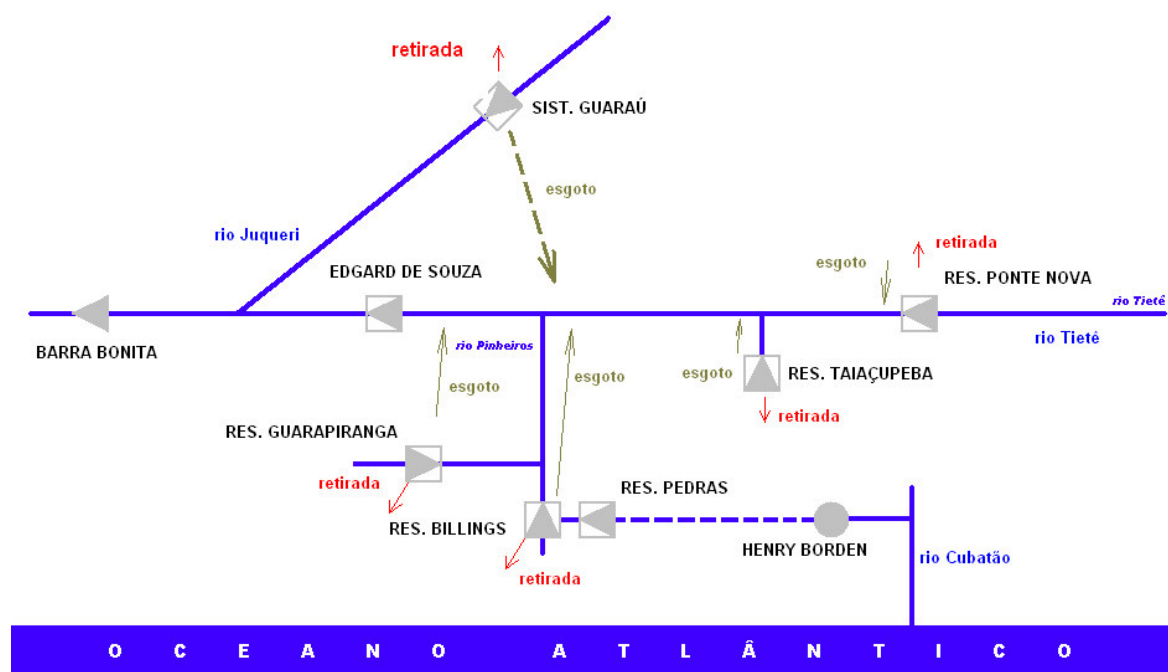
Atualmente, devido ao alto índice de poluentes existentes nas águas do Tietê, o sistema, em condições normais, é operado de forma a drenar toda a vazão afluente ao Canal Pinheiros pelo sangradouro de Traição e pela Estrutura de Retiro, sendo essas águas e as do rio Tietê encaminhadas para jusante, no Médio Tietê, através das comportas do vertedouro da Barragem Edgard de

Souza. Nesse caso, mantêm-se paralisados os bombeamentos nas duas estações elevatórias (Traição e Pedreira).

Assim, o bombeamento de águas para o rio Pinheiros em direção a UHE Henry Borden só é realizado quando da possibilidade de ocorrência ou na presença de cheias na cidade de São Paulo. Para fins de estudos energéticos, o ONS considera uma formulação para o posto 318 (vazão do posto artificial Henry Borden), que considera um bombeamento fixo de 10% da diferença entre a vazão em Edgard de Souza e a soma das vazões de Billings e Guarapiranga.

Na Figura 4-2 são apresentados os pontos de retiradas e retornos que são considerados na bacia do Alto Tietê.

**Figura 4-2: Diagrama esquemático simplificado do sistema Alto Tietê**



Sendo  $Q_{nat}$  a vazão natural e  $Q_T$  a vazão transformada artificial, as operações compatíveis com esta topologia são obtidas a partir das seguintes regras:

$$Q_{nat \text{ TRAIÇÃO}} = Q_{nat \text{ BILLINGS}} + Q_{nat \text{ GUARAPIRANGA}}$$

$$Q_{nat \text{ PEDREIRAS}} = Q_{nat \text{ BILLINGS}}$$

$$Q_{nat \text{ PEDRAS}} = Q_{nat \text{ BILLINGS + PEDRAS}} - Q_{nat \text{ BILLINGS}}$$

$$Q_{nat \text{ E.SOUZA s/Tributários}} = Q_{nat \text{ E.SOUZA}} - Q_{nat \text{ BILLINGS}} - Q_{nat \text{ GUARAPIRANGA}}$$

$$Q_{T \text{ BILLINGS}} = 0,10 \cdot Q_{nat \text{ E.SOUZA s/Tributários}} + Q_{nat \text{ BILLINGS}} + Q_{nat \text{ GUARAPIRANGA}}$$

$$Q_{T \text{ H.BORDEN}} = Q_{nat \text{ PEDRAS}} + Q_{T \text{ BILLINGS}}$$

Do mesmo modo, todos postos a jusante do complexo Alto Tietê sofrerão a influência das operações existentes nos trechos de montante. Sendo assim, todas as usinas, de Barra Bonita até Itaipu, terão suas séries de vazões afluentes alteradas, possuindo, portanto, postos artificiais, cujas séries devem obedecer à seguinte formulação:

$$QT_{B.BONITA \ A \ ITAIPU} = Qnat_{B.BONITA \ A \ ITAIPU} - QT_{BILLINGS}$$

Na Tabela 4-2 é apresentada a descrição dos postos existentes na bacia do rio Tietê, além dos postos artificiais, cujas formulações são influenciadas pelas operações de bombeamentos e desvios existentes no Alto Tietê.

**Tabela 4-2: Definição de postos e formulações referentes a toda a bacia do Tietê**

Nome do Posto	Posto	Tipo de série	Formulação
Ponte Nova	160	natural	-----
Edgard de Souza c/ tributários	161	natural	-----
Traição	104	natural	(117) + (118)
Pedreira	109	natural	(118)
Pedras	116	natural	(119) – (118)
Guarapiranga	117	natural	-----
Billings	118	natural	-----
Billings + Pedras	119	natural	((118) - 0,185) / 0,8103
Edgard de Souza s/ tributários	164	natural	(161) - (117) - (118)
Henry Borden *	300	natural	(*)
Henry Borden	318	artificial	(116) + 0,1*[(161) – (117) – (118)] + (117) + (118)
Billings	319	artificial	0,1*[(161) – (117) – (118)] + (117) + (118)
Barra Bonita	37	artificial	(237) - 0,1*[(161) – (117) – (118)] – (117) – (118)
Bariri	38	artificial	(238) - 0,1*[(161) – (117) – (118)] – (117) – (118)
Ibitinga	39	artificial	(239) - 0,1*[(161) – (117) – (118)] – (117) – (118)
Promissão	40	artificial	(240) - 0,1*[(161) – (117) – (118)] – (117) – (118)
Nova Avanhandava	42	artificial	(242) - 0,1*[(161) – (117) – (118)] – (117) – (118)
Três Irmãos	43	artificial	(243) - 0,1*[(161) – (117) – (118)] – (117) – (118)
Ilha Solteira Equivalente	44	artificial	(244) - 0,1*[(161) – (117) – (118)] – (117) – (118)
Jupiá	45	artificial	(245) - 0,1*[(161) – (117) – (118)] – (117) – (118)
Porto Primavera	46	artificial	(246) - 0,1*[(161) – (117) – (118)] – (117) – (118)
Itaipu	66	artificial	(266) - 0,1*[(161) – (117) – (118)] – (117) – (118)

(\*) Série de vazões nulas

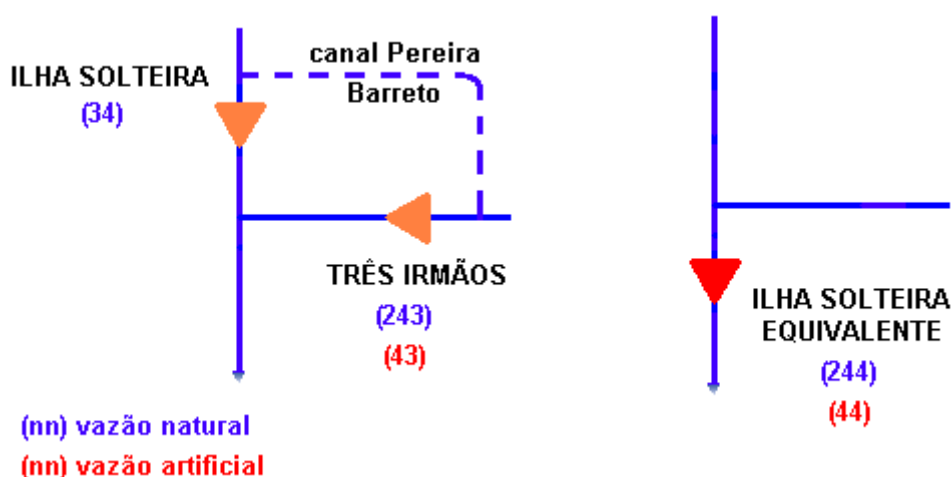
### 4.3 Bacia do rio Paraná: Ilha Solteira Equivalente na junção Tietê/Paraná

As águas do rio Tietê, afluente do rio Paraná, desembocam a jusante da usina de Ilha Solteira. Porém, a operação do canal Pereira Barreto, que liga os reservatórios de Ilha Solteira, no rio Paraná, e de Três Irmãos, no rio Tietê, possibilita que parte das vazões destes rios possa ser desviada entre os dois reservatórios, com a finalidade de se promover melhor desempenho energético e maior controle de afluições nos aproveitamentos.

A transformação de vazões neste caso consiste em criar um posto (Ilha Solteira Equivalente), a jusante da confluência do rio Paraná com o rio Tietê, cujas vazões naturais são obtidas pela soma das vazões naturais dos aproveitamentos de Três Irmãos e Ilha Solteira (ver Figura 4-3).

Na Tabela 4-3 é apresentada a descrição dos postos referentes à junção das bacias do Tietê e Paraná.

**Figura 4-3: Diagrama esquemático da junção das bacias do Tietê e Paraná**



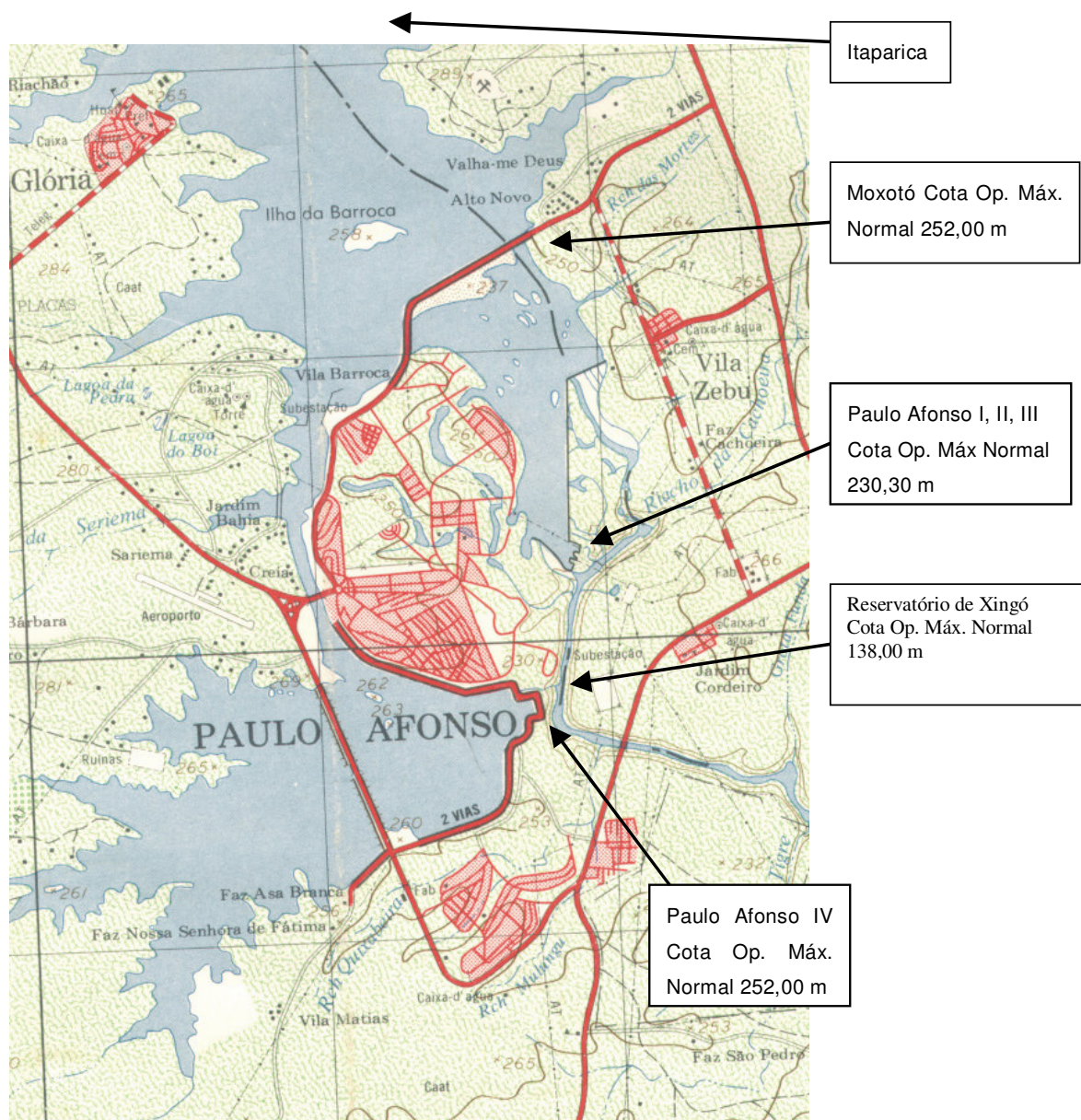
**Tabela 4-3: Definição de postos e formulações referentes à junção das bacias do Tietê e Paraná**

Nome do Posto	Posto	Tipo de série	Formulação
Ilha Solteira	34	natural	-----
Três Irmãos	243	natural	-----
Ilha Solteira Equivalente	244	natural	(34) + (243)
Três Irmãos	43	artificial	$(243) - 0,1 * [(161) - (117) - (118)] - (117) - (118)$
Ilha Solteira Equivalente	44	artificial	$(244) - 0,1 * [(161) - (117) - (118)] - (117) - (118)$

#### 4.4 Bacia do rio São Francisco: Complexo Paulo Afonso - Moxotó

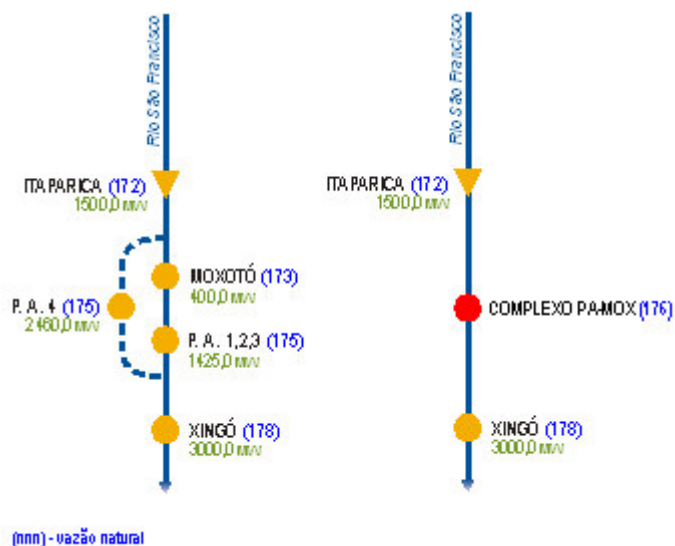
No rio São Francisco, um complexo de usinas (Paulo Afonso 1, 2, 3 e 4 e Moxotó), que têm em sua composição desvios de água, é informado ao NEWAVE através de uma única usina, o Complexo Paulo Afonso, mostrado na Figura 4-4.

**Figura 4-4: Ilustração das usinas componentes do Complexo Paulo Afonso**



Na Figura 4-5 é apresentado o diagrama esquemático do complexo Paulo Afonso – Moxotó e na Tabela 4-4 é apresentada a formulação dos respectivos postos naturais e artificiais.

**Figura 4-5: Diagrama esquemático das usinas componentes do Complexo Paulo Afonso**



**Tabela 4-4: Definição de postos e formulações referentes ao Complexo Paulo Afonso - Moxotó**

Nome do Posto	Posto	Tipo de série	Formulação
Itaparica	172	natural	-----
Moxotó	173	natural	-----
Paulo Afonso 1,2,3	175	natural	= (173)
Xingó	178	natural	-----
Complexo PA - Moxotó	176	natural	= (173) = (175)

#### 4.5 Bacia do rio Iguaçu: Desvio do rio Jordão para montante de Segredo

As águas do rio Jordão, afluente do rio Iguaçu, desembocam a jusante da usina de Segredo. Porém, a existência de um túnel de desvio, que liga os reservatórios de Jordão e de Segredo, possibilita que parte das vazões do rio Jordão, até o limite de 173,5 m³/s, seja desviada para o reservatório de Segredo.

Na Figura 4-6 é apresentado o diagrama esquemático do desvio Jordão-Segredo e na Tabela 4-5 é apresentada a formulação dos respectivos postos naturais e artificiais.

Figura 4-6: Diagrama esquemático do desvio Jordão - Segredo

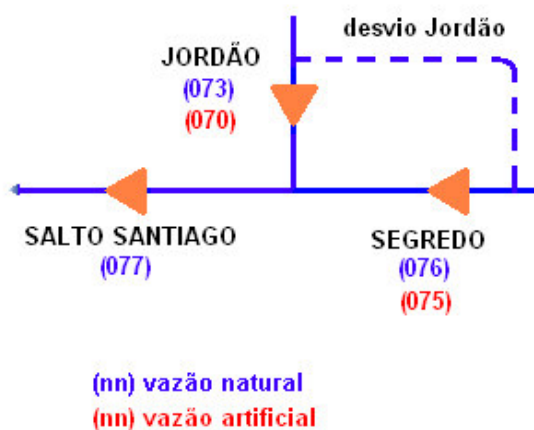


Tabela 4-5: Definição de postos e formulações referentes ao Desvio do rio Jordão para o rio Iguaçu

Nome do Posto	Posto	Tipo de série	Formulação
Jordão	73	natural	-----
Segredo	76	natural	-----
Jordão	70	artificial	$(73) - \min \{173,5 \text{ m}^3/\text{s} ; (70) - 10 \text{ m}^3/\text{s}\}$
Segredo	75	artificial	$(76) + \min \{173,5 \text{ m}^3/\text{s} ; (70) - 10 \text{ m}^3/\text{s}\}$

## 5 Conteúdo do arquivo de vazões médias mensais

A seguir, são apresentadas, para cada local de aproveitamento hidroelétrico, informações sobre os dados de vazões médias mensais destes locais.

**Tabela 5-1: Características dos aproveitamentos hidrelétricos**

Cód	Nome	Bacia	Rio	Situação	Tipo de série	Fórmula	Observações
1	CAMARGOS	Grande	Grande	Operação	Natural		
2	ITUTINGA	Grande	Grande	Operação	Natural		
6	FURNAS	Grande	Grande	Operação	Natural		
7	MASCARENHAS DE MORAES	Grande	Grande	Operação	Natural		
8	ESTREITO	Grande	Grande	Operação	Natural		
9	JAGUARA	Grande	Grande	Operação	Natural		
10	IGARAPAVA	Grande	Grande	Operação	Natural		
11	VOLTA GRANDE	Grande	Grande	Operação	Natural		
12	PORTO COLOMBIA	Grande	Grande	Operação	Natural		
14	CACONDE	Grande	Pardo	Operação	Natural		
15	EUC DA CUNHA	Grande	Pardo	Operação	Natural		
16	LIMOEIRO	Grande	Pardo	Operação	Natural		
17	MARIMBONDO	Grande	Grande	Operação	Natural		
18	AGUAVERMELHA	Grande	Grande	Operação	Natural		
22	BATALHA	Paranaíba	São Marcos	Expansão	Natural		
23	CORUMBA III	Paranaíba	Corumbá	Operação	Natural		
24	EMBORCACAO	Paranaíba	Paranaíba	Operação	Natural		

Cód	Nome	Bacia	Rio	Situação	Tipo de série	Fórmula	Observações
25	NOVA PONTE	Paranaíba	Araguari	Operação	Natural		
28	CAPIM BRANCO 2	Paranaíba	Araguari	Operação	Natural		
31	ITUMBIARA	Paranaíba	Paranaíba	Operação	Natural		
32	CACHOEIRA DOURADA	Paranaíba	Paranaíba	Operação	Natural		
33	SAO SIMAO	Paranaíba	Paranaíba	Operação	Natural		
34	ILHASOLTEIRA	Paraná	Paraná	Operação	Natural		
37	BARRA BONITA	Tietê	Tietê	Operação	Artificial	$= \text{vaz}(237) - 0,1 \times [\text{vaz}(161) - \text{vaz}(117) - \text{vaz}(118)] - \text{vaz}(117) - \text{vaz}(118)$	Considera bombeamento para H.Borden
38	BARIRI	Tietê	Tietê	Operação	Artificial	$= \text{vaz}(238) - 0,1 \times [\text{vaz}(161) - \text{vaz}(117) - \text{vaz}(118)] - \text{vaz}(117) - \text{vaz}(118)$	Considera bombeamento para H.Borden
39	IBITINGA	Tietê	Tietê	Operação	Artificial	$= \text{vaz}(239) - 0,1 \times [\text{vaz}(161) - \text{vaz}(117) - \text{vaz}(118)] - \text{vaz}(117) - \text{vaz}(118)$	Considera bombeamento para H.Borden
40	PROMISSAO	Tietê	Tietê	Operação	Artificial	$= \text{vaz}(240) - 0,1 \times [\text{vaz}(161) - \text{vaz}(117) - \text{vaz}(118)] - \text{vaz}(117) - \text{vaz}(118)$	Considera bombeamento para H.Borden
42	NOVA AVANHANDAVA	Tietê	Tietê	Operação	Artificial	$= \text{vaz}(242) - 0,1 \times [\text{vaz}(161) - \text{vaz}(117) - \text{vaz}(118)] - \text{vaz}(117) - \text{vaz}(118)$	Considera bombeamento para H.Borden
43	TRES IRMAOS	Tietê	Tietê	Operação	Artificial	$= \text{vaz}(243) - 0,1 \times [\text{vaz}(161) - \text{vaz}(117) - \text{vaz}(118)] - \text{vaz}(117) - \text{vaz}(118)$	Considera bombeamento para H.Borden
44	ILHA SOLTEIRA EQUIVALENTE	Paraná	Tietê e Paraná	Operação	Artificial	$= \text{vaz}(244) - 0,1 \times [\text{vaz}(161) - \text{vaz}(117) - \text{vaz}(118)] - \text{vaz}(117) - \text{vaz}(118)$	Considera bombeamento para H.Borden
45	JUPIA	Paraná	Paraná	Operação	Artificial	$= \text{vaz}(245) - 0,1 \times [\text{vaz}(161) - \text{vaz}(117) - \text{vaz}(118)] - \text{vaz}(117) - \text{vaz}(118)$	Considera bombeamento para H.Borden
46	PORTO PRIMAVERA	Paraná	Paraná	Operação	Artificial	$= \text{vaz}(246) - 0,1 \times [\text{vaz}(161) - \text{vaz}(117) - \text{vaz}(118)] - \text{vaz}(117) - \text{vaz}(118)$	Considera bombeamento para H.Borden
47	JURUMIRIM	Paranapanema	Paranapanema	Operação	Natural		
48	PIRAJU	Paranapanema	Paranapanema	Operação	Natural		

Cód	Nome	Bacia	Rio	Situação	Tipo de série	Fórmula	Observações
49	CHAVANTES	Paranapanema	Paranapanema	Operação	Natural		
50	LUCAS GARCEZ	Paranapanema	Paranapanema	Operação	Natural		
51	CANOAS 2	Paranapanema	Paranapanema	Operação	Natural		
52	CANOAS 1	Paranapanema	Paranapanema	Operação	Natural		
57	MAUÁ	Paranapanema	Tibagi	Expansão	Natural		
61	CAPIVARA	Paranapanema	Paranapanema	Operação	Natural		
62	TAQUARUCU	Paranapanema	Paranapanema	Operação	Natural		
63	ROSANA	Paranapanema	Paranapanema	Operação	Natural		
66	ITAIPU	Paraná	Paraná	Operação	Artificial	$= \text{vaz}(266) - 0,1 \times [\text{vaz}(161) - \text{vaz}(117) - \text{vaz}(118)] - \text{vaz}(117) - \text{vaz}(118)$	Considera bombeamento para H.Borden
70	JORDÃO	Iguaçu	Jordão e Iguaçu	Operação	Artificial	$= \text{vaz}(73) - \min(\text{vaz}(73) - 10 \text{ m}^3/\text{s}; 173,5 \text{ m}^3/\text{s})$	Reduzida da vazão desviada para o rio Iguaçu a montante de Segredo
71	SANTA CLARA PR	Iguaçu	Jordão	Operação	Natural		
72	FUNDAO	Iguaçu	Jordão/Iratim	Operação	Natural		
73	JORDAO	Iguaçu	Jordão e Iguaçu	Operação	Natural		
74	FOZ DO AREIA	Iguaçu	Iguaçu	Operação	Natural		
75	SEGREDO + DESVIO	Iguaçu	Iguaçu	Operação	Artificial	$= \text{vaz}(76) + \min(\text{vaz}(73) - 10 \text{ m}^3/\text{s}; 173,5 \text{ m}^3/\text{s})$	Acréscimo do Desvio Jordão a montante
76	SEGREDO	Iguaçu	Iguaçu	Operação	Natural		
77	SALTO SANTIAGO	Iguaçu	Iguaçu	Operação	Natural		
78	SALTO OSORIO	Iguaçu	Iguaçu	Operação	Natural		
81	BAIXO IGUAÇU	Iguaçu	Iguaçu	Expansão	Natural		
89	GARIBALDI	Uruguai	Canoas	Expansão	Natural		
92	ITÁ	Uruguai	Uruguai	Operação	Natural		

Cód	Nome	Bacia	Rio	Situação	Tipo de série	Fórmula	Observações
93	PASSO FUNDO	Uruguai	Passo Fundo	Operação	Natural		
94	FOZ CHAPECÓ	Uruguai	Uruguai	Operação	Natural		
97	MONTE CLARO	Jacuí	Taquari-Antas	Operação	Natural		
98	CASTRO ALVES	Jacuí	Taquari-Antas	Operação	Natural		
99	ESPORA	Paranaíba	Corrente	Operação	Natural		
101	SALTO PILAO	Atlântico Sudeste	Itajaí-Açu	Operação	Natural		
102	SÃO JOSÉ	Uruguai	Ijuí	Operação	Natural		
103	PASSO SÃO JOÃO	Uruguai	Ijuí	Expansão	Natural		
104	TRAIÇÃO	Tietê	Pinheiros	Operação	Natural	= vaz(117) + vaz(118)	
109	PEDREIRA	Tietê	Pinheiros	Operação	Natural	= vaz(118)	
110	ERNESTINA	Jacuí	Jacuí	Operação	Natural		
111	PASSO REAL	Jacuí	Jacuí	Operação	Natural		
112	JACUI	Jacuí	Jacuí	Operação	Natural		
113	ITAUBA	Jacuí	Jacuí	Operação	Natural		
114	DONA FRANCISCA	Jacuí	Jacuí	Operação	Natural		
115	CAPIVARI CACHOEIRA	Capivari-Cachoeira	Capivari-Cachoeira	Operação	Natural		
116	PEDRAS	Cubatão	Rio das Pedras	Operação	Natural	= vaz(119) – vaz(118)	
117	GUARAPIRANGA	Tietê	Guarapiranga	Operação	Natural		
118	BILLINGS	Tietê	Pinheiros	Operação	Natural		
119	BILLINGS + PEDRAS	Tietê/Cubatão	Pinheiros/Pedras	Operação	Natural	= (vaz(118) – 0,185) / 0,8103	Vazão natural formada pelo reservatório Billings considerando a contribuição do reservatório de Pedras
120	JAGUARI	Paraíba do Sul	Jaguari	Operação	Natural		

Cód	Nome	Bacia	Rio	Situação	Tipo de série	Fórmula	Observações
121	PARAIBUNA	Paraíba do Sul	Paraibuna-Paraitinga	Operação	Natural		
122	SANTA BRANCA	Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	Operação	Natural		
123	FUNIL	Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	Operação	Natural		
125	SANTA CECILIA	Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	Operação	Natural		
126	SIMPLICIO	Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	Expansão	Artificial	Se $vaz(127) \leq 430 \text{ m}^3/\text{s}$ então = $\max(0 ; vaz(127) - 90 \text{ m}^3/\text{s})$ Se $vaz(127) \geq 430 \text{ m}^3/\text{s}$ então = $340 \text{ m}^3/\text{s}$	Limitação de vazão máxima pelo túnel de desvio para Símplicio, obedecendo também as regras de vazão mínima na bacia.
127	ANTA	Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	Expansão	Artificial	= $vaz(129) - vaz(298) - vaz(203) + vaz(304)$	Desconto do bombeamento em Santa Cecília e acréscimo de vertimento de Santana
129	ANTA	Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	Expansão	Natural		
130	ILHA POMBOS	Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	Operação	Natural		
131	NILO PECANHA	Paraíba do Sul	Não definido	Operação	Artificial	= $\min(vaz(316) ; 144 \text{ m}^3/\text{s})$	Limitado à máxima vazão defluente do reservatório de Vigário
132	LAJES	Paraíba do Sul	Ribeirão das Lajes	Operação	Artificial	= $vaz(202) + \min(vaz(201) ; 25 \text{ m}^3/\text{s})$	Com acréscimo do Desvio em Tocos limitado em, no máximo, $25 \text{ m}^3/\text{s}$
134	SALTO GRANDE	Doce	Doce	Operação	Natural		
141	BAGUARI	Doce	Doce	Operação	Natural		
144	MASCARENHAS	Doce	Doce	Operação	Natural		
145	RONDON II	Amazonas	Comemoração	Operação	Natural		
148	AIMORES	Doce	Doce	Operação	Natural		
149	CANDONGA	Doce	Doce	Operação	Natural		
154	SÃO DOMINGOS	Paraná	Verde	Expansão	Natural		
155	RETIRO BAIXO	São Francisco	Paraopeba	Operação	Natural		

Cód	Nome	Bacia	Rio	Situação	Tipo de série	Fórmula	Observações
156	TRES MARIAS	São Francisco	São Francisco	Operação	Natural		
158	QUEIMADO	São Francisco	Preto	Operação	Natural		
160	PONTE NOVA	Tietê	Tietê	Operação	Natural		
161	EDGARD DE SOUZA COM TRIBUTÁRIOS	Tietê	Tietê	Operação	Natural		
164	EDGARD DE SOUZA SEM TRIBUTÁRIOS	Tietê	Tietê	Operação	Natural	= vaz(161) – vaz(117) – vaz(118)	Vazões de Edgard de Souza sem a contribuição do canal Pinheiros
168	SOBRADINHO INCREMENTAL	São Francisco	São Francisco	Operação	Natural		Vazões incrementais entre Três Marias e Sobradinho
169	SOBRADINHO	São Francisco	São Francisco	Operação	Natural		
171	ITAPARICA INCREMENTAL	São Francisco	São Francisco	Operação	Natural		Vazões incrementais entre Sobradinho e Itaparica
172	ITAPARICA	São Francisco	São Francisco	Operação	Natural		
173	MOXOTO	São Francisco	São Francisco	Operação	Natural	= vaz(172)	
175	PAULO AFONSO	São Francisco	São Francisco	Operação	Natural		
176	COMPLEXO PAULO AFONSO –MOXOTÓ	São Francisco	São Francisco	Operação	Natural	= vaz(173)	
178	XINGÓ	São Francisco	São Francisco	Operação	Natural		
183	ANTÔNIO DIAS+SÁ CARVALHO	Doce	Piracicaba e Severo	Operação	Natural		
188	ITAPEBI	Jequitinhonha	Jequitinhonha	Operação	Natural		
190	BOA ESPERANÇA	Parnaíba	Parnaíba	Operação	Natural		
191	CANA BRAVA	Tocantins	Tocantins	Operação	Natural		
196	ROSAL	Itabapoana	Itabapoana	Operação	Natural		
197	PICADA	Paraíba do Sul	Peixe	Operação	Natural		

Cód	Nome	Bacia	Rio	Situação	Tipo de série	Fórmula	Observações
198	SOBRAGI	Paraíba do Sul	Paraibuna	Operação	Natural		
201	TOCOS	Paraíba do Sul	Piraí	Operação	Natural		
202	LAJES / PEREIRA PASSOS / FONTES	Paraíba do Sul	Ribeirão das Lajes	Operação	Natural		
203	SANTANA	Paraíba do Sul	Piraí	Operação	Natural		
205	CORUMBÁ 4	Paranaíba	Corumbá	Operação	Natural		
206	MIRANDA	Paranaíba	Araguari	Operação	Natural		
207	CAPIM BRANCO 1	Paranaíba	Araguari	Operação	Natural		
209	CORUMBA 1	Paranaíba	Corumbá	Operação	Natural		
211	FUNIL-GRANDE	Grande	Grande	Operação	Natural		
215	BARRA GRANDE	Uruguai	Pelotas	Operação	Natural		
216	CAMPOS NOVOS	Uruguai	Canoas	Operação	Natural		
217	MACHADINHO	Uruguai	Pelotas	Operação	Natural		
220	MONJOLINHO	Uruguai	Passo Fundo	Operação	Natural		
222	SALTO CAXIAS	Iguaçu	Iguaçu	Operação	Natural		
228	COLIDER	Amazonas	Teles Pires	Expansão	Natural		
229	TELES PIRES	Amazonas	Teles Pires	Expansão	Natural		
237	BARRA BONITA	Tietê	Tietê	Operação	Natural		
238	BARIRI	Tietê	Tietê	Operação	Natural		
239	IBITINGA	Tietê	Tietê	Operação	Natural		
240	PROMISSAO	Tietê	Tietê	Operação	Natural		
241	SALTO VERDINHO	Paranaíba	Verde	Operação	Natural		
242	NOVA AVANHANDAVA	Tietê	Tietê	Operação	Natural		

Cód	Nome	Bacia	Rio	Situação	Tipo de série	Fórmula	Observações
243	TRES IRMAOS	Tietê	Tietê	Operação	Natural		
244	ILHA SOLTEIRA EQUIVALENTE	Paraná	Tietê e Paraná	Operação	Natural	= vaz(34) + vaz(243)	
245	JUPIA	Paraná	Paraná	Operação	Natural		
246	PORTO PRIMAVERA	Paraná	Paraná	Operação	Natural		
247	CAÇU	Paranaíba	Claro	Operação	Natural		
248	BARRA DOS COQUEIROS	Paranaíba	Claro	Operação	Natural		
249	OURINHOS	Paranapanema	Paranapanema	Operação	Natural		
251	SERRA FACAO	Paranaíba	São Marcos	Operação	Natural		
253	SÃO SALVADOR	Tocantins	Tocantins	Operação	Natural		
254	PEDRA DO CAVALO	Atlântico Leste	Paraguaçu	Operação	Natural		
255	IRAPE	Jequitinhonha	Jequitinhonha	Operação	Natural		
257	PEIXE ANGICAL	Tocantins	Tocantins	Operação	Natural		
259	ITIQUIRA I E II	Paraguai	Itiquira	Operação	Natural		
261	FOZ DO RIO CLARO	Paranaíba	Claro	Operação	Natural		
262	GUILMAN-AMORIM	Doce	Piracicaba	Operação	Natural		
263	PORTO ESTRELA	Doce	Santo Antônio	Operação	Natural		
266	ITAIPU	Paraná	Paraná	Operação	Natural		
269	BALBINA	Amazonas	Uatumã	Operação	Natural		
270	SERRA DA MESA	Tocantins	Tocantins	Operação	Natural		
271	ESTREITO TOCANTINS	Tocantins	Tocantins	Operação	Natural		
273	LAJEADO	Tocantins	Tocantins	Operação	Natural		

Cód	Nome	Bacia	Rio	Situação	Tipo de série	Fórmula	Observações
275	TUCURUI	Tocantins	Tocantins	Operação	Natural		
277	CURUA-UNA	Amazonas	Curuá-Una	Operação	Natural		
278	MANSO	Paraguai	Manso	Operação	Natural		
279	SAMUEL	Amazonas	Jamari	Operação	Natural		
280	COARACY NUNES	Amazonas	Araguari	Operação	Natural		
281	PONTE DE PEDRA	Paraguai	Correntes	Operação	Natural		
283	SANTA CLARA MG	Mucuri	Mucuri	Operação	Natural		
284	14 DE JULHO	Jacuí	Antas	Operação	Natural		
285	JIRAU	Amazonas	Madeira	Expansão	Natural		
286	QUEBRA QUEIXO	Uruguai	Chapecó	Operação	Natural		
287	SANTO ANTONIO	Amazonas	Madeira	Expansão	Natural		
288	BELO MONTE	Amazonas	Xingu	Expansão	Natural		
290	SANTO ANTONIO DO JARI	Amazonas	Jari	Expansão	Natural		
291	DARDANELOS	Amazonas	Aripuanã	Operação	Natural		
292	BELO MONTE PRINCIPAL	Amazonas	Xingu	Expansão	Artificial		Série gerada a partir da diferença entre a série de vazão natural (posto 288) e alternância dos hidrogramas ecológicos começando pelo hidrograma B e os valores negativos obtidos substituídos por zero.
293	BELO MONTE JUSANTE	Amazonas	Xingu	Expansão	Artificial		Série gerada a partir da soma entre 7% da vazão natural (posto 288) e alternância dos hidrogramas ecológicos começando pelo hidrograma B e acrescidos os valores negativos encontrados no posto 292.
294	SALTO	Paranaíba	Verde	Operação	Natural		

Cód	Nome	Bacia	Rio	Situação	Tipo de série	Fórmula	Observações
295	JAURO	Paraguai	Jauru	Operação	Natural		
296	GUAPORE	Amazonas	Guaporé	Operação	Natural		
297	FERREIRA GOMES	Amazonas	Araguari	Expansão	Natural		
298	SANTA CECÍLIA BOMBEAMENTO	Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	Operação	Artificial	<p>Se <math>vaz(125) \leq 190 \text{ m}^3/\text{s}</math> então =  <math>[vaz(125) \times 119 \text{ m}^3/\text{s}] / 190 \text{ m}^3/\text{s}</math></p> <p>Se <math>190 \text{ m}^3/\text{s} \leq vaz(125) \leq 209 \text{ m}^3/\text{s}</math> então  <math>= 119 \text{ m}^3/\text{s}</math></p> <p>Se <math>209 \text{ m}^3/\text{s} \leq vaz(125) \leq 250 \text{ m}^3/\text{s}</math> então  <math>= vaz(125) - 90 \text{ m}^3/\text{s}</math></p> <p>Se <math>vaz(125) \geq 250 \text{ m}^3/\text{s}</math> então = <math>160 \text{ m}^3/\text{s}</math></p>	Bombeamento em Santa Cecília
299	ILHA DOS POMBOS	Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	Operação	Artificial	$= vaz(130) - vaz(298) - vaz(203) + vaz(304)$	Desconto do bombeamento em Santa Cecília e acréscimo de vertimento de Santana
300	POSTO NULO		Não definido	Operação	Natural		Série nula para postos onde originalmente não existia vazão
302	BELO MONTE COMPLEMENTAR	Amazonas	Xingu	Expansão	Artificial		Série gerada a partir da soma dos vertimentos da casa de força principal e alternância dos hidrogramas ecológicos começando pelo hidrograma B e acrescidos os valores negativos encontrados no posto 292.
303	FONTES	Paraíba do Sul	Ribeirão das Lajes	Operação	Artificial	$= vaz(132) + \min(vaz(316) - vaz(131) ; 51 \text{ m}^3/\text{s})$	
304	SANTANA vertimento	Paraíba do Sul	Piraí	Operação	Artificial	$= vaz(315) - vaz(316)$	
306	PEREIRA PASSOS	Paraíba do Sul	Ribeirão das Lajes	Operação	Artificial	$= vaz(303) + vaz(131)$	Acréscimo de Nilo Peçanha
315	SANTANA	Paraíba do Sul	Ribeirão das Lajes	Operação	Artificial	$= (vaz(203) - vaz(201)) + vaz(317) + vaz(298)$	

Cód	Nome	Bacia	Rio	Situação	Tipo de série	Fórmula	Observações
316	VIGÁRIO	Paraíba do Sul	Ribeirão das Lajes	Operação	Artificial	= min(vaz(315); 190 m³/s)	
317	TOCOS vertimento	Paraíba do Sul	Piraí	Operação	Artificial	= max[ 0; (vaz(201) – 25 m³/s)]	Vazão restante no rio Piraí após desvio para Lajes
318	HENRY BORDEN	Atlântico Sudeste	Cubatão	Operação	Artificial	= vaz(116) + vaz(117) + vaz(118) + 0,1 x [vaz(161) – vaz(117) – vaz(118)]	Vazão disponível em H.Borden contabilizando o possível de ser bombeado no Tietê e as retiradas para abastecimento nos reservatórios de Guarapiranga e Billings
319	BILLINGS	Tietê	Pinheiros	Operação	Artificial	= vaz(117) + vaz(118) + 0,1 x [vaz(161) – vaz(117) – vaz(118)]	Vazão desviada para H.Borden contabilizando o possível de ser bombeado no Tietê e as retiradas para abastecimento nos reservatórios de Guarapiranga e Billings

## **Lista de figuras e tabelas**

### **Figuras**

<b>Figura 4-1: Representação completa da bacia do rio Paraíba do Sul - Diagrama esquemático das usinas com regras de transformação de vazões (Fonte: LIGHT)</b>	<b>15</b>
<b>Figura 4-2: Diagrama esquemático simplificado do sistema Alto Tietê</b>	<b>19</b>
<b>Figura 4-3: Diagrama esquemático da junção das bacias do Tietê e Paraná</b>	<b>21</b>
<b>Figura 4-4: Ilustração das usinas componentes do Complexo Paulo Afonso</b>	<b>22</b>
<b>Figura 4-5: Diagrama esquemático das usinas componentes do Complexo Paulo Afonso</b>	<b>23</b>
<b>Figura 4-6: Diagrama esquemático do desvio Jordão - Segredo</b>	<b>24</b>

### **Tabelas**

<b>Tabela 2-1: Relação dos códigos dos postos</b>	<b>6</b>
<b>Tabela 3-1: Parâmetros de Média-Móvel</b>	<b>9</b>
<b>Tabela 4-1: Definição de postos e formulações referentes aos postos em operação da Bacia do rio Paraíba do Sul</b>	<b>17</b>
<b>Tabela 4-2: Definição de postos e formulações referentes a toda a bacia do Tietê</b>	<b>20</b>
<b>Tabela 4-3: Definição de postos e formulações referentes à junção das bacias do Tietê e Paraná</b>	<b>21</b>
<b>Tabela 4-4: Definição de postos e formulações referentes ao Complexo Paulo Afonso - Moxotó</b>	<b>23</b>
<b>Tabela 4-5: Definição de postos e formulações referentes ao Desvio do rio Jordão para o rio Iguaçu</b>	<b>24</b>
<b>Tabela 5-1: Características dos aproveitamentos hidrelétricos</b>	<b>25</b>