

MARCELO FERREIRA MAXIMIANO

Estudo de repotencialização da CGH Três Quedas – Avaliação
Hidráulica, Hidrológica e Estudos Energéticos

São Paulo

2018

MARCELO FERREIRA
MAXIMIANO

Estudo de repotencialização da CGH Três Quedas –
Avaliação Hidráulica, Hidrológica e Estudos Energéticos

V.1

2018

MARCELO FERREIRA MAXIMIANO

Estudo de repotencialização da CGH Três Quedas – Avaliação
Hidráulica, Hidrológica e Estudos Energéticos

Trabalho de conclusão do curso de especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética. Área de concentração: Pequenas Centrais Hidrelétricas.

São Paulo

2018

MARCELO FERREIRA MAXIMIANO

Estudo de repotencialização da CGH Três Quedas – Avaliação Hidráulica, Hidrológica e Estudos Energéticos

Trabalho de conclusão do curso de especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética. Área de concentração: Pequenas Centrais Hidrelétricas.

Orientador: Prof. Lineu Belico dos Reis.

São Paulo

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-publicação

Maximiano, Marcelo Ferreira

Estudo de repotencialização da CGH Três Quedas – Avaliação Hidráulica, Hidrológica e Estudos Energéticos / M. F. Maximiano -- São Paulo, 2018.
141 p.

Monografia (Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1. Pequenas Centrais Hidrelétricas I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.

Dedico este trabalho à minha esposa, Luciana, minha filha, Érika, a todos os familiares e amigos que sempre me apoiaram a não desistir por mais árduo que fosse o caminho trilhado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família e amigos que nos últimos dois anos me incentivaram a não desistir do curso por mais exaustivo que fosse conciliar família, trabalho e estudo. Ao meu pai e minha mãe que trabalharam de segunda a domingo para pôr o pão na mesa e podermos nos dedicar aos estudos. Aos meus irmãos e irmã que sempre me apoiaram e ajudaram.

Aos meus colegas da Engecon por se dedicarem nos últimos 17 anos a ajudar no meu crescimento profissional e pessoal. Ao Eng. Antônio Eurides Conte, meu mentor nos últimos 18 anos, por se dedicar pacientemente a me transmitir sua experiência em projetos de hidrologia, hidráulica e geração hidroelétrica. Ao Eng. Cleber Moreira Brum por me conceder um espaço em sua empresa por todos esses anos, transmitindo sua experiência em coordenação e gerenciamentos de projetos. Ao Eng. Takemitsu Yamazato por estar sempre resoluto e disponível para dissipar meus questionamentos mais primários em engenharia mecânica. A Sra. Yatiyo Fukuhara por ser mais que uma colega, mas uma amiga e uma segunda mãe. Ao Geólogo Tetuo Nitta, meu amigo de projetos e trilhas, falecido este ano, que se dedicou a me passar sua longa experiência profissional até seus últimos dias em vida. Ao Eng. Alfredo de Toledo, falecido ano passado, que muito me ensinou sobre projetos de usinas hidrelétricas.

Agradeço aos professores do PECE por proporcionarem uma breve troca de experiências nas tecnologias de geração de energia. Ao Prof. Lineu Belico dos Reis, por me orientar e acompanhar cada passo de desenvolvimento desta monografia, e, em parceria com o Prof. Djalma Caselato, aprofundar meus conhecimentos em projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas. Aos professores Eduardo Seiji Yamada e José Roberto Simões Moreira pelas contribuições finais na apresentação desta monografia.

RESUMO

A usina hidrelétrica de Três Quedas iniciou sua operação em 1928 aproveitando uma queda natural do rio Pinheirinhos da ordem de 82 m de queda. Localizada no interior do Estado de São Paulo, SP, esta CGH vem operando com uma potência instalada de 640 kW. A pouco mais de uma década atrás alguns estudos de repotencialização foram contratados pelo proprietário aumentar o seu rendimento energético. Os estudos energéticos conduzidos por projetistas do mercado indicavam para a possibilidade de se elevar a potência instalada para uma faixa entre 1,0 a 1,9 MW, mas esbarravam na regulamentação em vigor naquele ano, Resolução Normativa nº 395, a qual classificava as usinas com potência igual ou superior a 1,0 MW como PCH's (Pequenas Centrais Hidrelétricas). Os estudos contratados foram inconclusivos e abandonados pelo cliente na época. Tendo participado parcialmente dos estudos na época, o autor desta monografia enxergava possibilidades de repotencialização a baixo investimento, mas dependeriam de uma revisão hidrológica mais detalhada, da confirmação das condições hidráulicas existentes e de uma revisão regulatória. Em 2015 a ANEEL oficializou a Resolução Normativa nº 673, a qual permitiu que usinas até 3,0 MW de potência instalada fossem classificadas como CGH. Ao longo do presente estudo o autor constatou a possibilidade de se repotencializar a usina até a potência instalada de 1,5 MW, com a adição de um conjunto turbina-gerador adicionais, o qual permitiria o aproveitamento maior das vazões afluentes do rio, e considerando-se o mínimo de obras civis envolvidas. Tal repotencialização só poderia ser viável economicamente uma vez que se trata de uma usina existente, em operação, e cujo retorno de investimento já se concretizou.

Palavras-chave: CGH, PCH, Potência Instalada, Vetor Regional, Simulação Energética.

ABSTRACT

The hydroelectric plant of Três Quedas began its operation in 1928 taking advantage of a natural fall of the Pinheirinhos river of the order of 82 m of fall. Located in the interior of the State of São Paulo, SP, this CGH has been operating with an installed capacity of 640 kW. A little more than a decade ago some repowering studies were contracted by the owner to increase their energy efficiency. The energy studies carried out by market designers pointed to the possibility of increasing installed power to a range between 1.0 and 1.9 MW, but they ran up against the regulations in force in that year, Normative Resolution nº 395, which classified the plants with power equal to or greater than 1.0 MW as small hydroelectric plants. The studies contracted were inconclusive and abandoned by the client at the time. Having partially participated in the studies at the time, the author of this monograph saw possibilities of repowering at low investment but would depend on a more detailed hydrological review, the confirmation of the existing hydraulic conditions and a regulatory review. In 2015, ANEEL officialized Normative Resolution nº 673, which allowed plants with up to 3.0 MW of installed capacity to be classified as CGH. Throughout the present study, the author verified the possibility of repowering the plant up to the installed power of 1.5 MW, with the addition of an additional turbine-generator set, which would allow the greater use of the river's affluent flows and considering the minimum number of civil works involved. Such repowering could only be feasible economically since it is an existing plant, in operation, and whose return on investment has already materialized.

Keywords: CGH, PCH, Installed Power, Regional Vector, Energy Simulation.

LISTA DE FOTOS

Foto 1.1– Casa de Força da usina de Três Quedas	3
Foto 1.2 - Estrutura de barramento	4
Foto 1.3 – Tomada d'água e grade de limpeza	5
Foto 1.4 – Descarregador de fundo.....	6
Foto 1.5 – Canal e túnel de adução - trecho de montante	6
Foto 1.6 – Canal e vertedor de emergência – trecho jusante	7
Foto 1.7 – Trilhos do sistema de vagonete.....	8
Foto 1.8 – Conduto forçado e casa de força.....	9
Foto 1.9 – Casa de força – vista de jusante	10
Foto 1.10 – Turbina Francis eixo horizontal	10
Foto 1.11 – Gerador Siemens	11
Foto 1.12 – Subestação elevadora da usina	11
Foto 2.1 – CGH Três Quedas – foto aérea.....	17

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Planta do arranjo geral da CGH Três Quedas	13
Figura 2.1 – Mapa de Localização da CGH Três Quedas.....	16
Figura 3.1 – Mapa de localização dos postos fluviométricos	21
Figura 4.1 – Correlação Vetor Regional x Posto Acima da Represa	26
Figura 4.2 – Correlação Vetor Regional x Posto Sítio Braga	27
Figura 4.3 – Correlação Vetor Regional x Posto Jacaré-Guaçu SP255	27
Figura 4.4 – Correlação Vetor Regional x Posto Fazenda Boa Vista Jacaré	28
Figura 4.5 – Correlação Vetor Regional x Posto Fazenda Boa Esperança.....	28
Figura 4.6 – Correlação Vetor Regional x Posto Sítio Esperança	29
Figura 4.7 – Correlação Vetor Regional x Posto Fazenda Santo Inácio.....	29
Figura 4.8 – Correlação Vetor Regional x Posto Fazenda São José.....	30
Figura 4.9 – Correlação Vetor Regional x Posto Usina Lençóis	30
Figura 4.10 – Correlação Vetor Regional x Posto Montante-Lençóis	31
Figura 4.11 – Correlação Vetor Regional x UHE Ibitinga	31
Figura 4.12 - – Usina Três Quedas – Permanência de vazões médias mensais	33
Figura 4.13 – Cálculo do Q7,10 pelo processo de regionalização do DA EE.....	41
Figura 5.1 – Coeficientes de perda de carga – bocal do conduto forçado.....	51
Figura 5.2 – Perda de carga em função da vazão turbinada	55
Figura 6.1 – Curva cota x área x volume no eixo da usina de Três Quedas	56
Figura 6.2– Exemplo de simulação – $P_{inst} = 1,1$ MW – Permanência de energias (MWm)	62
Figura 6.3 – Alternativa 2 - Layout da casa de força.....	64
Figura 6.4 – Exemplo de simulação – $P_{inst} = 1,5$ MW – Permanência de energias (MWm)...	67
Figura 7.1 - Alternativa 1 – Avaliação econômica da motorização – Análise incremental	72
Figura 7.2 – Alternativa 2 – Avaliação econômica da motorização – Análise incremental	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Características da Usina Três Quedas.....	2
Tabela 3.1 – Relação de Postos Fluviométricos Selecionados	19
Tabela 3.2 – Relação Consolidada de Postos Fluviométricos Selecionados	20
Tabela 4.1 – Coeficientes de correlação do Vetor Regional	25
Tabela 4.2 – Usina Três Quedas – Permanência de vazões médias mensais	34
Tabela 4.3 – Vazões Mínimas Médias de 7 dias – Postos Selecionados	37
Tabela 4.4 – Constantes auxiliares de Weibull.....	38
Tabela 4.5 – Resultados de $Q_{7,10}$ (m³/s) e $q_{7,10}$ (l/s.km²) pelo Método de Weibull	39
Tabela 4.6 – Resultados de $Q_{7,10}$ (m³/s) e $q_{7,10}$ (l/s.km²) pelo Método de Gumbel	39
Tabela 5.1 – Velocidades ao longo do canal de adução (m/s)	44
Tabela 5.2 – Perdas de carga na aproximação da tomada d'água (m)	44
Tabela 5.3 – Perda de carga na grade da tomada d'água(m)	46
Tabela 5.4 – Resultados da simulação do canal de adução	49
Tabela 5.5 – Perdas na entrada do conduto forçado (m)	51
Tabela 5.6 – Perdas por atrito ao longo do conduto forçado (m)	52
Tabela 5.7 – Perdas por redução cônica no conduto forçado (m)	52
Tabela 5.8 – Coeficiente de perda de carga em função do ângulo de deflexão.....	53
Tabela 5.9 - Perdas por deflexão no conduto forçado (m)	54
Tabela 5.10 – Perdas de cargas totais no circuito adutor (m)	54
Tabela 6.1 – Resumo das simulações energéticas – Alternativa 1.....	61
Tabela 6.2 – Perdas de cargas na bifurcação do conduto forçado (m)	65
Tabela 6.3 - Resumo das simulações energéticas – Alternativa 2	66
Tabela 7.1 – Alternativa 1 – Avaliação econômica da motorização – Análise incremental....	71
Tabela 7.2 – Alternativa 2 – Avaliação econômica da motorização – Análise incremental....	71
Tabela 7.3 – Cálculo do índice de mérito das alternativas	74
Tabela 7.4 – Recálculo do índice de mérito das alternativas	75
Tabela 8.1 – Resumo simulação energética – situação atual	79

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 – Posto Acima da Represa – Série de Vazões Médias Mensais (m^3/s)	82
Anexo 2 – Posto Sítio Braga – Série de Vazões Médias Mensais (m^3/s)	82
Anexo 3 – Posto Jacaré-Guaçu SP255 – Série de Vazões Médias Mensais (m^3/s)	83
Anexo 4 - Posto Fazenda Boa Vista Jacaré – Série de Vazões Médias Mensais (m^3/s)	84
Anexo 5 - Posto Boa Esperança do Sul – Série de Vazões Médias Mensais (m^3/s)	85
Anexo 6 - Posto Sítio Esperança – Série de Vazões Médias Mensais (m^3/s)	86
Anexo 7 - Posto Fazenda Santo Inácio – Série de Vazões Médias Mensais (m^3/s)	87
Anexo 8 - Posto Fazenda São José – Série de Vazões Médias Mensais (m^3/s)	88
Anexo 9 - Posto Montante-Lençóis – Série de Vazões Médias Mensais (m^3/s)	89
Anexo 10 - Posto Usina Lençóis – Série de Vazões Médias Mensais (m^3/s)	89
Anexo 11 – Usina Ibitinga – Série de Vazões Médias Mensais (m^3/s)	90
Anexo 12 – Vetor regional resultante (l/s.km^2)	92
Anexo 13 – Posto Acima da Represa – Vazões específicas resultantes (l/s.km^2)	94
Anexo 14 – Usina Três Quedas – Vazão Médias Mensais Naturais (m^3/s)	96
Anexo 15 – Usina Três Quedas – Vazão Médias Mensais Afluentes (m^3/s)	98
Anexo 16 - Exemplo de simulação – $P_{\text{inst}} = 1,1 \text{ MW}$ – Vazões turbinadas (m^3/s)	100
Anexo 17 – Exemplo de simulação – $P_{\text{inst}} = 1,1 \text{ MW}$ - Perdas de carga média (m)	102
Anexo 18 – Exemplo de simulação – $P_{\text{inst}} = 1,1 \text{ MW}$ – Queda líquida média (m)	104
Anexo 19 – Exemplo de simulação – $P_{\text{inst}} = 1,1 \text{ MW}$ – Energia gerada média (MWm)	106
Anexo 20 - Exemplo de simulação – $P_{\text{inst}} = 1,5 \text{ MW}$ – Vazões turbinadas (m^3/s)	108
Anexo 21 – Exemplo de simulação – $P_{\text{inst}} = 1,5 \text{ MW}$ – Perdas de carga (m)	110
Anexo 22 – Exemplo de simulação – $P_{\text{inst}} = 1,5 \text{ MW}$ – Queda líquida média (m)	112
Anexo 23 – Exemplo de simulação – $P_{\text{inst}} = 1,5 \text{ MW}$ – Energia gerada média (MWm)	114

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CSPE	Comissão de Serviços Públicos de Energia
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo
DPO	Diretoria de Procedimentos de Outorga e Fiscalização
EMAE	Empresa Metropolitana de Águas e Energia
FC	Fator de Capacidade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGC	Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo
IGP-DI	Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
MLT	Média de Longo Termo
MME	Ministério de Minas e Energia
ONS	Operador Nacional do Sistema
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
RAP	Relatório Ambiental Preliminar
SMAP	Soil Moisture Accounting Procedure
UHE	Usina Hidrelétrica
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Descrição da usina de Três Quedas	2
1.2	Conclusões dos Estudos da Itapura e Engecon	14
1.3	Objetivos do Presente Estudo	15
2	LOCALIZAÇÃO DA USINA.....	16
3	DADOS HIDROLÓGICOS BÁSICOS.....	18
4	DETERMINAÇÃO DA SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS	22
4.1	Método do Vetor Regional	22
4.2	Série de Vazões Médias Mensais Naturais.....	25
4.3	Permanência de Vazões Médias Mensais	33
4.4	Determinação da Vazão Remanescente ou Sanitária	35
4.5	Usos consuntivos de água na bacia.....	42
4.6	Série de Vazões Médias Mensais Afluentes.....	42
5	DETERMINAÇÃO DAS PERDAS HIDRÁULICAS.....	43
5.1	Perdas na tomada d'água.....	44
5.2	Perdas no canal de adução e no túnel	47
5.3	Perdas no Conduto Forçado.....	50
5.4	Perdas de carga totais no circuito hidráulico.....	54
6	ALTERNATIVAS DE REPOTENCIALIZAÇÃO E ESTUDOS ENERGÉTICOS.....	56
6.1	Características básicas para o cálculo.....	58
6.2	Alternativa 1 – Substituição do conjunto turbina-gerador por um de maior geração ..	60
6.3	Alternativa 2 - Substituição do conjunto turbina-gerador por duas turbinas.....	63
7	SELEÇÃO DE ALTERNATIVA	68
8	CONCLUSÕES	76
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
	ANEXOS	82

1 INTRODUÇÃO

A CGH Três Quedas (nome fictício) está localizada no Estado de São Paulo, município de Torrinha, e iniciou sua operação de geração em 1928. Localizada no rio Pinheirinhos esta usina pertence a uma companhia paulista de distribuição de energia elétrica e encontra-se atualmente em operação.

Em 2006 a proprietária da usina contratou a empresa Itapura – Engenharia, Geologia e Meio Ambiente Ltda. objetivando a realização de um projeto de reforma da usina. Os estudos da Itapura levantaram a existência de diversas contingências a serem feitas. Entre elas proteção de taludes junto a casa de força e verificação da capacidade do sistema vertente. Ao final dos estudos da Itapura foi constatada a possibilidade de se aumentar a potência instalada da usina. O estudo avaliou a capacidade hidrológica do rio e quais as alterações estruturais e mecânicas necessitariam ser desenvolvidas para permitir uma maior captação e geração.

As conclusões do relatório da Itapura mostram que, se algumas alterações forem feitas na tomada d'água, no canal de captação, câmara de carga, conduto forçado e turbinas, seria possível elevar a potência instalada da ordem de 600 kW para quase 2 MW. Entretanto, de acordo com a norma vigente naquele ano, Resolução nº395 da ANEEL, ao repotencializar a usina, esta passaria a categoria de PCH (Pequena Central Hidrelétrica) e não mais contaria com os benefícios de uma CGH.

No ano de 2007 a proprietária da usina contratou a empresa Engecon Engenharia Gerenciamento e Projeto Ltda para desenvolver o Estudo de Inventário Simplificado da bacia do Rio Pinheirinhos. O objetivo deste estudo era levantar a partição de quedas ótima deste curso d'água permitindo-se assim a possibilidade de repotencialização da usina para a categoria de PCH. Conforme Resolução nº395 na ANEEL, empreendimentos com potência instalada entre 1 MW e 30 MW poderiam ser definidos como PCH desde que tenham uma área de inundação menor do que 300 ha ou 3 km². Os empreendimentos definidos como PCH devem estar representados na partição de quedas aprovada pela ANEEL e deste modo podem receber concessão para a sua operação. Outra particularidade de uma PCH é que esta deve submeter o projeto básico à ANEEL, juntamente com os estudos ambientais, RAP, para se obter licenças prévia (LP), licença de instalação (LI) e licença de operação (LO).

As usinas com potência instalada abaixo de 1 MW, pela Resolução nº395, eram denominadas CGH's (Centrais Geradoras Hidrelétricas) e não necessitavam receber

concessão para o seu aproveitamento elétrico. Basicamente para o empreendedor bastava desenvolver todo o projeto, solicitar outorga de uso d'água, conexão com a distribuidora e informar a ANEEL.

Infelizmente quando o processo é descrito conforme o parágrafo anterior o empreendedor corre o risco de perder sua usina caso um estudo de inventário hidrelétrico seja desenvolvido no curso d'água em questão e sua usina não esteja contemplada na melhor partição de quedas. Nesta situação, quando uma usina prevista na partição de quedas entra em conflito com a CGH existente, esta pode perder seu direito de operação. É o caso por exemplo de algumas CGH's onde a casa de força foi inundada por um lago de uma usina a jusante com maior capacidade.

Para a usina Três Quedas uma repotencialização com base na Resolução nº395 significaria a possibilidade de passar para a categoria de PCH, e portanto, necessitaria estar contemplada numa partição de quedas ótima. A Engecon, entre os anos de 2007 e 2008, desenvolveu o projeto de inventário simplificado buscando uma solução que pudesse contemplar a inserção desta usina na partição ótima do rio. Entretanto, o que a primeira vista seria óbvio, um aproveitamento a beira de uma cachoeira estaria aproveitando a máxima queda disponível, não se verificou nos estudos de partição como sendo a melhor alternativa.

1.1 Descrição da usina de Três Quedas

Segundo a CSPE (Comissão de Serviços Públicos de Energia) do Estado de São Paulo a CHG Três Quedas apresenta as seguintes características, conforme descrito no quadro da Tabela 1.1 seguinte. A Foto 1.1 apresenta uma visão aérea da casa de força.

Tabela 1.1 - Características da Usina Três Quedas

Início da Construção:	1928(?)
Início da Operação:	1928
Situação Atual:	Em operação
Município:	Torrinha
Curso d'água:	Rio Pinheirinhos
Bacia Hidrográfica:	Tietê / Jacaré

Volume do reservatório (m³):	3 x 10 ³
Área inundada (km²):	0,010
Potência Nominal (kW):	640
Potência Efetiva (kW):	-
Número de unidades:	01
Data de Energização:	1928
Altura de Queda (m):	80,80
Turbina:	Eixo e Tipo: Horizontal Francis Velocidade (rpm): 1200 Vazão Turbinada (m³/s): 1,10
Gerador:	Eixo e Fabricante: Horizontal / Siemens Velocidade (rpm): 1200 Tensão Primária (kV): 2,2

Fonte: CSPE



Foto 1.1– Casa de Força da usina de Três Quedas

Fonte: CSPE

Ainda de acordo com a publicação da CSPE, a usina de Três Quedas está localizada junto a uma cachoeira de cerca de 80 m e possui um barramento de pequena altura com uma largura da ordem de 30 m, apenas para a captação num canal de adução lateral. Junto a tomada de água uma comporta controla o fluxo de vazão que entra no canal de adução. O canal de adução tem cerca de 200 m e foi feito a céu aberto. A adução ainda conta com um túnel revestido em alvenaria, com seção semicircular e cerca de 105 m de comprimento. A partir da câmara de carga até a usina segue um conduto forçado em aço de 750mm de diâmetro e cerca de 120 m de comprimento, fixado na encosta em rocha por blocos de ancoragem.

A casa de força, construída em alvenaria, conta com apenas uma unidade geradora Francis de eixo horizontal. Ainda na casa de força existe um gerador de eixo horizontal Siemens operando na mesma frequência da turbina, 1200 rpm, ou seja, sem a necessidade de um sistema multiplicador. A subestação, operada pela sala de comando, faz a elevação da tensão de 2,2 kV para 13,8 kV, permitindo a interligação com o sistema de transmissão. O acesso a casa de força é feito por um sistema de vagonete e trilhos junto a escarpa da encosta.

As fotos apresentadas a seguir, Foto 1.2 a Foto 1.12, do estudo de inventário da Engecon, ilustram algumas características e estruturas da usina Três Quedas.

A Foto 1.2 apresenta a estrutura de barragem e vertedouro que tem por objetivo principal nesta usina direcionar o fluxo d'água em direção a tomada d'água e verter as cheias.



Foto 1.2 - Estrutura de barramento

Fonte: ENGECON

A tomada d'água, Foto 1.3, tem o objetivo de captar as vazões do rio e direcionar ao canal de adução. Em geral junto a esta estrutura encontram-se também grades para retenção de detritos e comportas que permitem o fechamento da adução em casos de emergência ou manutenção.



Foto 1.3 – Tomada d'água e grade de limpeza

Fonte: ENGECON

O descarregador de fundo, Foto 1.4, tem por objetivo evitar o acumulo de sedimentos próximo a tomada d'água, evitando assim o seu assoreamento. No caso de grandes reservatórios o descarregador de fundo tem a função de aumentar a vida útil da usina ao se evitar o assoreamento do reservatório.

O canal de adução, Foto 1.5, tem a função de conduzir o fluxo d'água em direção a casa de força. A fim de minimizar as perdas hidráulicas seu projeto hidráulico deve priorizar pequenos comprimentos, baixa rugosidade e evitar variações bruscas de seções. Seu dimensionamento deve levar ainda em conta as paradas bruscas na geração e as cheias que podem levar a transbordamentos e comprometer sua estabilidade estrutural. Com os mesmos objetivos do canal, o túnel de adução, também na Foto 1.5, é normalmente utilizado em situações onde se procura transpor relevos acidentados. Tal como os canais, seu dimensionamento deve levar em conta níveis d'água mais elevados que podem causar pressões excessivas nas paredes dos túneis ao se trabalhar em seção plena.



Foto 1.4 – Descarregador de fundo

Fonte: ENGECON



Foto 1.5 – Canal e túnel de adução - trecho de montante

Fonte: ENGECON

Na Foto 1.6 pode-se observar outro trecho do canal de adução, a jusante do túnel. Neste local foi instalada uma estrutura normalmente conhecida, no caso de canais, como vertedor de emergência. Trata-se de um vertedor lateral utilizado para descarregar volumes de água excessivos no canal quando, por exemplo, da paralização brusca das turbinas o que instantaneamente se reflete nos níveis ao longo do canal. Para evitar o seu transbordamento direciona-se o fluxo d'água lateralmente em direção ao leito natural do rio.



Foto 1.6 – Canal e vertedor de emergência – trecho jusante

Fonte: ENGECON

A foto seguinte, Foto 1.7, apresenta o sistema de vagonete da casa de força. Pouco usual, este sistema basicamente é um “carrinho” que se desloca sobre trilhos. Para a descida escorrega por efeito da gravidade até a casa de força preso por cabos de aço, enquanto para a subida o “carrinho” é puxado por um motor a diesel. Este sistema dificulta o acesso de funcionários a casa de força e transporte de equipamentos de manutenção. O usual nas usinas é o acesso de veículos de carga por uma via exclusiva.



Foto 1.7 – Trilhos do sistema de vagonete

Fonte: ENGECON

A Foto 1.8 apresenta a vista superior e montante do conduto forçado. Mais ao fundo encontra-se a casa de força. O conduto forçado tem a função de direcionar o fluxo d'água vindo do canal de adução para a casa de força, minimizando as perdas e garantindo a carga hidráulica necessária para a operação da turbina.

Para garantir a sua durabilidade e estanqueidade os condutos forçados são geralmente fabricados em aço, mas ocasionalmente há casos de condutos em concreto armado ou mesmo em PEAD (Polietileno de Alta Densidade).

Imediatamente a montante do conduto forçado se localiza a câmara de carga da adução. Esta estrutura funciona como um grande tanque de água entre o canal de adução e o conduto forçado. Sua função é garantir os níveis de água a montante do conduto forçado, evitando-se assim a entrada de ar para este, o que poderia prejudicar o funcionamento da turbina.



Foto 1.8 – Conduto forçado e casa de força

Fonte: ENGECON

A casa de força, Foto 1.9, está localizada no ponto mais baixo da queda hidráulica. Sua principal função é a de servir como abrigo para os equipamentos eletromecânicos. A casa de força desta usina se destaca por ser uma construção quase centenária. Em seu interior se encontram os principais equipamentos da usina, a turbina hidráulica, Foto 1.10, e o gerador, Foto 1.11.

A turbina desta usina é uma Francis Horizontal de fabricação suíça, a qual permite uma potência nominal de 640 kW. Desta conecta-se por um acoplamento em eixo com um gerador elétrico de fabricação *Siemens®*.



Foto 1.9 – Casa de força – vista de jusante

Fonte: ENGECON

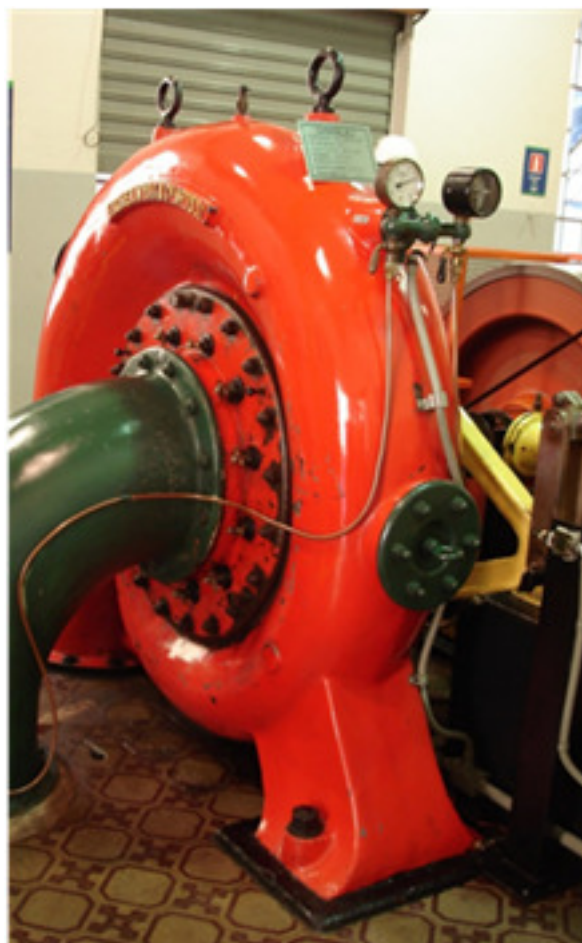


Foto 1.10 – Turbina Francis eixo horizontal

Fonte: ENGECON

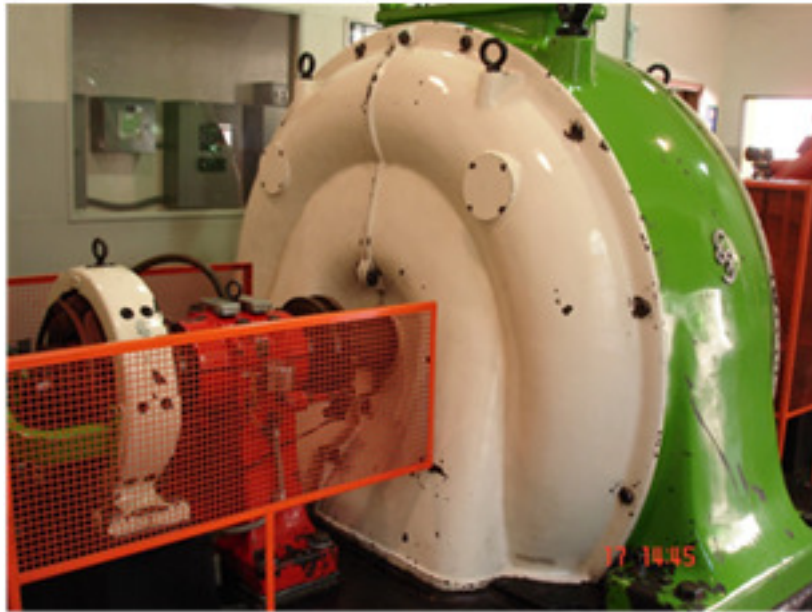


Foto 1.11 – Gerador Siemens

Fonte: ENGECON

Por fim, mas não menos importante, encontra-se a subestação elevadora, Foto 1.12. Localizada na parte superior da usina, próximo as edificações auxiliares (oficina e almoxarifado), a subestação é responsável por captar a energia elétrica proveniente da casa de força, em 2,2 V (CSPE), e elevar a tensão a um valor que permita a sua conexão a linha de transmissão mais próxima.



Foto 1.12 – Subestação elevadora da usina

Fonte: ENGECON

Durante os estudos da Engecon foram ainda identificadas informações importantes sobre a usina, como as cotas operacionais e a planta com o arranjo geral das estruturas. Em termos de cotas operacionais o nível d'água de montante está na cota 707,96 m.s.n.m, enquanto que o nível normal do canal de fuga está na cota 625,00 m.s.n.m, totalizando uma queda de 82,96 m, um pouco superior ao informado pela CSPE. Também foi constatado que o conduto forçado apresentava três diâmetros distintos (800mm, 750mm e 700mm).

A Figura 1.1, extraída do Volume II do Inventário Hidrelétrico do Rio Pinheirinhos, apresenta o arranjo geral das estruturas da usina.

Um arranjo desta conformidade era bastante utilizado por usinas no século passado minimizando os custos de construção do barramento, ao se construírem barragens baixas e aproveitando-se a queda natural junto as encostas das cachoeiras.

Entretanto, este tipo de arranjo nem sempre permite o aproveitamento completo da queda. Ocasionalmente algumas soluções podem ser feitas nos dias de hoje de modo a ampliar o aproveitamento eletromecânico, aumentando a queda bruta, diminuindo as perdas e aumentando a eficiência eletromecânica.

1.2 Conclusões dos Estudos da Itapura e Engecon

Os estudos da Itapura mostraram que além de serem necessárias diversas reformas emergenciais na usina, desde contenção de encostas a recomposição de estruturas, há a possibilidade de se aumentar a geração da usina dispondo de poucas alterações.

A principal conclusão do estudo em relação a geração energética propõe o aumento dos rendimentos do conjunto turbina-gerador. Segundo a Itapura os rendimentos previstos durante a realização dos estudos estavam na ordem de 76,4%. Com a substituição com conjunto ou uma reforma do mesmo esperava-se chegar a um rendimento de 90%.

Outras possibilidades foram também cogitadas, como a instalação de um segundo conjunto gerador, ou o aumento da vazão de adução, o que provavelmente levaria a uma potência instalada superior a 1 MW, não mais caracterizando a usina como CGH.

Após estas conclusões e possibilidades, a proprietária da usina viu que as melhores opções de repotencializar a usina, naquele momento, dependeriam primeiramente de uma partição de quedas favorável junto a ANEEL.

O estudo da Engecon tinha como objetivo inserir a usina dentro de uma partição ótima do rio Pinheirinhos, mas acabou concluindo que existia uma alternativa de partição de quedas secundária que permitiria um maior aproveitamento do rio.

A grande surpresa deste estudo foi, em função da restituição aerofotogramétrica com cartas do IGC (Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo – USP), a concepção de um eixo de aproveitamento com captação próxima a da usina de Três Quedas, mas com uma casa de força localizada a cerca de 1,5 km a jusante da atual casa de força, o que permitiria um ganho de cerca de mais 50 m de queda bruta.

Outra alternativa ainda levantada pelo estudo mostrou que com a construção de um novo barramento em solo compactado, a montante do atual barramento, seria possível elevar o nível d'água de montante em mais 30 m de altura e descarregar o fluxo d'água captado na casa de força a 1,5 km da atual. Desta forma, uma alternativa secundária teria pelo menos 80 m a mais de queda bruta.

Assim, dentro da resolução nº395 de 1998, em vigor na data do estudo de inventário, não seria possível repotencializar a usina para uma potência acima de 1.000 kW, pois isto caracterizaria esta como PCH e, portanto, precisaria estar contemplada numa partição de quedas ótima aprovada pela ANEEL.

A Engecon apresentou os estudos ao cliente, proprietária da usina, mas não tendo sido alcançado o resultado inicialmente esperado a proprietária optou por não apresentar os estudos à ANEEL e não dar prosseguimento ao processo.

1.3 Objetivos do Presente Estudo

A presente monografia tem por objetivo mostrar que frente a Resolução Normativa nº673 da ANEEL de 2015, seria possível repotencializar a usina de Três Quedas até sua máxima capacidade, com poucas alterações, sem que esta necessitasse estar contemplada numa partição de quedas ótima do rio Pinheirinhos, permanecendo ainda classificada como uma CGH.

O presente estudo irá levantar os dados hidrológicos atuais de postos fluviométricos locais, seja na própria bacia hidrográfica, ou em bacias próximas com regime hidrogeológico semelhante, de modo a permitir a determinação de uma série de vazões médias mensais afluente atualizada. Para a determinação da nova série de vazões médias será proposto uma metodologia alternativa aos estudos da Itapura e da Engecon, e será utilizado um processo proposto por *Tucci em Hidrologia – Ciência e Aplicação*. Este processo é utilizado para complementar série de dados através do método matemático conhecido como Vetor Regional.

Neste estudo irão ser recalculadas as perdas de carga ao longo do sistema adutor, bem como reavaliar os rendimentos eletromecânicos, e avaliar com base no valor do custo incremental dos equipamentos (R\$/kW) e na tarifa bruta de energia (R\$/MWh), qual a potência instalada nova sugerida.

2 LOCALIZAÇÃO DA USINA

A usina de Três Quedas está localizada no rio Pinheirinhos, no município de Torrinha, estado de São Paulo. O acesso a partir da cidade de São Paulo faz-se inicialmente pelas rodovias dos Bandeirantes, Anhanguera e Washington Luiz até as proximidades da cidade de Itirapina, seguindo pela rodovia Eng. Paulo Nilo Romano (SP-225) até a cidade de Brotas, totalizando uma distância de aproximadamente 250 km. Da cidade de Brotas até a cidade de Torrinha são cerca de 20 km, e desta até a usina mais 8 km.

A figura apresentada a seguir mostra a localização do eixo da usina, em relação aos municípios próximos, rodovias e hidrografia.

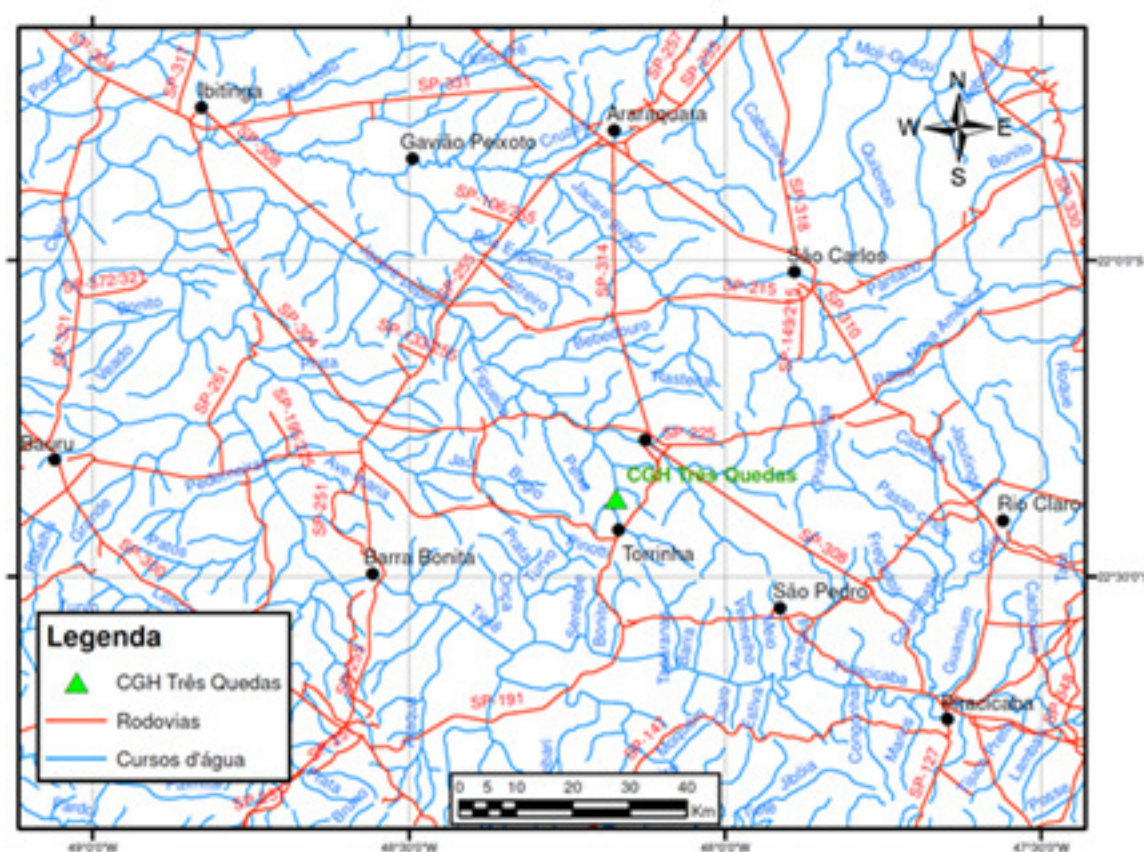


Figura 2.1 – Mapa de Localização da CGH Três Quedas

A foto a seguir, extraída do software *Google Earth®*, apresenta uma imagem aérea da disposição da usina, onde é possível observar as estruturas de barramento, canal de adução, conduto forçado e casa de força, bem como edifícios operacionais da usina.



Foto 2.1 – CGH Três Quedas – foto aérea

Fonte: Google Earth

3 DADOS HIDROLÓGICOS BÁSICOS

O primeiro desafio que se tem ao estudar a geração hidroelétrica de um determinado eixo inventariado ou mesmo de estudar a repotencialização de uma usina existente é se determinar uma série de vazões médias mensais consistente.

A maioria dos cursos d'água no Brasil dispõe de pouco histórico de medição de vazões diárias que permita gerar uma série completa longa e consistente. Neste sentido a região sudeste brasileira conta com muitos postos, principalmente o estado de São Paulo. A título nacional a ANA (Agência Nacional de Águas) é responsável por manter e monitorar postos fluviométricos. Já no estado de São Paulo o DAEE (Departamento de Águas e Energia do Estado de São Paulo) mantém um grande número de estações sob sua responsabilidade.

Para o estudo de repotencialização da usina de Três Quedas o posto mais próximo é o de nome Acima da Represa (código DAEE: 5D-007), localizado alguns quilômetros a montante da usina. A partir deste posto é possível fazer a regionalização de vazões para o local da usina por proporcionalidade de área de drenagem. O posto Acima da Represa tem uma área de drenagem de 113 km², enquanto a usina Três Quedas uma área de 130,5 km², segundo o estudo da Engecon.

Infelizmente este posto tem apenas 9 anos de dados de medição de vazão. Estudos de geração hidroelétrica apresentados a ANEEL devem ter pelo menos um histórico de 30 anos ininterruptos, e finalizados no máximo menos 2 anos antes da entrega para análise.

A solução para este tipo de problema é fazer uma complementação da série de vazões a partir de postos regionais com características hidrológicas semelhantes. Ou seja, não muito distantes, para que o regime de chuvas, a cobertura vegetal e a geologia não sejam muito distintos.

Assim, foi feita uma busca exaustiva no banco de dados fluviométricos da ANA (<http://hidroweb.ana.gov.br>) e do DAEE (<http://www.hidrologia.daee.sp.gov.br/>) em busca dos postos regionais a usina.

Muitos dos postos encontrados não possuem qualquer histórico de dados e são operados por agências privadas cujo objetivo é particular. É o caso de postos operados para acompanhamento da qualidade da água (por exemplo a DBO), ou são operados por usinas que repassam os dados diretamente para o ONS (Operador Nacional do Sistema).

Foram selecionados a princípio 14 postos com um histórico de dados suficiente para complementar a série de vazões médias do posto Acima da Represa. O quadro da Tabela 3.1 seguinte apresenta a relação de postos inicialmente selecionados.

Tabela 3.1 – Relação de Postos Fluviométricos Selecionados

Postos Fluviométricos - Selecionados										
cód. ANA	cód. DAEE	nome	curso d'água	município	responsável	latitude	longitude	área de drenagem (km ²)	início	término
-	5D-007	Acima da Represa	Piñeirinhos	Bariri	DAEE	22°24'00"	48°10'00"	113	dez/38	dez/47
-	5D-008	Sítio Braga	Jacaré-Pepira	Brota	DAEE	22°18'00"	48°08'00"	537	mai/39	fev/58
6275 1100	5D-028	Brota	Jacaré-Pepira	Brota	DAEE	22°17'33"	48°07'03"	442	nov/80	dez/17
-	5C-029	Meia Léguas	Itaqueire	Nova Europa	DAEE	21°47'15"	48°33'40"	334	juv/81	jan/18
-	5C-013	Jacaré-Guaçu SP255	Jacaré-Guaçu	Araraquara	DAEE	21°52'02"	48°16'35"	1.867	juv/69	ago/17
-	5C-021	Fazenda Boa Vista Jacaré	Jacaré-Guaçu	Ibitinga	DAEE	21°48'58"	48°48'02"	3.519	dez/70	mai/07
-	5C-027	Boa Esperança do Sul	Boa Esperança	Boa Esperança do Sul	DAEE	21°59'28"	48°23'23"	190	dez/80	dez/17
-	5C-028	Sítio Esperança	São João	Ibitinga	DAEE	21°47'10"	48°46'41"	338	dez/80	jan/18
6276 7500	-	Fazenda Santo Inácio	Jacaré-Guaçu	Ribeirão Bonito	ANA	22°03'42"	48°05'25"	795	mai/87	dez/14
6277 0500	-	Fazenda São José	Ribeirão Monjolinho	São Carlos	ANA	22°03'34"	48°05'24"	1.070	mai/87	dez/14
-	5D-012	Usina Lençóis	Lençóis	Macatuba	DAEE	22°30'46"	48°38'38"	957	jan/60	dez/80
-	5D-013	Montante-Lençóis	Lençóis	Lençóis Paulista	DAEE	22°34'19"	48°51'22"	185	abr/12	jan/18
-	-	UHE Ibitinga	Tietê	Ibitinga	ONS	21°45'27"	48°59'29"	44.600	jan/31	dez/15
-	5D-025	Fazenda Palmeira	Jacaré-Guaçu	São Carlos	DAEE	22°06'41"	47°59'46"	603	set/69	nov/74

Uma vez selecionado os postos os dados de vazões mensais foram ordenados e buscou-se por “falhas” (lacunas de dados mensais) ao longo do histórico. Difícilmente algum posto fluviométrico não apresenta falhas de leituras ao longo de seu histórico de operações.

Definidas as falhas verifica-se se mais postos são necessários para uma regionalização de vazões, para “cobrir” alguma lacuna, ou se algum posto pode ser descartado.

O próximo passo é transformar os dados de vazões mensais em vazões específicas, $q(l/s.km^2)$, para se utilizar no processo de regionalização pelo Vetor Regional, conforme apresentado no Capítulo 4.1. A partir de diversas simulações pode-se optar por descartar ainda postos cuja correlação com o vetor regional não tenha apresentado boa correlação final.

Assim, após diversas simulações foram descartados três postos apresentados no quadro anterior, restando ainda mais 11 postos para a regionalização final. Destes, alguns “pontos” (meses) que não apresentaram boa correlação foram descartados. Estes pontos em geral representam erros de leitura da régua limnométrica, um limite (inferior ou superior) não previsto na curva chave da régua, ou mesmo um erro de transcrição da leitura.

A relação de postos consolidados é apresentada no quadro da Tabela 3.2 seguinte, enquanto um mapa de localização é apresentado na Figura 3.1.

Tabela 3.2 – Relação Consolidada de Postos Fluviométricos Selecionados

Postos Fluviométricos - Consolidados										
cód. ANA	cód. DAEE	nome	curso d'água	município	responsável	latitude	longitude	área de drenagem (km²)	início	término
-	5D-007	Acima da Represa	Pinheirinhos	Bariri	DAEE	22°24'00"	48°10'00"	113	dez/38	dez/47
-	5D-008	Sítio Braga	Jacaré-Pepira	Broilas	DAEE	22°18'00"	48°08'00"	537	mai/39	fev/58
-	5C-013	Jacaré-Guaçu SP255	Jacaré-Guaçu	Araraquara	DAEE	21°52'02"	48°16'35"	1.867	jul/69	ago/17
-	5C-021	Fazenda Boa Vista Jacaré	Jacaré-Guaçu	Ibitinga	DAEE	21°48'58"	48°48'02"	3.519	dez/70	mai/07
-	5C-027	Boa Esperança do Sul	Boa Esperança	Boa Esperança do Sul	DAEE	21°59'28"	48°23'23"	190	dez/80	dez/17
-	5C-028	Sítio Esperança	São João	Ibitinga	DAEE	21°47'10"	48°46'41"	338	dez/80	jan/18
6276 7500	-	Fazenda Santo Inácio	Jacaré-Guaçu	Ribeirão Bonito	ANA	22°03'42"	48°05'25"	795	mai/87	dez/14
6277 0500	-	Fazenda São José	Ribeirão Monjolinho	São Carlos	ANA	22°03'34"	48°05'24"	263	mai/87	dez/14
-	5D-012	Usina Lençóis	Lençóis	Macatuba	DAEE	22°30'46"	48°38'38"	957	jan/60	dez/80
-	5D-013	Montante-Lençóis	Lençóis	Lençóis Paulista	DAEE	22°34'19"	48°51'22"	185	abr/12	jan/18
-	-	UHE Ibitinga	Tietê	Ibitinga	ONS	21°45'27"	48°59'29"	44.600	jan/31	dez/15

Relativo aos postos consolidados há necessidade de se fazer alguns comentários adicionais. Primeiramente ao se transformar as vazões mensais (m^3/s) para específicas (l/s.km^2) observou uma grande inconsistência de ordem de grandeza em toda a série do posto Fazenda São José (código ANA: 62770500) em relação aos demais postos selecionados. Após a verificação dos dados no banco da ANA consultou-se o *Estudo de Inventário Hidrelétrico do rio Jacaré-Guaçu*, da Engecon, onde se verificou que a área de drenagem do posto considerada foi de 263 km^2 , e não 1070 km^2 como indicado pela ANA. Ao se levantar as cartas do IBGE (escala 1:100.000) no local do posto, o autor desta monografia constatou que a área do posto não poderia ser a apresentada pela ANA, visto que o posto encontra-se no ribeirão Monjolinho, na confluência do rio Jacaré-Guaçu, em local cuja área de drenagem da bacia é de 263 km^2 .

O posto Montante-Lençóis (código DAEE: 5D-013) embora com pouco histórico de dados (menos de 6 anos) foi acrescentado a lista apenas para completar um mês (janeiro de 2016) pelo vetor regional.

O posto UHE Ibitinga não tem histórico de dados disponível no DAEE ou mesmo na ANA. Os dados são armazenados pelo ONS, que dispõe de um conjunto histórico de dados fluviométricos de todas as UHEs do SI (Sistema Interligado). Estes dados passaram desde a década passada não só a serem disponibilizados como também foram complementados (por regionalização de vazões) para se ter uma série consistente e sem falhas, com histórico a partir de janeiro de 1931. Estas séries embora muito úteis e que permitiram o estudo de diversos aproveitamentos de geração hidrelétrica foram descontinuados e removidos do portal do ONS (<http://ons.org.br/>) em sua última remodelação. O autor desta monografia utilizou-se de seu banco de dados pessoais onde tem guardado a última versão do histórico de vazões do ONS denominado “*Atualização de Série Histórica de Vazões – Período de 1931 a 2015*”. Basicamente os dados do posto Ibitinga serão usados apenas para completar falhas históricas cujas datas todos os outros postos também apresentam falhas.

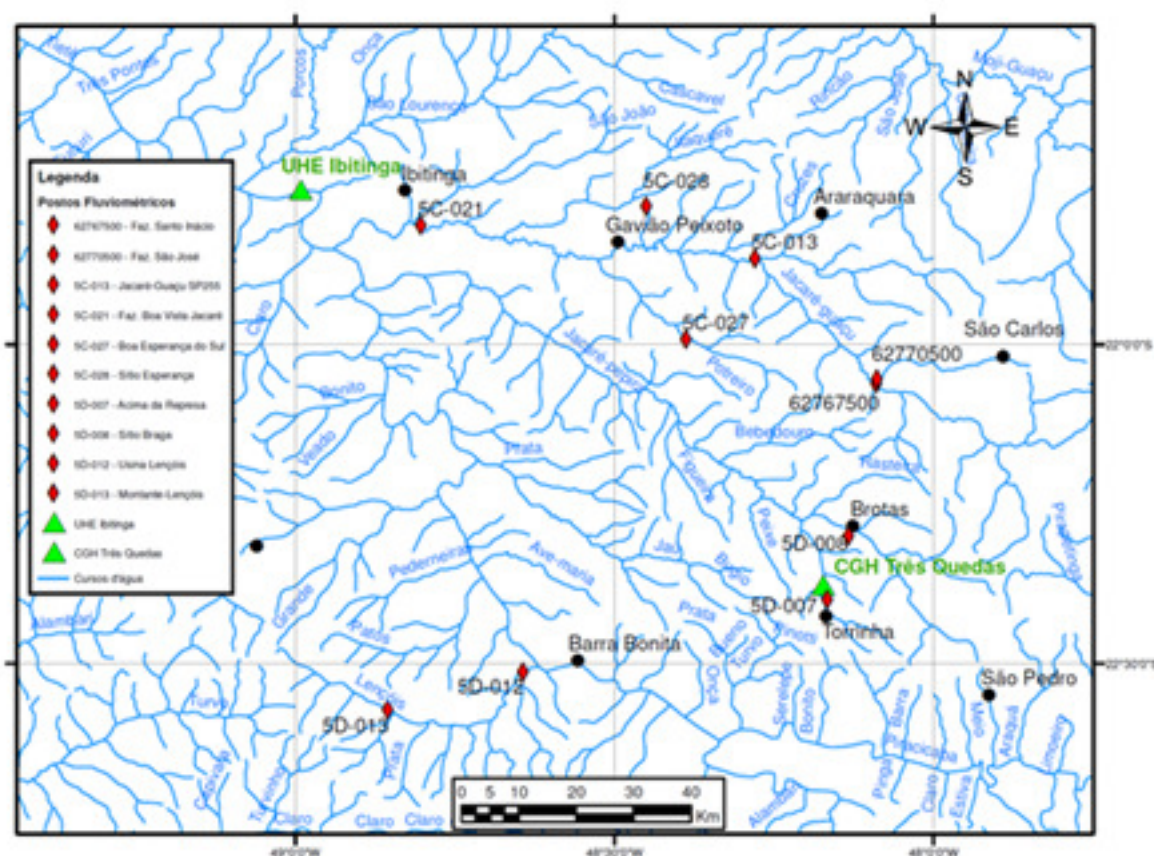


Figura 3.1 – Mapa de localização dos postos fluviométricos

As tabelas apresentadas em anexo, Anexo 1 a Anexo 11, apresentam as séries de vazões médias mensais das estações selecionadas e descritas na Tabela 3.2.

Os dados históricos de vazões apresentados foram então convertidos em vazões específicas mensais para então serem complementados utilizando-se o Método do Vetor Regional, conforme apresentado no Capítulo 4.

4 DETERMINAÇÃO DA SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS

Durante os estudos da Itapura foi gerada uma série de vazões médias mensais para o local a partir da transposição de vazões por área de drenagem partindo do posto fluviométrico Acima da Represa (código DAEE: 5D-007), localizado no rio Pinheirinhos, cuja área de drenagem é de 113 km². Este posto fluviométrico conta com um histórico de dados compreendendo os anos de 1939 a 1947.

Para estudos energéticos a ANEEL recomenda o mínimo de 30 anos de série de vazões médias mensais, com o último ano do histórico pelo menos dois anos antes da apresentação dos estudos para apreciação do órgão.

Não se dispondo de um histórico tão longo a Itapura utilizou o processo de cálculo hidrológico conhecido como SMAP (Soil Moisture Accounting Procedure). Neste é gerada uma série de vazão média sintética a partir de informações pluviométricas, cujos bancos de dados geralmente são mais completos e com um histórico maior. No processo são utilizados os anos de dados fluviométricos existentes para calibrar uma relação entre precipitações e vazões afluentes.

Infelizmente o SMAP pode apresentar inconsistências, principalmente para grandes áreas de drenagem. Por este motivo é um método pouco utilizado, sendo usual apenas em regiões onde não se encontram históricos de postos fluviométricos.

O processo mais usual é a transposição de vazões por área de drenagem a partir de postos fluviométricos regionais. Este método é usualmente utilizado para se completar lacunas em séries quando os postos possuem áreas de drenagem na mesma ordem de grandeza.

Para esta monografia será utilizado um método ainda pouco usual, o Método do Vetor Regional, apresentado por Tucci, mas que vem cada vez mais sendo discutido e utilizado. O objetivo nesta monografia será, com base nos postos fluviométricos levantados no Capítulo 3, gerar uma série de vazões médias mensais completa para o posto Acima da Represa, e desta, por transposição de área de drenagem, gerar uma série para o local de captação da CGH Três Quedas.

4.1 Método do Vetor Regional

O texto seguinte foi extraído em sua íntegra de uma publicação da Engecon, intitulada “*Estudo de Inventário Hidrelétrico do Rio Jacaré Guaçu, 2010*”, e apresenta um descritivo do processo do vetor regional em sua aplicação e determinação das séries de vazões. Este

processo foi utilizado em diversos estudos, tanto de inventário hidrelétrico, como de projetos básicos de usinas, e é aceito como ferramenta de cálculo hidrológico pela ANEEL. Um dos últimos estudos entregues a ANEEL utilizando-se deste procedimento foi o “*Estudos de Revisão do Inventário Simplificado do rio Tietê*” desenvolvido pela empresa Arcadis Logos S.A. e submetido para análise em 2017.

“Com a finalidade de determinar séries hidrológicas extensas, é comum a técnica de efetuar estudos de regionalização de vazões. Normalmente, quando se dispõe de um posto básico com dados consistidos para um amplo período de observações, sem lacunas ou falhas de registros observados, esse posto pode ser considerado ideal para se realizar as chamadas correlações com outros postos de observação que dispõem de um menor número de dados e com falhas generalizadas. O objetivo da correlação é o do preenchimento das falhas e do estabelecimento de uma série longa de vazões em determinado local de interesse.

Entretanto, quase sempre se dispõe de um número limitado de postos, com falhas generalizadas em períodos distintos, tornando-se difícil eleger as correlações de vazões entre cada um dos postos. Às vezes, é necessário realizar diversas correlações até se tomar uma decisão final sobre quais valores devem ser adotados.

Tem-se tornado bastante usual a utilização de uma técnica numérica conhecida como Vetor Regional para facilitar essas análises globais de correlação. É conveniente esclarecer que o método do vetor regional é um procedimento bastante utilizado para a determinação de um padrão espaço-temporal para as variáveis chuvas de uma região sob um mesmo regime pluvial.

Exemplificando, dado um conjunto de séries pluviométricas, $P_{i,j}$, organizadas numa matriz onde cada linha está associada a uma data i ($i=1,m$), e onde cada coluna está associada a um posto j ($j=1,n$), o método do vetor regional consiste em encontrar dois vetores, um coluna, L_i , e outro linha, C_j , tais que o seu produto resulte numa matriz de valores $X_{i,j}$ com os menores desvios possíveis em relação aos $P_{i,j}$ observados. Em outros termos, os vetores mais representativos são aqueles que atendem à seguinte função objetivo:

$$FO = \min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (P_{i,j} - X_{i,j})^2 = \min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (P_{i,j} - L_i C_j)^2$$

Mostra-se que, no ponto de mínimo, valem as equações:

$$C_j = \sum_1^m L_i \cdot P_{i,j} / \sum_1^m L_i^2$$

$$L_i = \sum_1^n C_j \cdot P_{i,j} / \sum_1^n C_j^2$$

Esse sistema de (m+n) equações pode ser resolvido iterativamente, atribuindo-se para os valores iniciais de L_i as médias das chuvas nos postos operantes à data. Para tanto, é necessário ao menos um posto operante nessa data.

Portanto, obtido o vetor regional, L_i , e o vetor de coeficientes, C_j , a estimativa da chuva numa data i e num certo posto j pode ser encontrada por $X_{i,j} = L_i \cdot C_j$. Essa estimativa pode ser utilizada para o preenchimento de falhas, quando então se assume $P_{i,j} = X_{i,j}$, ou ainda para a análise de coerência de dados existentes, mediante a análise da seqüência de desvios $D_{i,j} = P_{i,j} - X_{i,j}$.

Além disso, conhecidos os C_j para os diversos postos de uma região, a estimativa da série de chuvas médias numa dada bacia pode ser efetivada por $P_{mi} = L_i \cdot C_m$, onde C_m é uma média ponderada entre os vários C_j , utilizando-se, por exemplo, o método de ponderação de Thiessen.

*Esse procedimento numérico normalmente é adotado nas análises de precipitações mensais, onde é válido admitir um ajuste linear entre os dados do posto e os dados do vetor regional ajustado. Pode também ser aplicado com sucesso nas séries de descargas específicas médias mensais observadas nos postos fluviométricos analisados, quando o regime hídrico nos diversos postos não apresentar variações sensíveis, podendo-se assumir uma relação de ajuste linear semelhante. A variável descarga específica, traduzida em $l/s.km^2$, tem equivalência direta com a variável chamada de deflúvio direto, normalmente expresso em **mm**.”*

Na prática, a aplicação deste método leva tempo e centenas de interações até que se obtenha valores convergentes numa precisão adequada. Dependendo do número de postos e do tamanho da série histórica o procedimento feito numa planilha eletrônica como a disponibilizada pelo software *EXCEL®*, poderá dispor de algumas horas de trabalho do operador. Entretanto, já a alguns anos o autor da presente monografia desenvolveu uma macro em ambiente do *Visual Basic®*, permitindo assim uma automação do processo. Desta forma, o que antes demoraria horas pode ser simulado em menos de uma hora, permitindo

assim estudar outras alternativas em relação aos postos necessários para complementar a série.

4.2 Série de Vazões Médias Mensais Naturais

Para a aplicação do Método do Vetor Regional, os dados básicos de vazões mensais dos postos fluviométricos foram convertidos em vazões específicas (l/s.km²) e ordenados sequencialmente com a ajuda de uma planilha *Excel*®.

Uma vez ordenados os valores e utilizando-se de uma macro criada exclusivamente para otimizar o processo pode-se executar uma simulação com todos os postos fluviométricos simultaneamente.

Como resultado da simulação são geradas vazões específicas mensais para completar as lacunas nas séries históricas. Desta forma, para cada posto fluviométrico é gerado um vetor de vazões específicas. Adicionalmente é criado também o Vetor Regional propriamente dito. O Vetor Regional nada mais é do que uma série sintética composta por todos os postos selecionados. Enquanto cada posto possui um vetor de vazões específicas para sua localização espacial, o Vetor Regional representa uma média ponderada geral de todos os postos.

Da aplicação do Método do Vetor Regional aos valores de vazões específicas dos diversos postos, resultaram os coeficientes de ajuste entre cada posto e o Vetor Regional, conforme quadro da Tabela 4.1 a seguir.

Tabela 4.1 – Coeficientes de correlação do Vetor Regional

Posto	Coeficiente k
Acima da Represa	1,2605
Sítio Braga	1,2613
Jacaré-Guaçu SP255	0,8811
Faz. Boa Vista Jacaré	0,9471
Faz. Boa Esperança	0,8782
Sítio Esperança	0,7785
Faz. Santo Inácio	0,9443
Faz. São José	1,3091
Usina Lençóis	0,8893
Montante-Lençóis	1,0191
UHE Ibitinga	1,0407

Basicamente, os coeficientes de ajuste representam a correlação linear entre o Vetor Regional e o vetor de vazões específicas dos postos. A equação geral de correlação é apresentada a seguir:

$$q_{\text{posto}} = k \cdot q_{\text{VR}} \quad (4.1)$$

Onde:

q_{posto} : vazão específica do posto (l/s.km²)

k: coeficiente de correlação

q_{VR} : vazão específica do Vetor Regional (l/s.km²)

As figuras seguintes, Figura 4.1 a Figura 4.11, apresentam os gráficos de correlação entre o vetor dos postos e o Vetor Regional. Observa-se que quanto mais próximo do valor 1 o R^2 (coeficiente de determinação) se encontra melhor a correlação com o Vetor Regional.

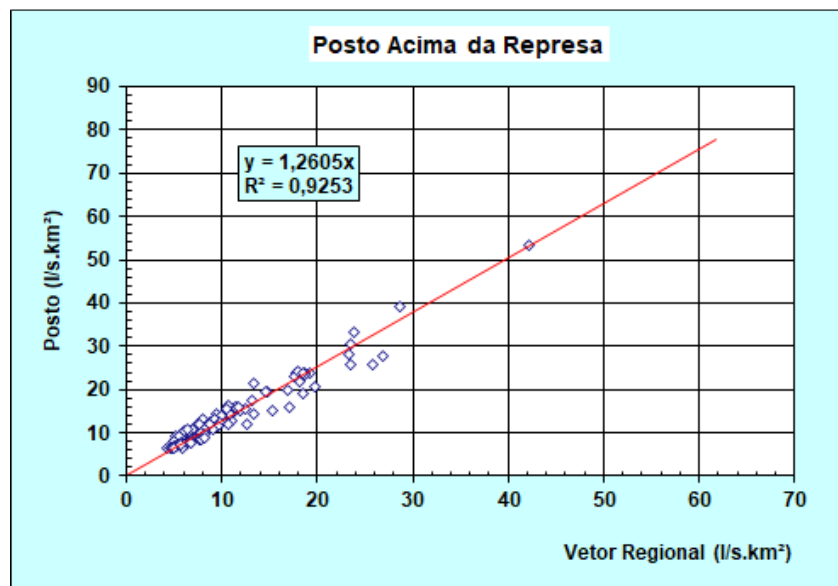


Figura 4.1 – Correlação Vetor Regional x Posto Acima da Represa

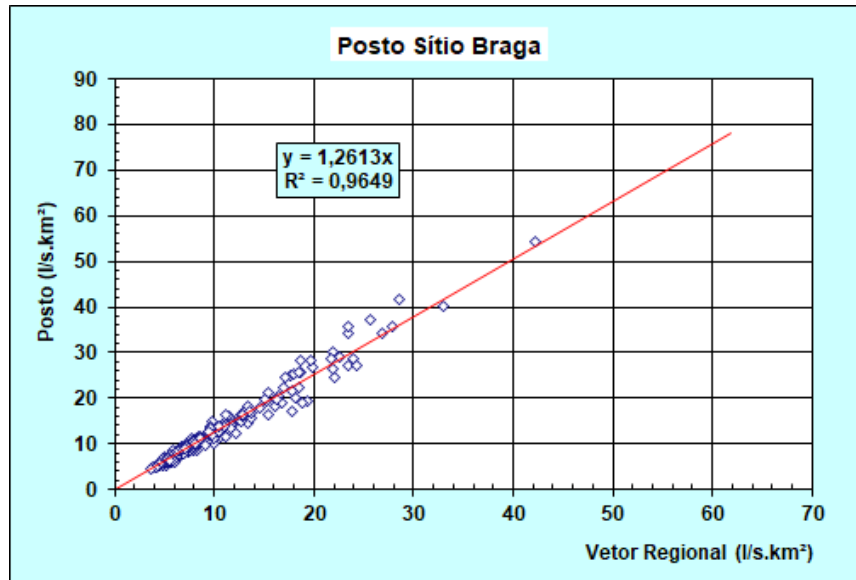


Figura 4.2 – Correlação Vetor Regional x Posto Sítio Braga

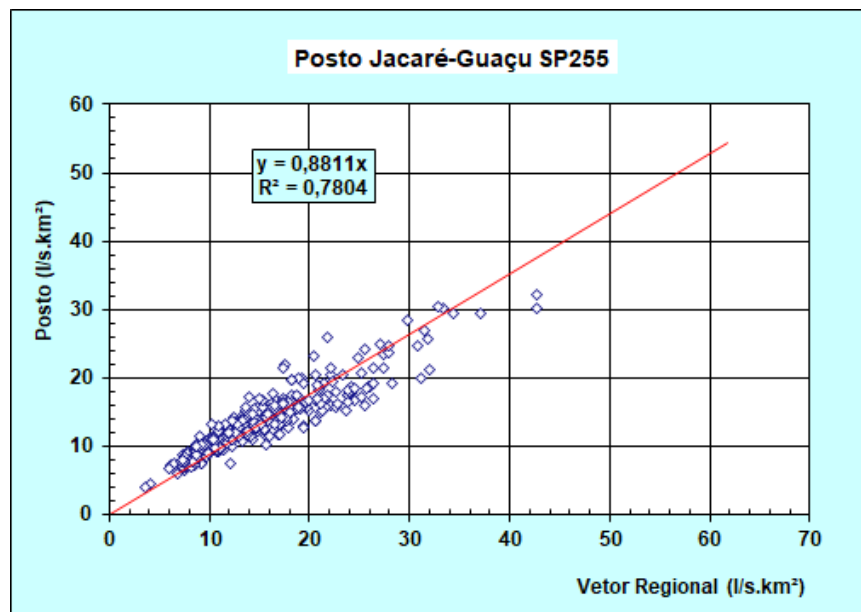


Figura 4.3 – Correlação Vetor Regional x Posto Jacaré-Guaçu SP255

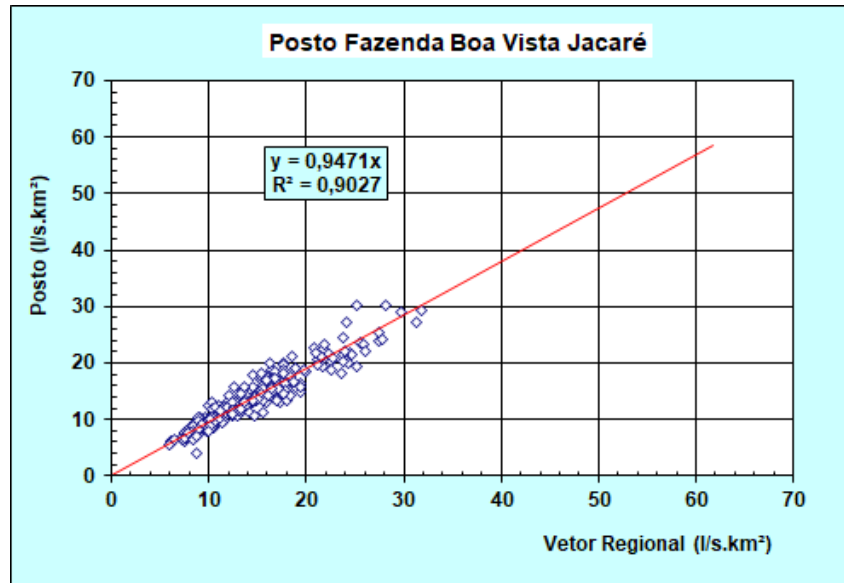


Figura 4.4 – Correlação Vetor Regional x Posto Fazenda Boa Vista Jacaré

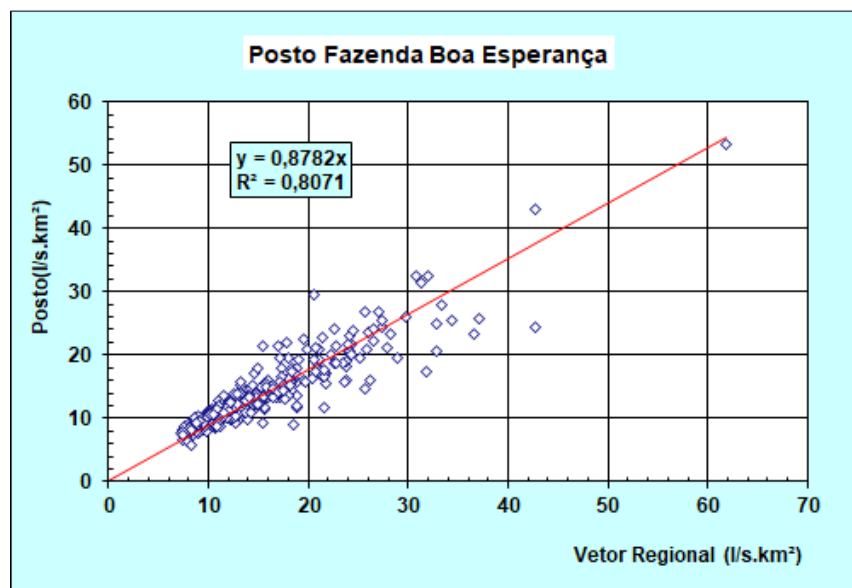


Figura 4.5 – Correlação Vetor Regional x Posto Fazenda Boa Esperança

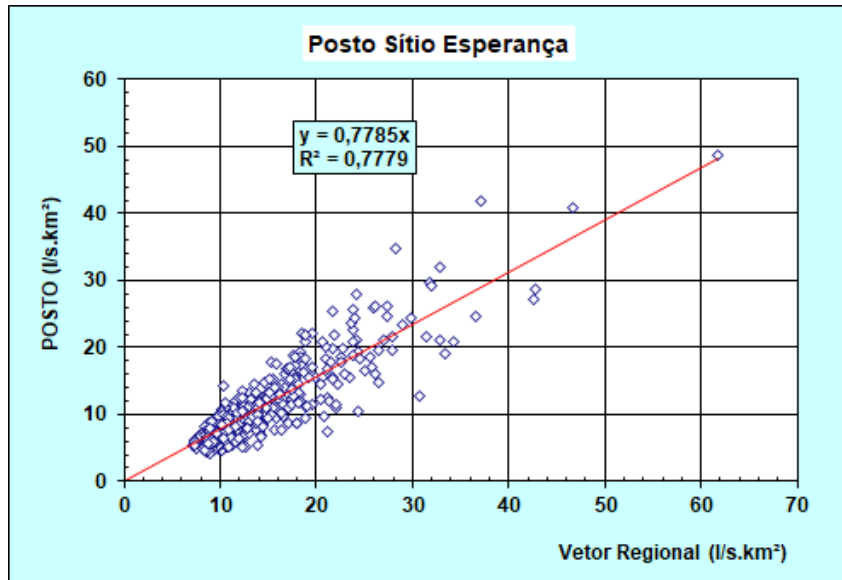


Figura 4.6 – Correlação Vetor Regional x Posto Sítio Esperança

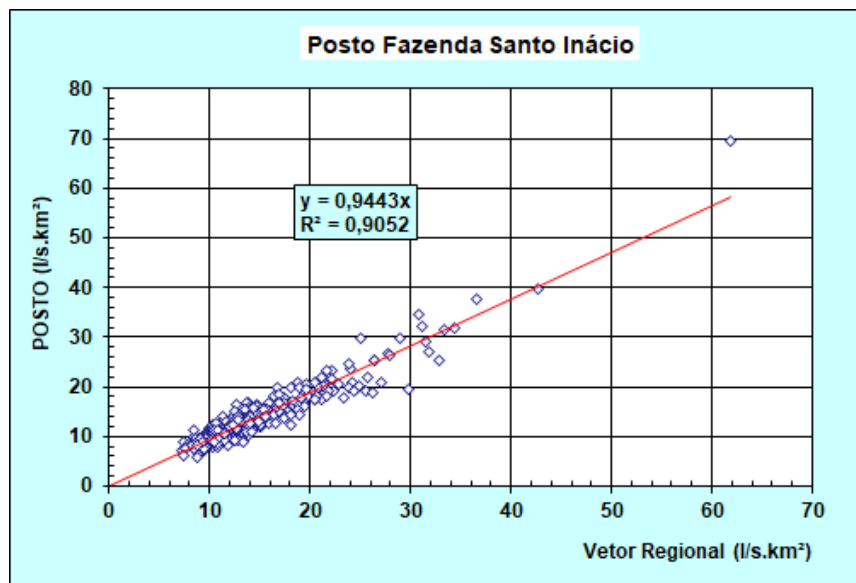


Figura 4.7 – Correlação Vetor Regional x Posto Fazenda Santo Inácio

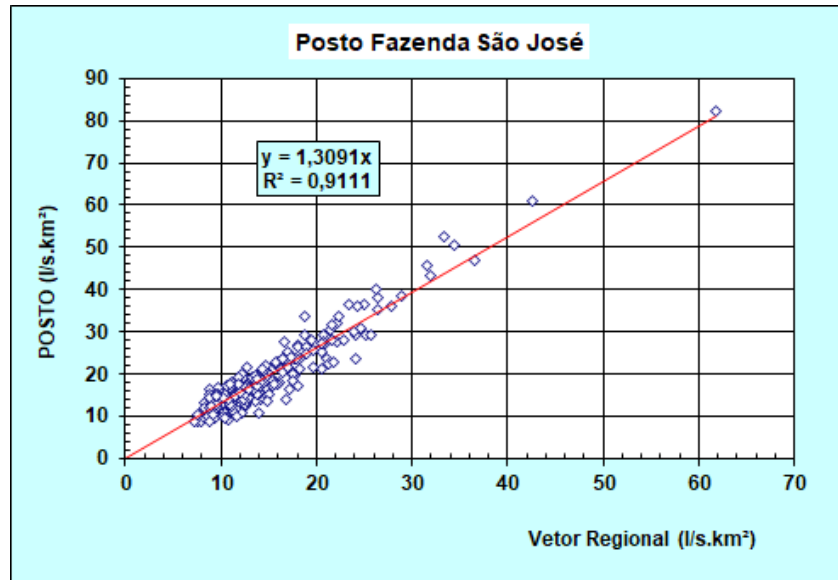


Figura 4.8 – Correlação Vetor Regional x Posto Fazenda São José

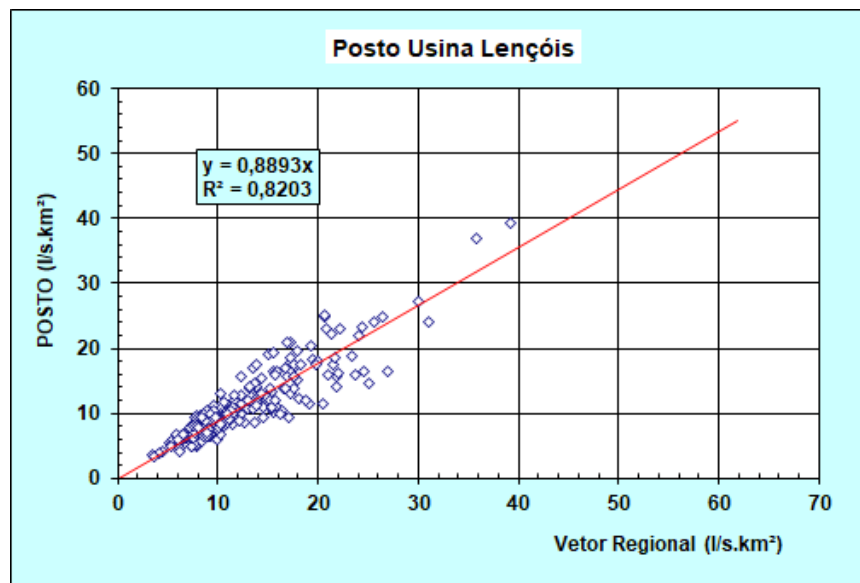


Figura 4.9 – Correlação Vetor Regional x Posto Usina Lençóis

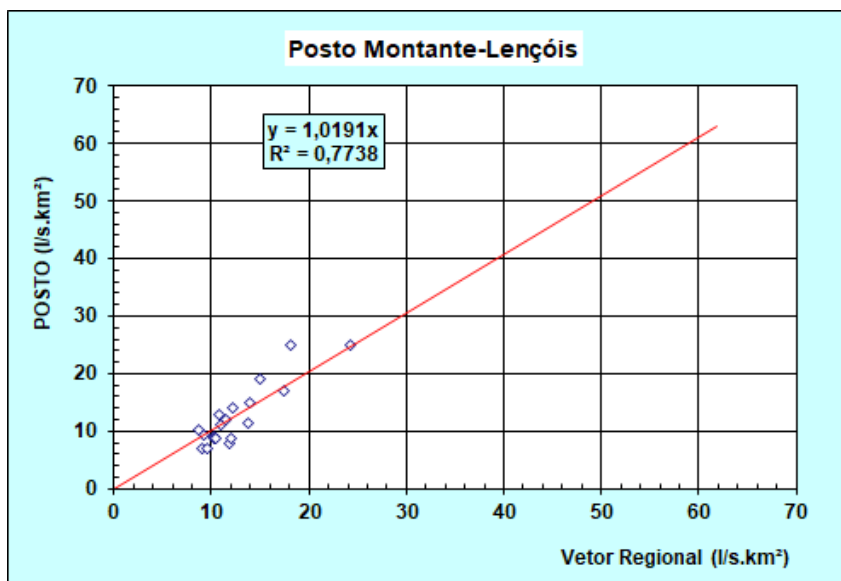


Figura 4.10 – Correlação Vetor Regional x Posto Montante-Lençóis

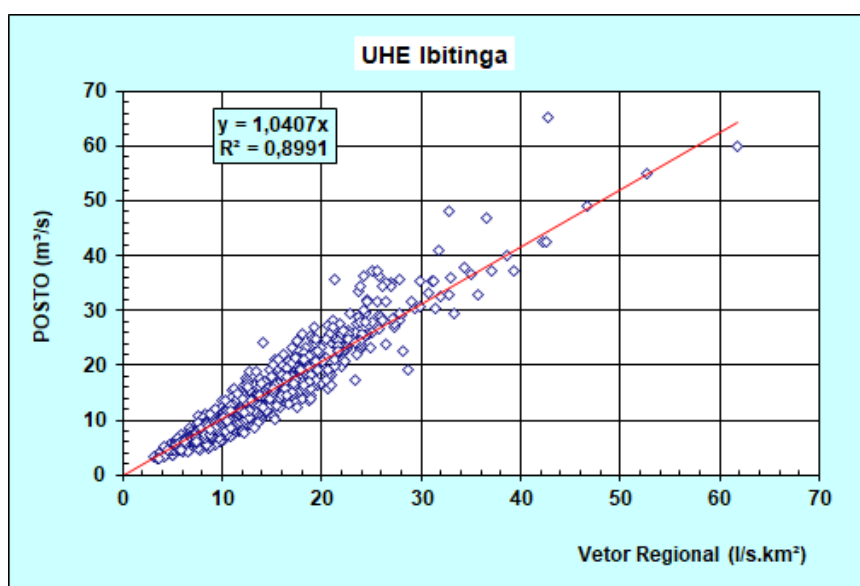


Figura 4.11 – Correlação Vetor Regional x UHE Ibitinga

Conforme observa-se nas figuras anteriores, os coeficientes de determinação resultaram em bons valores, principalmente para o posto de maior interesse deste estudo, o posto Acima da Represa.

A tabela Anexo 12, apresentada em Anexos, mostra o resultado do Vetor Regional simulado com os postos selecionados.

Em estudos hidrológicos onde não se tem posto fluviométrico algum próximo ao local de estudo, por exemplo no próprio curso d'água, uma alternativa é se utilizar do próprio Vetor Regional como o vetor de vazões específicas para o local.

No presente estudo de caso, por outro lado, como já foi anteriormente mencionado tem-se o posto Acima da Represa localizado a pouco quilômetros a montante do eixo do barramento da CGH Três Quedas, e neste caso pode-se adotar o vetor do posto e transportar as vazões específicas diretamente para o eixo da usina.

A tabela Anexo 13, apresentada nos Anexos, mostra o vetor de vazões específicas para o posto Acima da Represa, enquanto o Anexo 14 apresenta a série de vazões médias mensais naturais resultante para o local da usina Três Quedas.

Uma vez adotada a série de vazões específica do posto Acima da Represa para o local do barramento da usina Três Quedas que, conforme já comentado anteriormente teve sua área de drenagem calculada pelo estudo da Engecon no valor de 130,50 km², bastou calcular a série de vazões médias mensais para o local.

A vazão média calculada, também denominada MLT (média de longo termo), foi, portanto, de 2,14 m³/s. Em relação aos estudos anteriores consultados, da Itapura e da Engecon, pode-se fazer alguns comentários iniciais.

A MLT utilizada pela Itapura durante seus estudos foi de 2,71 m³/s. Segundo o estudo em questão a série de vazões médias mensais teria sido calculada pelo método do SMAP por um estudo hidrológico desenvolvido pela empresa COCESA, o qual o presente estudo não teve acesso para consulta.

A série utilizada pela Itapura compreendia os anos de 1975 a 2004, e não continha o período crítico hidrológico da região sudeste, entre junho de 1949 e novembro de 1956. Além disso, a série também não compreendia os anos da última seca registrada na região sudeste, entre 2012 e 2016, a qual foi bastante crítica no interior paulista.

Mesmo assim, se considerarmos apenas os anos de 1975 a 2004 ainda teremos uma vazão MLT no atual estudo inferior a do estudo da Itapura. Tais diferenças basicamente estão nos modelos de geração da série, SMAP ou Vetor Regional, e ambos os modelos são aceitos em estudos hidroenergéticos junto a ANEEL, quando bem embasados.

No presente estudo, tendo os valores se mostrado mais conservadores, continuaram-se os estudos de repotenciação com a série apresentada no Anexo 14.

4.3 Permanência de Vazões Médias Mensais

A Figura 4.12 e a Tabela 4.2 seguintes apresentam a permanência de vazões com base na série de vazões média mensais apresentada no Anexo 14. Os dados de permanência são uma orientação inicial para se avaliar a potência instalada de um aproveitamento hidroelétrico.

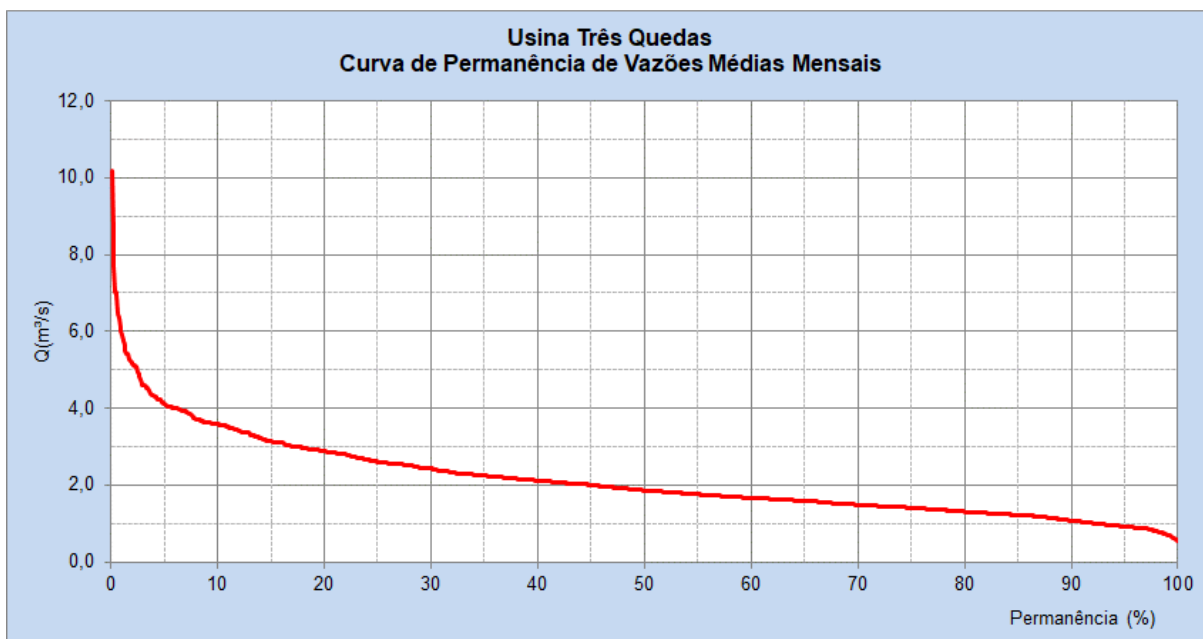


Figura 4.12 -- Usina Três Quedas – Permanência de vazões médias mensais

Tabela 4.2 – Usina Três Quedas – Permanência de vazões médias mensais

Porcentagem (%)	Q(m³/s)
0	10,17
5	4,13
10	3,58
15	3,14
20	2,88
25	2,60
30	2,42
35	2,25
40	2,12
45	2,01
50	1,86
55	1,76
60	1,66
65	1,58
70	1,49
75	1,40
80	1,31
85	1,22
90	1,08
95	0,92
100	0,52

Conforme observado têm-se uma vazão de **0,92 m³/s** com 95% de permanência.

Fazendo-se um cálculo rápido pode-se simplificarmente ter uma noção da energia firme e da potência instalada neste momento do estudo. A Energia Firme de uma usina hidrelétrica, conforme a publicação “*Diretrizes para estudos e projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas – Eletrobrás*”, pode ser dada em função da seguinte equação:

$$E_F = g \cdot H_l \cdot Q_{95} \cdot \eta \quad (4.2)$$

Onde:

E_F : Energia firme em **kW**;

g : aceleração da gravidade local – adotado **9,81 m/s²**;

H_l : queda líquida em **m** – adotado 97% da queda bruta;

Q_{95} : vazão com 95% de permanência em **m³/s**;

η : rendimento do conjunto turbina-gerador – **adotado 85%**.

Considerando que a queda bruta levantada durante o estudo da Itapura foi de 82,96 m temos a previsão de energia firme aproximada de **640 kW**.

Ainda segundo a publicação da Eletrobrás, a potência instalada de uma usina hidrelétrica pode ser prevista como sendo a relação entre a Energia Firme e o Fator de Capacidade, conforme expressão seguinte:

$$P_{inst} = \frac{E_F}{F_k} \quad (4.3)$$

Onde:

P_{inst} : Potência instalada em **kW**;

E_F : Energia firme em **kW**;

F_k : Fator de capacidade – **adotado 55%**.

Aplicando-se o fator de capacidade pela expressão anterior obtêm-se uma potência instalada na ordem de **1.128 kW**, o que é praticamente o dobro da potência informada pela CSPE.

4.4 Determinação da Vazão Remanescente ou Sanitária

Frequentemente em aproveitamentos hidroelétricos é comum que entre o barramento do curso d'água e a casa de força exista uma distância de algumas dezenas de metros a quilômetros. A medida que a distância aumenta entre as duas estruturas faz-se necessário o desvio e captação do fluxo d'água por meio de canais, túneis, câmaras de carga, condutos forçados, etc.. E no trecho onde era o curso d'água original a vazão tende a diminuir por causa deste desvio de fluxo. Estes trechos hora são chamados de “trecho curto circuitado”, em referência ao termo elétrico.

Este trecho por questões ambientais, e as vezes cenográficas, não deve ficar seco pois isto afetaria o bioma local. Assim, para se evitar trechos secos os diversos órgãos estaduais de meio ambiente, juntamente com os respectivos órgãos estaduais reguladores de uso e outorgas d'água, estabelecem critérios locais para quantificar uma vazão mínima no trecho. Esta vazão é conhecida como vazão remanescente ou, popularmente, como vazão sanitária.

No caso do Estado de São Paulo, a Diretoria de Procedimentos de Outorga e Fiscalização, pertencente ao DAEE, emitiu a **Instrução Técnica DPO Nº 5, de 10/11/2011**, onde fica estabelecido que a vazão remanescente em aproveitamentos hidroelétricos corresponde a **50% da $Q_{7,10}$** .

A vazão $Q_{7,10}$ é conhecida na hidrologia como a vazão mínima da média de 7 dias para um período de recorrência de 10 anos ($T=10$ anos) e o seu cálculo é realizado através de funções estatísticas.

Segundo Tomaz (2010), a vazão $Q_{7,10}$ é mais comumente calculada pelos métodos estatísticos de Gumbel (mínimos) e Weibull, quando se dispõe do histórico de vazões diárias de um posto fluviométrico com no mínimo 30 anos de dados.

No caso em estudo, a usina de Três Quedas, tem-se um trecho de desvio de curso através de um canal de adução, um túnel, uma câmara de carga e um conduto forçado, localizados na margem direita do rio Pinheirinhos. Além de um trecho de rio que sofre impactos ambientais com a perda de vazão, temos uma cachoeira.

As cachoeiras são frequentemente consideradas belezas cenográficas, e algumas vezes com forte impacto ao turismo local, a ponto de em determinados casos serem responsáveis pelo embargo de projetos hidrelétricos. No presente estudo a cachoeira junto a casa de força da usina embora de grande beleza não é utilizada turisticamente, tanto por estar em propriedade particular (da proprietária da usina), como por ser de difícil acesso, sendo possível a sua visualização apenas pelo local da casa de força.

O posto mais próximo ao eixo do barramento é o denominado Acima da Represa (código DAEE 5D-007). Entretanto este posto além de contar com apenas um histórico de 9 anos de dados, estes são relativos a um período antigo e que pode não condizer mais com a realidade hidrológica da bacia. Assim, buscou-se posto fluviométricos com um histórico mais recente e com pelo menos 30 anos de dados. Os postos Jacaré-Guaçu SP255 (cód. 5C-013), Boa Esperança do Sul (cód. 5C-027) e Sítio Esperança (cód. 5C-028) foram escolhidos.

O primeiro passo para a determinação da vazão $Q_{7,10}$ é ordenar os valores diários e calcular a mínima média anual de sete dias consecutivos para cada ano. Uma vez selecionados os dados, é calculada a média (X), o desvio padrão (S) e o coeficiente de variação (CV). A Tabela 4.3 apresenta as vazões mínimas médias anuais de 7 dias (Q_7) para cada posto anteriormente selecionado.

Tabela 4.3 – Vazões Mínimas Médias de 7 dias – Postos Selecionados

ANO	Q₇		
	5C-013	5C-027	5C-028
1969	7,29	-	-
1970	12,41	-	-
1971	11,61	-	-
1972	14,68	-	-
1973	10,38	-	-
1974	11,87	-	-
1975	10,86	-	-
1976	20,97	-	-
1977	15,34	-	-
1978	14,59	-	-
1979	14,52	-	-
1980	13,02	-	-
1981	14,63	0,84	2,09
1982	16,20	1,08	2,94
1983	26,53	1,10	-
1984	15,20	1,30	2,30
1985	11,63	1,22	1,61
1986	11,76	1,33	1,43
1987	13,44	1,40	1,77
1988	12,83	1,06	1,51
1989	11,85	1,07	1,52
1990	14,20	1,05	2,06
1991	13,70	0,93	1,85
1992	18,00	1,31	1,84
1993	14,76	1,41	2,14
1994	12,08	1,14	1,46
1995	16,88	1,52	1,98
1996	18,21	1,71	1,24
1997	16,47	1,63	1,70
1998	14,91	1,24	1,13
1999	16,42	-	1,40
2000	15,81	1,48	1,84
2001	15,56	1,64	1,60
2002	14,78	1,33	1,32
2003	13,77	1,34	0,98
2004	13,50	1,46	1,61
2005	15,72	1,65	1,46
2006	-	1,27	1,39
2007	12,49	1,21	1,64
2008	13,58	1,27	1,58
2009	-	1,32	1,99
2010	13,69	1,22	1,52
2011	-	1,46	1,83
2012	-	1,41	1,47
2013	15,89	1,54	1,43
2014	9,68	1,09	1,05
2015	8,62	1,13	1,29
2016	-	1,12	1,90
2017	12,54	1,52	1,04
X	14,16	1,30	1,64
S	3,19	0,21	0,39
CV	0,225	0,162	0,240

Segundo Tomaz (2010) o método de Weibull para o cálculo da $Q_{7,10}$ envolve os seguintes passos:

1. Cálculo da média (X), do desvio padrão (S) e do coeficiente de variação (CV);
2. Com base no valor de CV obtêm-se os valores de $1/\alpha$, $A(\alpha)$ e $B(\alpha)$, as quais são definidas como constantes auxiliares de Weibull e podem ser obtidas na Tabela 4.4 reproduzida a seguir;

Tabela 4.4 – Constantes auxiliares de Weibull

$1/\alpha$	$A(\alpha)$	$B(\alpha)$	CV	$1/\alpha$	$A(\alpha)$	$B(\alpha)$	CV	$1/\alpha$	$A(\alpha)$	$B(\alpha)$	CV
0,000	1,0000	1,0000	0,0000	0,105	0,9493	0,9155	0,1259	0,210	0,9155	0,8863	0,2394
0,005	0,9971	0,9943	0,0063	0,110	0,9474	0,9131	0,1316	0,215	0,9143	0,8860	0,2446
0,010	0,9943	0,9888	0,0127	0,115	0,9454	0,9107	0,1372	0,220	0,9131	0,8858	0,2498
0,015	0,9915	0,9835	0,0190	0,120	0,9435	0,9085	0,1428	0,225	0,9119	0,8856	0,2549
0,020	0,9888	0,9784	0,0252	0,125	0,9417	0,9064	0,1483	0,230	0,9107	0,8856	0,2601
0,025	0,9861	0,9735	0,0315	0,130	0,9399	0,9044	0,1539	0,231	0,9105	0,8856	0,2611
0,030	0,9835	0,9687	0,0376	0,135	0,9381	0,9025	0,1594	0,232	0,9103	0,8856	0,2621
0,035	0,9809	0,9641	0,0438	0,140	0,9364	0,9007	0,1649	0,234	0,9098	0,8856	0,2642
0,040	0,9784	0,9597	0,0499	0,145	0,9347	0,8990	0,1703	0,235	0,9096	0,8856	0,2652
0,045	0,9759	0,9554	0,0559	0,150	0,9330	0,8974	0,1758	0,2355	0,9095	0,8856	0,2657
0,050	0,9735	0,9513	0,0619	0,155	0,9314	0,8960	0,1812	0,2360	0,9094	0,8856	0,2662
0,055	0,9711	0,9474	0,0679	0,160	0,9298	0,8946	0,1866	0,2361	0,9093	0,8856	0,2663
0,060	0,9687	0,9435	0,0739	0,165	0,9282	0,8933	0,1919	0,2362	0,9093	0,8856	0,2664
0,065	0,9664	0,9399	0,0798	0,170	0,9267	0,8922	0,1973	0,2363	0,9093	0,8856	0,2665
0,070	0,9641	0,9364	0,0857	0,175	0,9252	0,8911	0,2026	0,2364	0,9093	0,8856	0,2666
0,075	0,9619	0,9330	0,0915	0,180	0,9237	0,8901	0,2079	0,2364	0,9093	0,8856	0,2667
0,080	0,9597	0,9298	0,0973	0,185	0,9222	0,8893	0,2132	0,2364	0,9093	0,8856	0,2667
0,085	0,9575	0,9267	0,1031	0,190	0,9208	0,8885	0,2185	0,2364	0,9093	0,8856	0,2667
0,090	0,9554	0,9237	0,1088	0,195	0,9195	0,8878	0,2238	0,2364	0,9093	0,8856	0,2667
0,095	0,9533	0,9208	0,1146	0,200	0,9181	0,8872	0,2290	0,2364	0,9093	0,8856	0,2667
0,100	0,9513	0,9181	0,1203	0,205	0,9168	0,8867	0,2342	0,2364	0,9093	0,8856	0,2667

Fonte: Tomaz (2010)

3. Obtêm-se o valor de β com base na seguinte expressão:

$$\beta = \frac{X}{A(\alpha)} \quad (4.4)$$

4. Calcula-se o $Q_{7,10}$ por meio da seguinte equação:

$$Q_{7,10} = \beta * \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{10} \right) \right]^{\frac{1}{\alpha}} \quad (4.5)$$

Com base no procedimento anterior foram calculados os $Q_{7,10}$ para os três postos selecionados. Para permitir a transposição posteriormente dos valores de $Q_{7,10}$ para o eixo

do barramento da usina as vazões foram transformadas em vazões específicas, $q_{7,10}$, em $l/s.km^2$, com base em suas respectivas áreas de drenagem. A Tabela 4.5 seguinte apresenta os resultados de $Q_{7,10}$ e $q_{7,10}$:

Tabela 4.5 – Resultados de $Q_{7,10}(m^3/s)$ e $q_{7,10}(l/s.km^2)$ pelo Método de Weibull

	Posto		
T	5C-013	5C-027	5C-028
$Q_{7,10} (m^3/s)$	10,02	1,02	1,11
$q_{7,10} (l/s.km^2)$	5,37	5,36	3,29

Observa-se pela tabela anterior que as ordens de grandeza das vazões específicas estão bastante próximas.

O segundo método proposto por Tomaz (2010) é Método de Gumbel para mínimas vazões. De acordo como método a vazão $Q_{7,10}$ pode ser calculada pelo seguinte passo a passo:

1. Cálculo da média (X) e do desvio padrão (S);
2. Cálculo das variáveis α e β conforme as seguintes expressões:

$$\alpha = 0,7797 * S \quad (4.6)$$

$$\beta = X + 0,45 * S \quad (4.7)$$

3. Cálculo do $Q_{7,10}$ utilizando-se a seguinte equação:

$$Q_{7,10} = \beta + \alpha * \ln \left(\ln \left(\frac{10}{10-1} \right) \right) \quad (4.8)$$

Com base na expressão anterior foram calculados os seguintes valores de $Q_{7,10}$ e $q_{7,10}$, conforme a Tabela 4.6:

Tabela 4.6 – Resultados de $Q_{7,10}(m^3/s)$ e $q_{7,10}(l/s.km^2)$ pelo Método de Gumbel

	Posto		
T	5C-013	5C-027	5C-028
$Q_{7,10} (m^3/s)$	10,00	1,03	1,12
$q_{7,10} (l/s.km^2)$	5,35	5,40	3,33

Tanto a Tabela 4.5 como a Tabela 4.6 apresentaram valores com ordem de grandeza muito próximos.

Afim de se calcular agora a vazão remanescente para o local do barramento da usina de Três Quedas neste estudo optou-se pelo valor de vazão específica ($q_{7,10}$) mais

conservador, ou seja, o valor **5,40 l/s.km²**, resultado para o posto Boa Esperança do Sul (código DAEE 5C-027).

Transpondo-se está vazão específica para a área de drenagem da usina de Três Quedas ($A=130,5 \text{ km}^2$), obtêm-se o valor de **0,70 m³/s**, resultando numa vazão remanescente de **0,35 m³/s**.

Observa-se que este valor adotado é inferior ao considerado nos estudos da Itapura, que foram de 0,63 m³/s. Esta diferença está relacionada principalmente pelo fato de que o posto fluviométrico escolhido pela Itapura tem muitas falhas no histórico de leituras. Além disso, na época do estudo não havia ainda os dados do último período hidrológico de seca do Sudeste, compreendido principalmente entre os anos de 2014 e 2015.

Durante os estudos da Engecon (2007), uma vistoria a campo constatou que a vazão remanescente é garantida pela abertura manual da comporta do descarregador de fundo, localizada entre a tomada d'água e o barramento. Costumeiramente em usinas de maior porte são utilizadas adufas automatizadas com controle mais preciso de abertura. E em aproveitamentos hidrelétricos onde a altura do barramento é maior, com dezenas de metros, bem como a vazão sanitária descarregada também é maior, pode-se utilizar-se de uma pequena turbina na saída da adufa de modo a aproveitar esta descarga como uma geração elétrica adicional.

Adicionalmente, a título de comparação o presente estudo utilizou-se ainda de um terceiro artifício de cálculo: a regionalização de vazões apresentada pelo site do DAEE (<http://www.sigrh.sp.gov.br>).

Este artifício oferecido pelo DAEE permite o cálculo da vazão $Q_{7,10}$ para qualquer local do Estado de São Paulo tendo-se em mãos apenas as coordenadas geográficas e a área de drenagem da bacia donde se deseja o valor. A

Figura 4.13 seguinte apresenta uma imagem da saída de cálculo pelo processo de regionalização de vazões do DAEE para o local do barramento da usina de Três Quedas.

Resultado 5: $Q_{7,T}$

Vazão mínima anual de 7 dias consecutivos com "T" anos de período de retorno: $Q_{7,T}$ (m^3/s):

T (anos)	10	15	20	25	50	100
Q (m^3/s)	0,456	0,440	0,431	0,424	0,407	0,393

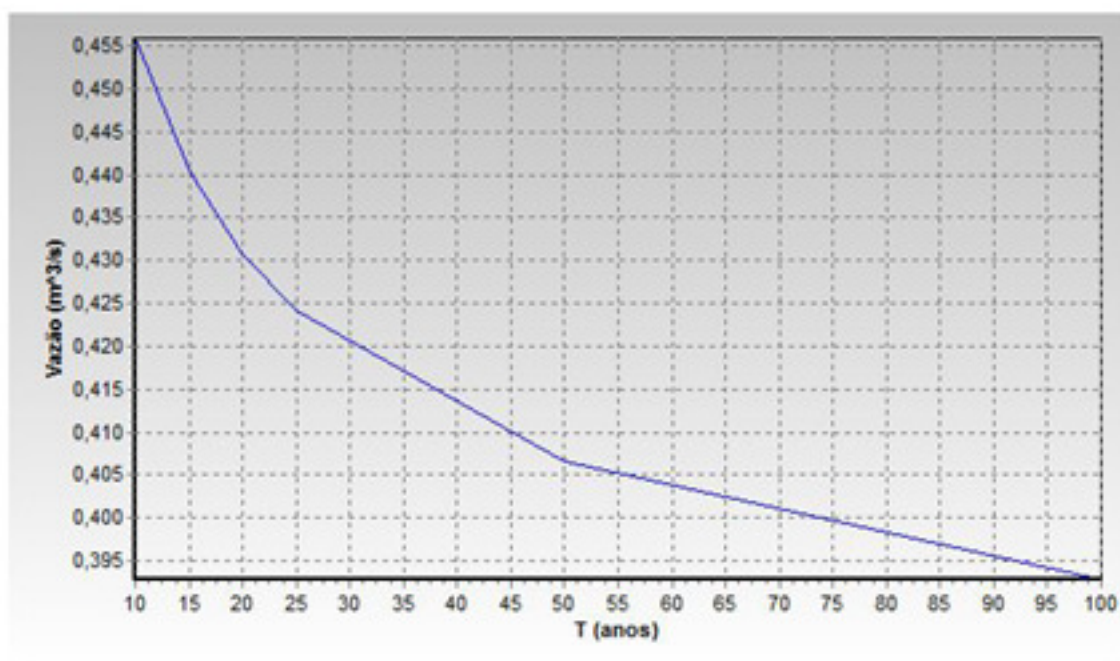


Figura 4.13 – Cálculo do $Q_{7,10}$ pelo processo de regionalização do DAEE

Fonte: DAEE

Observa-se o valor de $0,456 m^3/s$ para a $Q_{7,10}$ no local da usina, valor este inferior ao calculado com os dados dos postos fluviométricos.

A recomendação dos órgãos estaduais de meio ambiente (CETESB) e outorgas de água (DAEE) é para que o cálculo do $Q_{7,10}$ seja feito preferencialmente com dados de postos fluviométricos regionais. Ocasionalmente, na falta de um histórico de dados consistente e com o mínimo de 30 anos de dados de leitura diárias pode-se utilizar o processo de regionalização. Ademais, para o atual estudo o valor calculado com base no posto Boa Esperança do Sul (5C-027) é mais conservador do que o calculado por regionalização de vazões.

4.5 Usos consuntivos de água na bacia

Uma vez definida a vazão remanescente a ser mantida no trecho “curto circuitado”, o próximo passo foi verificar se há outorgas de uso de água existentes e programadas no rio Pinheirinhos a montante da usina de Três Quedas.

Atualmente as outorgas de uso d'água são solicitadas aos órgãos estaduais, quando se trata apenas de um curso d'água pertencente ao estado, ou diretamente a ANA quando se trata de um curso pertencente a dois ou mais estados. No caso do presente estudo há a necessidade de se consultar o banco de dados de outorgas disponibilizado pelo DAEE no site http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1614:novo-portal-de-outorgas&. O banco de dados do DAEE fornece a relação de outorgas por interessado, localização, vazão captada (ou lançada) e a duração (dias e horas ao mês).

Após o levantamento das outorgas junto ao DAEE incluindo localização, vazões captadas, vazões lançadas e usos chegou-se à conclusão que são baixos, mas não podem ser desprezados. O valor captado total corresponderia a cerca de 0,056 m³/s. Deste, 0,04 m³/s são captações de para uso em irrigação, onde grande parte retorna na forma de escoamento superficial e subterrâneo.

Desta forma, para o presente estudo optou-se por considerar para os usos consuntivos de vazões a montante o valor de **0,06 m³/s** e descontar da série de vazões médias mensais, apresentada no Anexo 14, em adição a vazão remanescente do trecho “curto circuitado”.

4.6 Série de Vazões Médias Mensais Afluentes

Uma vez determinados os descontos de vazão obrigatórios, vazão sanitária e usos consuntivos, calculou-se a série de vazões médias mensais afluentes para captação. O Anexo 15 apresenta a série de vazões médias mensais afluente e consolidada no eixo do barramento.

5 DETERMINAÇÃO DAS PERDAS HIDRÁULICAS

Pelos estudos da Engecon a queda bruta na CGH Três Quedas foi definida em 82,96 m, entretanto ao longo do sistema de captação existem singularidades que ocasionam perdas hidráulicas e reduzem altura hidráulica. Singularidades como grades, mudanças bruscas de seções ou mesmo a superfície rugosa de canais, túneis e condutos podem causar perdas de energia hidráulica.

As perdas hidráulicas são estimadas por algumas formulações. As Diretrizes para Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas, Eletrobrás (2000), apresentam algumas dessas formulações para se estimar as perdas. Nas fases de estudo de inventário, viabilidade e até mesmo projeto básico é comum as perdas hidráulicas serem estimadas sem o uso de formulações pela experiência do projetista hidráulico. Uma vez determinadas as perdas, é possível calcular a queda líquida pela subtração com a queda bruta.

Segundo a Eletrobrás (2000) as perdas podem ser calculadas com a seguinte expressão genérica:

$$h = k * \frac{V^2}{2g} \quad (5.1)$$

Onde:

h: perda carga no ponto (m);

k: coeficiente de perda hidráulica variável para cada singularidade;

V: velocidade de escoamento do fluxo (m/s);

g: aceleração da gravidade local (m/s²)

Conforme pode-se observar as perdas são função da velocidade de escoamento do fluxo d'água pelo sistema adutor. Assim, conforme varia-se o engolimento (vazão turbinada) varia-se também as perdas de carga. Para diferentes potências há, portanto, diferentes perdas. Comumente o projetista hidráulico quando busca uma aferição maior nas perdas calcula-as para uma faixa de vazões e em seguida busca uma correlação entre vazão e perdas de carga (h).

No presente estudo foram calculadas as perdas para vazões variando de 1,0 m³/s a 2,0 m³/s. Esta faixa foi escolhida levando-se em conta que 1,0m³/s é próximo a vazão com 95% de permanência, e 2,0 m³/s é próximo ao limite de capacidade do canal de adução como se verá mais adiante.

A seguir são calculadas as perdas para cada singularidade.

5.1 Perdas na tomada d'água

Junto a tomada d'água duas perdas de carga são mais comuns: perdas no canal de aproximação e perdas na grade da tomada d'água.

No caso da CGH Três Quedas não foi constatado um canal de aproximação durante as vistorias nos estudos da Itapura e da Engecon. Constatou-se apenas que a tomada d'água está localizada na margem direita, no mesmo eixo do barramento, ao lado da estrutura de comporta de fundo (descarregar de fundo) e vazão remanescente.

A Eletrobrás (2000) considera que junto a tomada d'água, as perdas na aproximação são dadas conforme a formulação seguinte:

$$h_{ca} = k_{ca} * \frac{V^2}{2g} \quad (5.2)$$

Onde:

h_{ca} : perda carga na aproximação (m);

k_{ca} : coeficiente de perda hidráulica na aproximação, variando de 0,01 a 0,1;

Para o presente estudo, na ausência de dados mais apurados considerou-se o coeficiente $k_{ca} = 0,05$. Quanto a velocidade de aproximação considerou-se as velocidades calculadas através do software *HEC-RAS@*, conforme descrito do Capítulo 5.2 seguinte.

Conforme as simulações hidrodinâmicas têm-se as seguintes velocidades a montante e jusante do canal, conforme Tabela 5.1 seguinte:

Tabela 5.1 – Velocidades ao longo do canal de adução (m/s)

Seção	V (m/s)		
	Q = 1,0 m³/s	Q = 1,5 m³/s	Q = 2,0 m³/s
montante	0,59	0,89	1,19
jusante	0,39	0,63	0,93

Com base nos valores adotados acima foram calculadas as seguintes perdas de carga, conforme Tabela 5.2:

Tabela 5.2 – Perdas de carga na aproximação da tomada d'água (m)

	Q = 1,0 m³/s	Q = 1,5 m³/s	Q = 2,0 m³/s
h_{ca}	0,0009	0,0020	0,0035

Pode-se considerar que as perdas maiores na tomada são as relativas as grades e ranhuras da comporta stop-log. As grades da tomada d'água são responsáveis por reter

materiais, como galhos e garrafas *pets*, que não devem ser transportados pelo fluxo d'água para as turbinas.

A tomada d'água e a grade da usina de Três Quedas têm as seguintes características, conforme levantado pelos estudos da Itapura:

- largura do canal: 1,50 m;
- cota do fundo do canal na tomada d'água: El. 706,83 m.s.n.m;
- altura da parede lateral do canal: 1,75 m;
- número de barras da grade no sentido horizontal: 9;
- número de barras da grade no sentido vertical: 4;
- espessura estimada das barras: 1 cm;
- distância estimada entre barras horizontalmente: 18 cm;
- distância estimada entre barras verticalmente: 40 cm;
- inclinação estimada da grade: 85°;
- modelo de barras: seção retangular.

Segundo a Eletrobrás (2000) as perdas na grade podem ser calculadas pela seguinte expressão:

$$h_{gr} = k_{gr} * \left(\frac{e_1}{e_2}\right)^{\frac{4}{3}} * \sin \theta * \frac{V^2}{2g} \quad (5.3)$$

Onde:

h_{gr} : perda carga na grade (m);

k_{gr} : coeficiente de perda hidráulica na grade;

V : velocidade de escoamento junto a grade (m/s);

e_1 : espessura da grade (m);

e_2 : espaçamento entre grades (m);

θ : inclinação da grade em relação a base;

g : aceleração da gravidade local (m/s²).

Para barras com seção retangular a Eletrobrás recomenda o coeficiente $k_{gr} = 2,4$. Quanto a velocidade do fluxo d'água junto as grades, é necessário fazer o ajuste levando-se em conta a perda de área do canal proporcionada pela área da grade. A área da grade

representa no presente estudo aproximadamente 9%, o que acrescenta a mesma proporção nas velocidades estimadas no canal apresentadas na Tabela 5.1 anterior.

Da aplicação da formulação para perdas de carga em grade apresentada pela Eletrobrás resulta nas seguintes, conforme Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Perda de carga na grade da tomada d'água(m)

	Q = 1,0 m³/s	Q = 1,5 m³/s	Q = 2,0 m³/s
h_{gr}	0,0012	0,0027	0,0047

Embora as perdas nas ranhuras dos stop-log sejam pouco significativas, levando a não ser mencionada nas Diretrizes para Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas, Eletrobrás (2000), no presente estudo de caso procurou-se fazer o seu cálculo. Neste caso optou-se por consultar uma bibliografia adicional intitulada *Formulaire des conduites forcées, oléoducts e conduits d'aération* (DUNOD – 1968).

Segundo DUNOD a perda de carga nas ranhuras de stop-log, ou comportas, pode ser calculado utilizando-se a seguinte formulação:

$$h_{st} = k_{st} * \frac{V^2}{2g} \quad (5.4)$$

Onde:

h_{st} : perda carga na ranhura do stop-log (m);

k_{st} : coeficiente de perda hidráulica na ranhura.

Por sua vez, o coeficiente k_{st} pode ser calculado com as seguintes expressões:

$$k_{st} = \left(\frac{\sigma^{1,8} - 1}{1,43 * \sigma^{1,8} + 1} \right)^2 * \sin \theta \quad (5.5)$$

Onde:

θ : ângulo da ranhura (graus);

σ : fator de forma calculado pela seguinte expressão:

$$\sigma = \frac{S + 0,25 * l * b}{S} \quad (5.6)$$

Onde:

S: área de escoamento (m²);

l: comprimento da ranhura (m);

b: profundidade da ranhura (m).

Para os cálculos foi estimado um comprimento de 0,10 m na ranhura e uma espessura de 0,05 m. O ângulo da ranhura foi admitido igual a 90°.

Uma vez efetuados os cálculos, verificou-se que de fato as perdas são irrisórias e inferiores a milímetros para o presente caso, podendo assim serem desconsideradas.

5.2 Perdas no canal de adução e no túnel

Durante os estudos da Itapura foram solicitados ao proprietário da usina levantamentos detalhados que pudessem fornecer uma geometria do canal e do túnel de adução. O canal, como já mencionado anteriormente, inicia-se a montante junto a tomada d'água, no eixo do barramento.

O conjunto de adução tem as seguintes características conforme o levantamento fornecido pelo proprietário da CGH:

- elevação do canal a montante: 706,83 m.s.n.m;
- largura do canal ao longo da adução: 1,50 m;
- altura do muro lateral no emboque: 1,75 m;
- comprimento entre montante do canal e o emboque do túnel de adução (primeiro trecho): 152 m;
- elevação do emboque do túnel: 706,41 m.s.n.m;
- largura do túnel: 1,60 m;
- altura do túnel: 2,42 m, sendo 1,80 m de parede de 0,62 m de cúpula em arco;
- comprimento do túnel: 105,00 m;
- elevação no emboque do canal de jusante (segundo trecho): 706,31 m.s.n.m;
- largura do canal: 1,50 m;
- comprimento entre desemboque do túnel e câmara de carga: 75 m;
- elevação do canal a jusante: 706,21 m.s.n.m;
- elevação do muro do canal ao longo do canal: 708,58 m.s.n.m;
- revestimento do canal e do túnel: concreto levemente poroso pelo desgaste.

Ao longo do canal existe um vertedor lateral de emergência, para o caso de cheias excepcionais no rio, e uma comporta de fundo para o esvaziamento do canal, no caso de manutenção deste.

Com base nas informações levantadas algumas conclusões preliminares podem ser visualizadas. Inicialmente entre o fundo do canal a montante e a cota do vertedouro (707,96 m.s.n.m) são 1,13 m de lâmina d'água, de modo que o túnel não opera afogado, mas em escoamento livre. A cota do vertedouro é a referência de nível de montante, havendo uma pequena variação apenas nos eventos de cheia ou quando a vazão afluyente supera a vazão de engolimento. Por fim, com uma lâmina de 1,13 m resta uma borda livre no canal de 0,62 m.

Para o cálculo das perdas no canal e túnel de adução este estudo se valeu do software *HEC-RAS®*, desenvolvido pelo órgão americano *U.S. Army Corps of Engineers*, em sua última versão, versão 5.0.3. O software *HEC-RAS®* de simulação de canais, naturais ou artificiais, próprio para a avaliação de regimes fluviais nos regimes permanente ou variado. Em seu equacionamento já estão inseridas as formulações para o cálculo das perdas de cargas distribuídas, bem como perdas localizadas por mudanças bruscas ou amenas de seções.

Inicialmente, para se realizar o estudo de fluxo d'água no canal, o operador do software deve modelar geometricamente as seções características ao longo de cada trecho. São inseridas as características de largura, altura e declividade de cada tramo. Ao final deve-se também admitir uma rugosidade de Manning para cada trecho. No presente estudo, em se tratando de um canal com concreto já poroso e desgastado admitiu-se o coeficiente de rugosidade $n=0,020$, conforme *Tabela 7.1.9 das Diretrizes para Projetos de PCH* (Eletrobrás/2000).

Uma vez carregado o modelo matemático do software com a geometria do canal deve-se fornecer condições de contorno a jusante e montante para cada vazão simulada. Neste estudo, o objetivo é se determinar o nível d'água a jusante para cada vazão simulada, e assim por diferença com o nível d'água de montante fixo (El. 707,96 m) determinar a perda de carga ao longo do sistema de adução.

A Tabela 5.4 seguinte apresenta um resumo dos resultados obtidos pela simulação do canal e túnel de adução pelo software *HEC-RAS®*.

Tabela 5.4 – Resultados da simulação do canal de adução

Seção	Fundo (m.s.n.m)	NA (m.s.n.m)		
		Q = 1,0 m³/s	Q = 1,5 m³/s	Q = 2,0 m³/s
montante	706,83	707,96	707,96	707,96
jusante	706,21	707,90	707,80	707,64
perdas (Δh)	0,62	0,06	0,16	0,32

Conforme observa-se na tabela anterior embora o desnível entre as seções tenha sido de 0,62 m a perda de carga (Δh) foi inferior a 0,34 m, o que indica que o canal opera em remanso.

Além dos níveis d'água o software ainda apresenta como saída de simulação as velocidades do fluxo d'água a cada seção, tal como apresentado anteriormente na Tabela 5.1.

Adicionalmente foi simulado a máxima vazão com a qual o canal nas atuais condições poderia estar operando. Conforme apresentado na Tabela 5.4 a medida que a vazão de engolimento aumenta o nível d'água na última seção, e por consequência na câmara de carga, diminui. Embora não se tenha detalhes sabe-se que a câmara de carga tem dimensões reduzidas e na saída desta está o conduto forçado com diâmetro de 800 mm. Assim, na pior situação a geratriz superior do conduto forçado está na El. 707,01 m.s.n.m, ou seja, a elevação do fundo do canal a jusante acrescida do diâmetro do conduto forçado. Afim de que não seja possível durante a operação a entrada de ar no conduto forçado, o que levaria a danificar a turbina, o nível de jusante deve ficar acima desta elevação da geratriz, o que é basicamente a função de uma câmara de carga. Após algumas simulações chegou-se a conclusão que até o valor de 2,4 m³/s é possível operar o canal de adução sem risco a turbina.

Outra constatação que as simulações hidrodinâmicas levantaram foi que qualquer elevação na cota operacional de montante praticamente levaria ao túnel de adução trabalhar afogado. Uma elevação no vertedouro em 1 m já seria suficiente para que o túnel trabalhasse afogado. Além disso, poderia comprometer, por transbordamento em cheias, as edificações localizadas acima do túnel, conforme Figura 1.1.

5.3 Perdas no Conduto Forçado

De acordo com os estudos da Itapura o conduto forçado parte da câmara de carga para a casa de força a partir de um único conduto em aço com cerca de 120 m de comprimento. Este único conduto forçado é formado por 3 trechos distintos de diferentes diâmetros.

O primeiro trecho tem cerca de 45,50 m e inicia-se na câmara de carga com diâmetro de 800 mm. O segundo trecho, com diâmetro de 750 mm, tem um comprimento aproximado de 48,50 m, e o último trecho, com um comprimento de 26 m tem um diâmetro de 700 mm. Não se tem conhecimento do comprimento das transições, então neste estudo será adotado o comprimento de 1 m.

Segundo a Eetrobrás (2000), a perda de carga na entrada do conduto forçado é dada pela seguinte expressão:

$$h_e = k_e * \frac{V^2}{2g} \quad (5.7)$$

Onde:

h_e : perda carga na entrada do conduto (m);

k_e : coeficiente de perda hidráulica na entrada do conduto;

V : velocidade de aproximação (m/s);

g : aceleração da gravidade local (m/s²)

O coeficiente de perda hidráulica k_e é estimado de acordo com o tipo de orifício de entrada, conforme Figura 5.1 a seguir. No presente estudo foi adotada uma aresta ligeiramente arredondada com coeficiente $k_e = 0,23$. Para a velocidade de aproximação adotou-se a velocidade da seção de jusante do canal, conforme simulação hidrodinâmica pelo software *HEC-RAS®* apresentada anteriormente na Tabela 5.1.

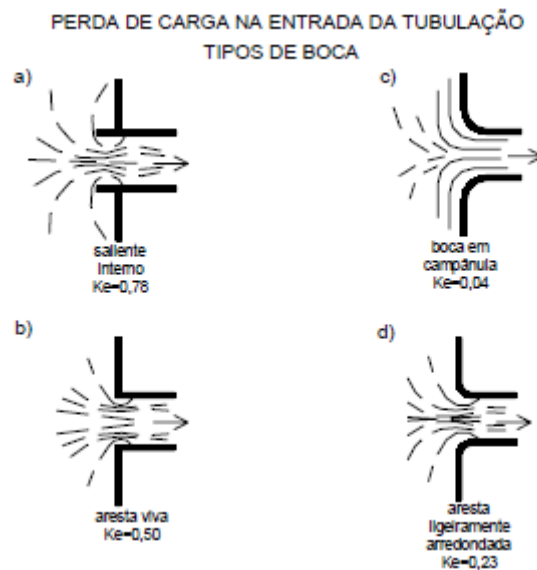


Figura 5.1 – Coeficientes de perda de carga – bocal do conduto forçado

Fonte: Eletrobrás (2000)

Da aplicação da formulação anterior obtêm-se os seguintes resultados de perda na entrada do conduto forçado.

Tabela 5.5 – Perdas na entrada do conduto forçado (m)

	$Q = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q = 2,0 \text{ m}^3/\text{s}$
h_e	0,0018	0,0047	0,0101

As perdas por atrito no conduto forçado, segundo a Eletrobrás (2000), são dadas pelas equações (16) e (17) seguintes.

$$J = 410 * k_a * \frac{V^{1,9}}{D^{1,1}} \quad (5.8)$$

Onde:

J: perda carga linear do conduto (m/km);

k_a : coeficiente de perda hidráulica por atrito por tipo de conduto;

V: velocidade do fluxo (m/s);

D: diâmetro interno do conduto (m);

g: aceleração da gravidade local (m/s²)

$$h_a = J * L \quad (5.9)$$

Onde:

L: comprimento do conduto forçado (km);

h_a : perda por atrito no conduto forçado (m)

Admitindo-se, conforme Eletrobrás (2000), k_a igual a 0,32, referente a revestimento em aço, obtêm-se as seguintes perdas por atrito ao longo do conduto forçado, conforme Tabela 5.6 .

Tabela 5.6 – Perdas por atrito ao longo do conduto forçado (m)

	Q = 1,0 m³/s	Q = 1,5 m³/s	Q = 2,0 m³/s
h_a	0,62	1,34	2,32

Nas reduções cônicas a Eletrobrás (2000) sugere a utilização da seguinte formulação:

$$h_r = k_r * \frac{V^2}{2g} \quad (5.10)$$

Onde:

h_r : perda carga na redução cônica do conduto forçado (m);

k_r : coeficiente de perda hidráulica na redução cônica;

V: velocidade a jusante da redução (m/s);

g: aceleração da gravidade local (m/s²)

Admitindo-se k_r no valor de 0,0075, referente ao valor médio da sugerido pela Eletrobrás (2000), obtêm-se as seguintes perdas em função da redução cônica, conforme Tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Perdas por redução cônica no conduto forçado (m)

	Q = 1,0 m³/s	Q = 1,5 m³/s	Q = 2,0 m³/s
h_r	0,0045	0,0102	0,0182

No trecho inferior jusante do conduto forçado há uma curva, com ângulo aproximado de 36°, a qual permite que fluxo seja direcionado horizontalmente para a turbina tipo Francis Eixo Horizontal, abrigada na casa de força.

A Eletrobrás (2000) sugere o uso da seguinte formulação para o cálculo da perda de carga na curva de um conduto forçado:

$$h_c = k_c * \frac{V^2}{2g} \quad (5.11)$$

Onde:

h_c : perda carga na curva do conduto forçado (m);

k_c : coeficiente de perda hidráulica de acordo com a deflexão na curva;

V : velocidade a jusante da redução (m/s);

g : aceleração da gravidade local (m/s²)

O coeficiente de perda de carga k_c depende do ângulo de deflexão da curva conforme Tabela 5.8 a seguir extraída de Eletrobrás (2000).

Tabela 5.8 – Coeficiente de perda de carga em função do ângulo de deflexão

ÂNGULO DE DEFLEXÃO	k_c
< 10°	0
10° a 15°	0,03
15° a 30°	0,06
30° a 45°	0,09
> 45°	0,13

Fonte: Eletrobrás (2000)

Os valores de k_c da tabela anterior são válidos apenas quando a relação seguinte for satisfeita:

$$\frac{R}{D} \geq 2 \quad (5.12)$$

Onde:

R : raio da curva (m);

D : diâmetro do conduto forçado (m).

Embora não se disponha de valores exatos do raio da curva, um croqui em formato digital fornecido pelo proprietário durante os estudos da Engecon (2007) permitiu estimar o raio da curva. Com o uso do software *Autocad®* foi estimado um raio mínimo de 3,23 m. Assim, a relação com o diâmetro do conduto forçado, 0,70 m, resultou no valor 4,61, confirmando a validade dos coeficientes da Tabela 5.8 anterior. Para o presente estudo foi assumido então o valor $k_c=0,09$.

Com base nos valores assumidos foram determinadas as seguintes perdas de carga referente a deflexão na curva do conduto forçado, conforme Tabela 5.9.

Tabela 5.9 - Perdas por deflexão no conduto forçado (m)

	$Q = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q = 2,0 \text{ m}^3/\text{s}$
h_c	0,0310	0,0697	0,1239

5.4 Perdas de carga totais no circuito hidráulico

Os cálculos anteriores permitem estimar uma perda de carga total no circuito hidráulico desde a tomada d'água até a entrada na turbina.

Embora as principais perdas tenham sido levadas em conta na estimativa para este estudo de caso não se deve ignorar que há perdas adicionais que não foram levadas em conta, basicamente por falta de dados fornecidos pelo proprietário da usina. É o caso da câmara de carga.

Ainda assim, as próprias *Diretrizes para Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas* (Eletrobrás – 2000) ignoram a necessidade de cálculo em outras estruturas. O motivo é que o modelo proposto pela Eletrobrás é simplificado, e o mínimo necessário para a estimativa da queda líquida. É comum durante os projetos básicos de usinas hidrelétricas os estudos hidráulicos admitirem perdas estimadas na experiência do projetista, ou quando as perdas são mais evidentes, como em grandes usinas, recorrer-se a formulações hidráulicas mais precisas.

Após a soma de todas as perdas de carga calculadas anteriormente obtêm-se a perda total conforme Tabela 5.10 seguinte.

Tabela 5.10 – Perdas de cargas totais no circuito adutor (m)

	$Q = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q = 2,0 \text{ m}^3/\text{s}$
perdas totais (ΔH)	0,7219	1,5942	2,8038

Durantes os estudos energéticos, os quais serão apresentados no Capítulo 6 seguinte, são feitas diversas simulações variando-se a vazão turbinada para se determinar a potência instalada e a energia gerada. Devido a gama de vazões simuladas torna-se pouco prático o recálculo das perdas de carga para cada vazão uma vez que, como visto na Tabela 5.10 anterior, ela é bastante variável.

Alguns modelos de simulação energética inclusive não levam em conta a variação da perda de carga em função da variação da vazão. É o caso, por exemplo, do modelo *SINV@* (Sistema de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas) disponibilizado pela Eletrobrás/CEPEL, atualmente na versão 6.2. Este modelo, bastante utilizado para estudos de inventários hidrelétricos, não leva em conta a variação da perda de carga em função da vazão turbinada, sendo admitido apenas uma perda estimada constante.

Então, comumente nos estudos energéticos de projetos básicos, é definida uma curva de perda hidráulica (ΔH) em função da vazão turbinada. Com base nesta curva pode-se ajustar uma equação interpolada, com o auxílio do software *Excel®* permitindo obter as perdas de carga para outras vazões. Este foi o motivo pelo qual no presente estudo determinou-se perdas de carga variando entre 1,0 a 2,0 m³/s de vazão turbinada.

O gráfico seguinte, Figura 5.2, apresenta-se a curva interpolada pelos valores mostrados na Tabela 5.10 anterior.

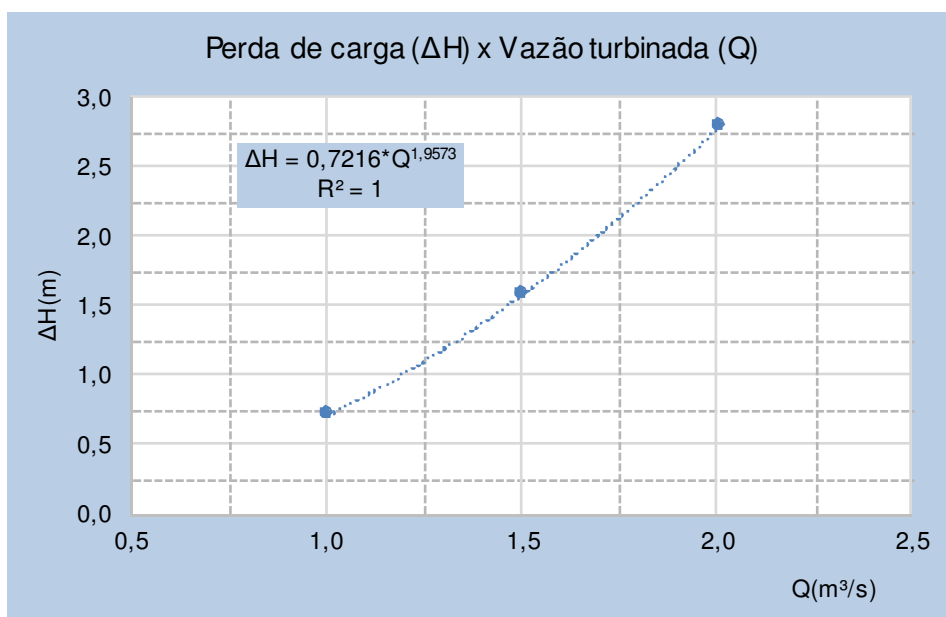


Figura 5.2 – Perda de carga em função da vazão turbinada

Da figura anterior obtêm-se a equação de ajuste potencial apresentada a seguir. O coeficiente de determinação (R^2) igual a 1 indica que houve uma excelente correlação entre os valores plotados no gráfico e a equação de ajuste potencial.

$$\Delta H = 0,7216 * Q^{1,9573} \quad (5.13)$$

Onde:

ΔH : perda de carga no sistema adutor (m);

Q: vazão turbinada (m³/s).

Uma vez determinadas as perdas de carga do sistema adutor, pode-se proceder com os estudos de simulação energética da usina, avaliando-se as alternativas de repotencialização.

6 ALTERNATIVAS DE REPOTENCIALIZAÇÃO E ESTUDOS ENERGÉTICOS

Após os estudos hidrológicos e de perdas de carga observa-se que a usina de Três Quedas tem potencial para uma geração maior de energia. O sistema adutor permite uma capacidade maior de engolimento de água, bem como a vazão com permanência de 95% já forneceria uma potência instalada superior ao informado pelo proprietário.

Outrossim, os estudos da Itapura levantaram que o conjunto turbina-gerador opera a baixo rendimento, próximo a 76%. Outra característica que vem limitando a capacidade de geração da usina é a altura reduzida de seu barramento, com apenas 3,12 m, sendo 1,58 m no vertedouro.

Durante os estudos de *Inventário Hidrelétrico do rio Pinheirinhos* (Engecon – 2007) foi levantada a curva cota x área x volume do eixo da usina de Três Quedas. Segundo o gráfico representativo, conforme apresentado na Figura 6.1 a seguir, as dimensões do reservatório são ínfimas, podendo ser inclusive considerado que o barramento tem a função apenas de direcionar o fluxo de água para a tomada d'água. Para o atual nível d'água operacional de montante (El. 707,96 m.s.n.m) tem-se um volume armazenado de cerca de 33 mil m³ e uma área de inundação de 25 mil m².

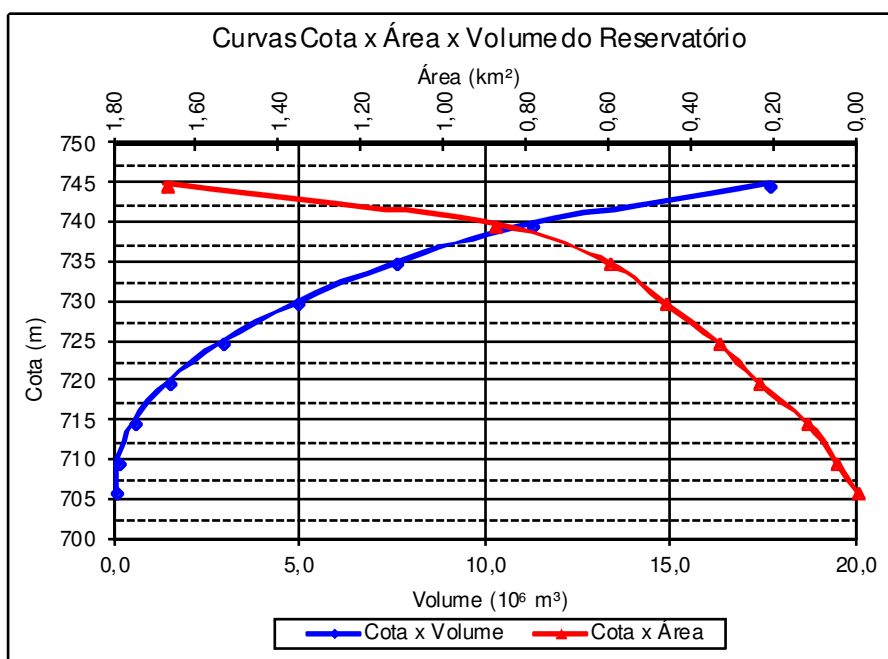


Figura 6.1 – Curva cota x área x volume no eixo da usina de Três Quedas

Fonte: ENGECON (2007)

Por outro lado, observando-se as linhas d'água estudadas durante o Capítulo 5.2 constatou-se que não é possível elevar consideravelmente o nível d'água de montante sem

que isto comprometa não só o túnel de adução como as edificações localizadas acima do túnel.

Outra questão a ser levada pelo presente estudo de caso é a preservação do patrimônio histórico que representa a usina em questão. Além de não buscar grandes obras que inviabilizariam a repotencialização da usina, procurou-se não descaracterizar muito as estruturas quase seculares, em especial a casa de força.

Assim, de início, pode-se levantar as seguintes opções de repotencialização:

1. Máximo engolimento para condição atual de barramento e captação, com a substituição do conjunto turbina-gerador por um com capacidade e rendimentos maiores;
2. Máximo engolimento para condição atual de barramento e captação, com a substituição do conjunto turbina-gerador por duas turbinas visando maior flexibilidade de operação.

As possibilidades de um aproveitamento energético ainda maiores são evidentes se for levado em conta a elevação do nível d'água máximo normal (NA máx. normal) próximo ao que foi estudado pela Engecon (2007). Em uma das alternativas foi estudada a opção de se elevar o nível d'água de montante em mais 30 m de altura. Entretanto, este tipo de alternativa levaria a uma nova concepção de arranjo, diferente do proposto no atual estudo de caso.

Uma elevação substancial de nível d'água, como proposta pela Engecon, necessitaria antes de mais nada um novo barramento, possivelmente em terra e enrocamento. A captação existente não poderia ser mais utilizada. Necessitar-se-ia de uma nova tomada d'água, em adição a um canal adutor, ou túnel, seguindo um novo traçado (caminhamento). Também uma nova câmara de carga, e um novo conjunto de conduto(s) forçado(s) seria(m) necessário(s) a uma nova casa de força.

Conforme se observa na Figura 1.1 – Planta do arranjo geral da CGH Três Quedas, um aumento da cota operacional de montante não só levaria a uma elevação do barramento, como a uma elevação do canal, do túnel e desmobilização dos atuais edifícios operacionais da usina. Elevações no nível do canal poderiam ter ainda outras alternativas de arranjo, como mencionado anteriormente.

Quando se leva em conta que todas as estruturas seriam novas, possivelmente uma das soluções propostas pela Engecon, com a alteração da localização da casa de força para 1,5 km a jusante, teria um retorno financeiro melhor. Entretanto, como exposto pelos

proprietários em 2007 após a finalização dos estudos da Engecon, demandaria um alto custo de investimento, bem como um processo de concessão, construção e operação longos, sem falar no licenciamento ambiental, que naquele momento não produziria um retorno mais imediato.

6.1 Características básicas para o cálculo

A formulação básica para o cálculo energético é a Eq.(4.2) apresentada anteriormente no Capítulo 4.3 e reproduzida a seguir, devidamente ajustada:

$$E_i = g * H_{li} * Q_i * \eta \quad (6.1)$$

Onde:

E_i : Energia média mensal gerada no mês i em **kW**;

g : aceleração da gravidade local – adotado **9,81 m/s²**;

H_{li} : queda líquida média no mês i em **m**;

Q_i : vazão média mensal turbinada no mês i em **m³/s**;

η : rendimento do conjunto turbina-gerador.

Portanto, a energia média mensal gerada em um determinado mês do histórico de vazões média mensais dependerá da queda líquida média gerada, da vazão média mensal turbinada e dos rendimentos adotados.

As vazões médias mensais turbinadas dependem não só das vazões afluentes disponíveis, mas da capacidade de engolimento da turbina. Uma vez determinada a potência de uma turbina para as características físicas locais, quedas líquidas máximas e vazões máximas, dispõe-se das suas condições máximas operacionais, também denominadas nominais.

Entretanto, turbinas não devem ser operadas com vazões muito abaixo das vazões nominais de engolimento. Quando operadas a vazões mais baixas, e consequentemente velocidades mais baixas, pode ocorrer o fenômeno de cavitação nas pás da turbina. O fenômeno de cavitação nada mais é do que a formação de bolhas de vapor nas pás devido a redução de pressão, consequência da redução de vazão. Essas bolhas de vapor com o tempo acabam por desgastar o aço das pás levando a uma redução sensível da vida útil da turbina. A fim de se evitar o desgaste por cavitação o projeto das turbinas hidráulicas deve fornecer o limite inferior operacional de vazão turbinada, e abaixo dessa condição a turbina deixa de operar.

Cada turbina apresenta um valor de vazão turbinada mínima mas que é desconhecida durante as fases iniciais de projetos de motorização (cálculo energético) das usinas, sendo fornecido pelo fabricante. A Eletrobrás (2000) sugere a adoção do valor de **50% da vazão nominal** para o mínimo engolimento.

Outra informação que depende do fabricante é o rendimento operacional da turbina. Costumeiramente durante os estudos energéticos são admitidos rendimentos na ordem de 93% para as turbinas. Já para os geradores elétricos são admitidos rendimentos na ordem de 97%. Assim, o rendimento associado do conjunto turbina-gerador costuma ser adotado como sendo de 90%. Em consulta aos estudos da Itapura observou-se que foram utilizados rendimentos associados desta ordem.

Outrossim, durante o presente estudo de caso foram consultados especialistas na área operação de turbinas hidráulicas os quais informalmente comentaram que turbinas de pequeno porte não tem bom rendimento, podendo ficar próximo ao rendimento de 80%. De fato, consultando as Diretrizes para Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas (Eletrobrás 2000) sugere-se ter um rendimento associado para conjunto turbina-gerador na ordem de 85%, e para o gerador a Eletrobrás (2000) sugere o valor de 97%. Assim, para o presente estudo será adotado um valor de rendimento aproximado de 87% para a turbina, resultando num rendimento associado do conjunto de **85%**.

Quanto a queda líquida média, esta é obtida pela subtração das perdas de carga média na queda bruta. A queda bruta depende da diferença entre os níveis d'água de montante e de jusante. O nível d'água de montante, fora eventos de cheia, pode ser considerado constante e igual a elevação 707,96 m.s.n.m, visto que se tratando de uma usina a fio d'água o vertedouro de soleira livre controla este nível operacional de montante.

O nível d'água de jusante está condicionado ao nível no canal de fuga da usina. Este nível é influenciado pela chamada curva-chave do canal de fuga. Basicamente, a curva-chave associa um valor de nível d'água a cada vazão. Quando se dispõe de dados de uma estação limnimétrica localizada na saída do canal de fuga pode-se traçar esta curva com grande exatidão. A estação registra valores de níveis d'água, os quais associados a valores de leitura de vazão no mesmo dia e horário permitem se traçar uma curva característica para o local. Algumas vezes, pode-se ainda, com poucas leituras cota-vazão, traçar uma curva-chave por métodos de cálculo hidráulicos conhecendo-se a geometria de seções transversais do leito do rio no local de medição. O método mais conhecido e usual é o *Método de Stevens*.

Na presente usina o proprietário não dispôs de levantamentos limnimétricos ou topográficos que permitissem esboçar uma curva-chave de jusante. Tão pouco um histórico de medições vazão no canal de fuga. A informação disponibilizada pelo proprietário é de que o nível d'água médio estava na elevação 625,09 m.s.n.m. A Eletrobrás (2000) sugere a adoção de um valor médio para o nível de jusante quando não se dispõe de outros dados nos estudos de viabilidade e inventário hidroelétrico. Entretanto, a nível de projeto básico faz-se necessário a concepção de uma curva-chave para se obterem resultados mais precisos.

No presente estudo, tratando-se de um estudo de viabilidade de repotencialização, a adoção de um valor médio para o nível d'água de montante não deve ocasionar grandes discrepâncias nos resultados, isto porque a curva-chave depende da variação de vazões locais. Conforme foi observado no Anexo 14 – Usina Três Quedas – Vazão Médias Mensais Naturais (m^3/s) e na Figura 4.12 - – Usina Três Quedas – Permanência de vazões médias mensais, as vazões no local da usina variam pouco ao longo do seu histórico e em função das fotos da Engecon (2007) em visita a campo pode-se constatar uma seção natural no leito bastante larga imediatamente a jusante da casa de força, a qual iria “ditar” os níveis no canal de restituição. Assim, pode-se considerar que o nível de jusante tem pouca alteração, e a queda bruta é constante e igual a **82,87 m**.

Quanto às perdas de carga, conforme visto no Capítulo 5, estas dependem não só da configuração da adução, como das vazões turbinadas. Por este motivo, conforme já mencionado no Capítulo 5.4, durante a avaliação das perdas de cargas procurou-se calcular uma faixa de vazões turbinadas que permitisse traçar uma relação entre perdas hidráulicas em função das vazões turbinadas, conforme Eq. (5.13).

Desta forma tem-se todos os elementos admitidos e calculados de modo a simular a energia média mensal gerada.

6.2 Alternativa 1 – Substituição do conjunto turbina-gerador por um de maior capacidade de geração

Nesta alternativa, visando determinar a potência ótima a ser instalada, deverá ser simulada uma faixa de vazões de engolimento, associada a potências instaladas.

Para a simulação foi criada uma série de tabelas em ambiente *Excel®* no qual, a partir da vazão de engolimento, é calculada a potência máxima gerada e a energia média gerada para cada mês do histórico de vazões médias mensais, conforme apresentado no Anexo 15. As tabelas geradas no *Excel®* foram subdivididas nas seguintes características:

- vazões médias mensais afluentes disponíveis: nesta tabela estão apresentados mês a mês os valores de vazões médias mensais, conforme apresentado no Capítulo 4.6;
- vazões turbinadas: nesta tabela são apresentados os valores turbinados a cada simulação de motorização. Os valores turbinados não poderão ser superiores a vazão média afluente e nem inferior a 50% da vazão nominal da turbina;
- perdas de carga: nesta tabela são apresentadas as perdas de carga associadas a cada vazão turbinada em função da Eq. (5.13);
- nível d'água de montante: nesta tabela são apresentados os níveis d'água junto a tomada d'água, os quais são mantidos pela cota do vertedouro. Neste estudo fixou-se o N.A. de montante constante e igual a 707,96 m.s.n.m;
- nível d'água no canal de fuga: nesta tabela são apresentados os níveis mensais médios no canal de fuga associados ao valor da descarga de vazão. Conforme mencionado anteriormente este valor foi fixado na elevação 625,09 m.s.n.m;
- queda líquida: nesta tabela apresenta-se a queda bruta (N.A. montante – N.A. jusante) subtraída das perdas de carga;
- energia gerada: nesta tabela apresenta-se, mês a mês, os cálculos de energia gerada (MW) a partir da Eq. (6.1) e levando-se em conta os rendimentos já adotados anteriormente.

Foram simuladas potências instaladas variando de 0,9 MW, próximo ao valor de potência instalada com vazão de 95% de permanência, até a 1,5 MW próximo ao valor para a máxima vazão turbinada, conforme mencionado no Capítulo 5.2.

A tabela seguinte, Tabela 6.1, apresenta um resumo dos resultados obtidos de simulações energéticas. Enquanto do Anexo 16 ao Anexo 19 são apresentados os resultados de simulação para uma das simulações de motorização.

Tabela 6.1 – Resumo das simulações energéticas – Alternativa 1

Potência (MW)	Engol. Nominal (m³/s)	Queda bruta (m)	Perda de carga (m)	Queda líquida (m)	Energia (MWm)		FC
					Firme	Média	
0,9	1,37	82,87	1,01	81,86	0,475	0,738	0,53
1,0	1,52	82,87	1,15	81,72	0,463	0,780	0,46
1,1	1,68	82,87	1,29	81,58	0,456	0,802	0,41
1,2	1,82	82,87	1,40	81,47	0,445	0,821	0,37
1,3	1,92	82,87	1,50	81,37	0,408	0,829	0,31
1,4	2,12	82,87	1,59	81,28	0,358	0,829	0,26
1,5	2,27	82,87	1,67	81,20	0,327	0,824	0,22

Conforme pode-se observar pela tabela anterior a energia média tende a subir até a potência instalada de 1,4 MW. Acima deste valor começa a haver uma redução de energia média. Isto se dá por causa da vazão de engolimento nominal. Uma vez que o engolimento mínimo da turbina foi imposto em 50% do engolimento nominal, acima de determinada vazão nominal a turbina fica parada em grande parte do tempo, sem produzir energia, pois a vazão afluente do rio é inferior a 50% do engolimento nominal.

Na Tabela 6.1 apresentada anteriormente a energia firme (MWm) foi calculada considerando-se a média mensal gerada no chamado Período Crítico hidrológico da região Sudeste brasileira, o qual está compreendido entre junho de 1949 a novembro de 1956. Quando não se dispõe de uma série hidrológica extensa que compreenda o Período Crítico, a Eletrobrás sugere considerar a energia firme como a energia com 95% de permanência.

Observa-se ainda que o fator de capacidade (FC) da usina tende a valores mais baixos do que o valor proposto pela Eletrobrás (2000), $FC=0,55$, o qual é uma estimativa inicial para o cálculo da potência instalada.

Adicionalmente para cada potência instalada simulada foi gerado um gráfico de permanência de energia geradas médias (MWm), tal qual o gráfico apresentado na Figura 6.2 a seguir.

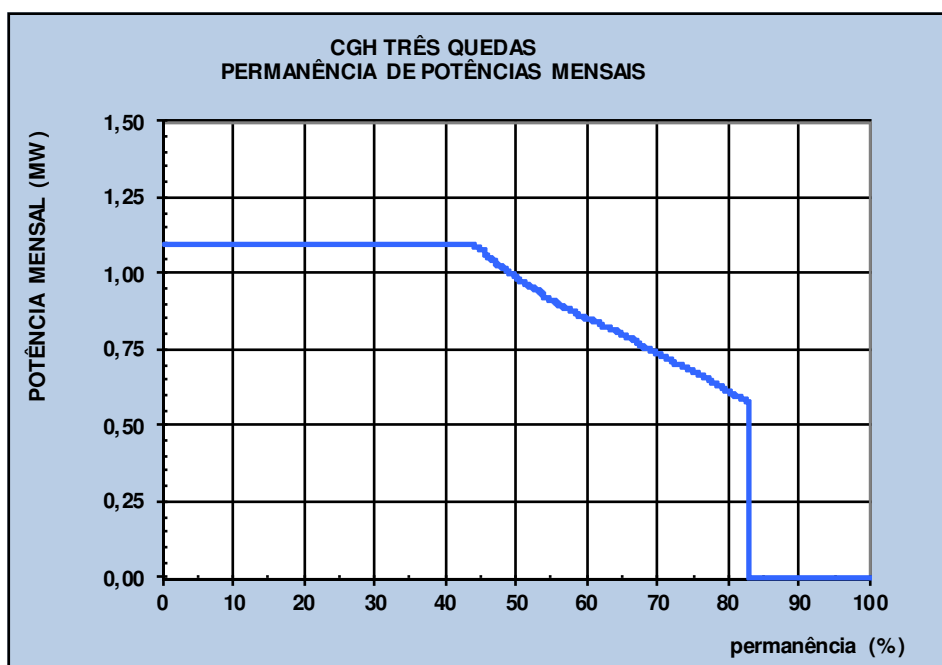


Figura 6.2– Exemplo de simulação – $P_{inst} = 1,1$ MW – Permanência de energias (MWm)

O gráfico anterior permite ter uma noção da frequência de tempo no qual é possível ter gerações de energia superiores a determinado valor. Por exemplo, na simulação da Figura 6.2 é possível afirmar que há gerações de 1 MW em 40% do tempo de operação. Por outro

lado, observa-se que em 17% do tempo a usina permanece parada sem qualquer geração. Isto é a somatória dos momentos da série histórica onde a vazão afluente disponível é menor que 50% da vazão nominal da turbina.

6.3 Alternativa 2 - Substituição do conjunto turbina-gerador por dois conjuntos turbina-geradores

Para a segunda alternativa de estudo será avaliada a possibilidade de substituir o conjunto turbina-gerador atual por dois conjuntos turbina-gerador. No início do presente estudo de caso cogitou-se a substituição do conjunto existente por dois conjuntos novos. Entretanto ao longo deste estudo, e após as simulações da Alternativa 1, notou-se que poderia ser uma solução mais econômica para esta alternativa recondicionar a turbina existente, melhorando seu rendimento, e instalar uma turbina adicional nova. Assim, ter-se-ia uma turbina existente com 640 kW de potência nominal, conforme a CSPE, com rendimento de cerca de 87%, em adição a uma nova turbina com potência nominal a ser definida.

Para a instalação desta segunda turbina necessitar-se-á de uma reacomodação do conjunto turbina-gerador dentro da casa de força. Possivelmente, para se aproveitar o canal de restituição existente uma alteração simplificada do layout com um aumento de largura da sala de máquinas será necessária, sem que isso descaracterize muito a casa de força ou venha a ser uma obra que levasse a construção de uma nova casa de força. A Figura 6.3 a seguir apresenta um croqui de como seria o layout sugerido para a casa de força.

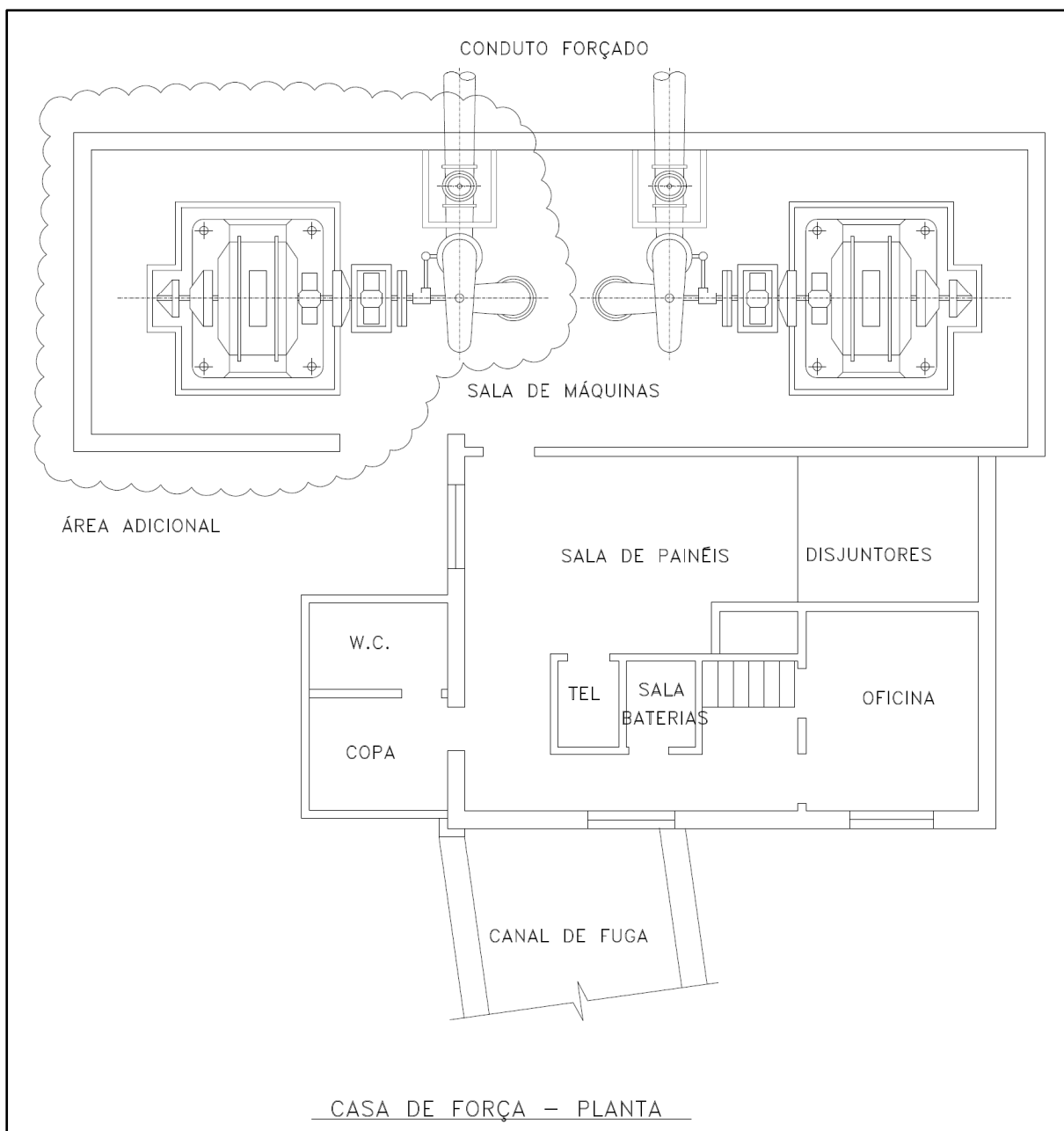


Figura 6.3 – Alternativa 2 - Layout da casa de força

Além da adequação da casa de força para a instalação de um segundo conjunto será necessário a adequação do conduto forçado com a instalação de uma bifurcação a montante da casa de força. Num estudo de detalhamento costuma-se avaliar o diâmetro mais econômico para a implantação. Outrossim, a introdução de uma bifurcação gera novas perdas de carga que não podem ser desprezadas.

Novamente foi consultada a Eetrobrás (2000) que forneceu para o cálculo da perda de carga na bifurcação a seguinte formulação:

$$h_b = k_b \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (6.2)$$

Onde:

h_b : perda carga na bifurcação (m);

k_b : coeficiente de perda hidráulica na bifurcação;

V : velocidade a montante da redução (m/s);

g : aceleração da gravidade local (m/s²)

Para o presente estudo foi adotado $k_b=0,25$, bifurcação com uso duplo segundo Eetrobrás (2000). Aplicando-se a Eq. (6.2) obtêm-se as perdas conforme a Tabela 6.2 seguinte.

Tabela 6.2 – Perdas de cargas na bifurcação do conduto forçado (m)

	Q = 1,0 m³/s	Q = 1,5 m³/s	Q = 2,0 m³/s
h_b	0,0860	0,1936	0,3441

Recalculando-se as perdas totais de adução e interpolando-se uma nova equação de ajuste entre a vazão turbinada e as perdas hidráulicas obtêm-se a seguinte equação:

$$\Delta H = 0,8076 \cdot Q^{1,9619} \quad (6.3)$$

Diferente da Alternativa 1, nesta alternativa tem-se duas turbinas, sendo que uma seria a turbina existente e recondicionada para operar com um rendimento maior, de 87%, resultando num rendimento do conjunto turbina-gerador de 85%. Esta turbina será mantida com a potência nominal de 640 kW, conforme informado pela CSPE, e para gerar esta potência nominal foram simuladas vazões até se obter a vazão turbinada aproximada de 0,94 m³/s. Lembrando-se que de acordo com o Capítulo 4.3, a vazão com 95% de permanência está em torno de 0,92 m³/s, sem os descontos da vazão remanescente.

Então, pode-se afirmar que retirando-se os descontos por vazão sanitária e uso consultivo temos uma garantia de cerca de 75% do tempo desta turbina estar operando na potência nominal. Além disso, operando com 50% da sua vazão nominal (cerca de 0,47 m³/s) esta turbina pode trabalhar com uma faixa de vazões menores.

Ao se colocar então uma segunda turbina pode-se aproveitar uma faixa de vazões afluentes superior. Basicamente é o que as simulações energéticas desta alternativa procuraram explorar.

Repetindo-se os mesmos critérios e procedimentos de cálculo da Alternativa 1 obteve-se o seguinte resumo de resultados, conforme apresentado na Tabela 6.3. Nesta alternativa foram simuladas potências instaladas entre 0,9 MW a 1,6 MW.

Tabela 6.3 - Resumo das simulações energéticas – Alternativa 2

Potência (MW)	Engol. Nominal (m³/s)	Queda bruta (m)	Perda de carga (m)	Queda líquida (m)	Energia (MWm)		FC
					Firme	Média	
0,9	1,33	82,87	1,10	81,77	0,519	0,758	0,58
1,0	1,48	82,87	1,27	81,60	0,539	0,810	0,54
1,1	1,64	82,87	1,45	81,42	0,557	0,856	0,51
1,2	1,79	82,87	1,60	81,27	0,572	0,896	0,48
1,3	1,95	82,87	1,76	81,11	0,585	0,929	0,45
1,4	2,12	82,87	1,92	80,95	0,597	0,959	0,43
1,5	2,29	82,87	2,06	80,81	0,607	0,984	0,40
1,6	2,46	82,87	2,20	80,68	0,615	1,006	0,38

Lembrando-se que conforme mencionado no Capítulo 5.2 as simulações hidráulicas do canal de adução indicaram a possibilidade de se ter uma vazão turbinada de até 2,4 m³/s, sem que para isso seja comprometida a adução para o conduto forçado na câmara de carga. Assim, no presente estudo de caso, embora a energia média gerada ainda estivesse aumentando com o aumento da potência nominal, o limite de motorização não deve chegar a 1,6 MW. Acima disto seriam necessárias diversas adequações no sistema de adução.

As tabelas dos Anexo 20 a Anexo 23 apresentam um exemplo de simulação para umas das potências instaladas, no caso 1,50 MW.

Para a potência instalada simulada no exemplo anterior foi gerado um gráfico de permanência de energia geradas médias (MWm), apresentado na Figura 6.4 a seguir, tal qual o gráfico apresentado na Alternativa 1.

Na simulação da Figura 6.4 é possível afirmar que há gerações de 1,5 MW em 20% do tempo de operação, enquanto que em 6% do tempo a usina permanece parada sem qualquer geração.

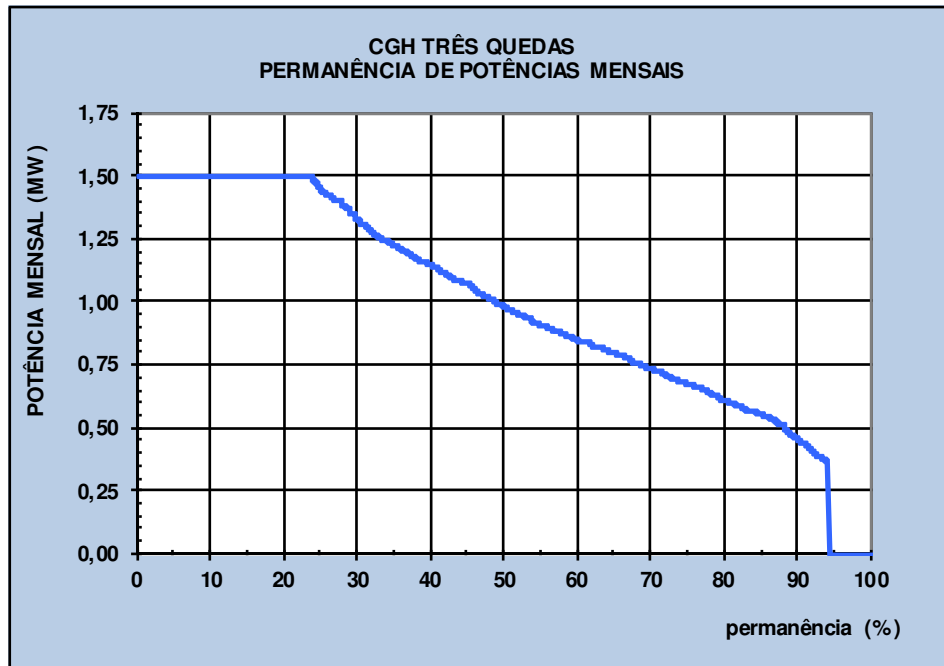


Figura 6.4 – Exemplo de simulação – $P_{Inst} = 1,5$ MW – Permanência de energias (MWm)

No capítulo seguinte, como base nas simulações de motorização será apresentado o estudo econômico que permitirá selecionar a potência instalada de repotencialização.

7 SELEÇÃO DE ALTERNATIVA

A seleção da potência de instalação de uma usina hidrelétrica, tanto um novo aproveitamento quanto uma re-motorização, depende mais do que selecionar a alternativa com maior geração. É necessário avaliar a energia média gerada e se o retorno financeiro compensa o custo de instalação de equipamentos.

As tabelas de resumo energético apresentadas anteriormente, Tabela 6.1 e Tabela 6.3, mostraram as potências instaladas em função das vazões turbinadas e as consequentes energias médias geradas.

Como já comentado anteriormente percebeu-se na Tabela 6.1 que o aumento da potência instalada leva ao aumento da energia geradas apenas até um determinado limite. Após este limite a energia gerada média mensal tende a diminuir. Isto se deve em consequência da vazão turbinada mínima de 50% da vazão nominal.

Para a seleção da potência instalada mais adequada para a usina costuma-se fazer uma avaliação do benefício de ganho em função do custo do aumento parcial de investimento em equipamento. Esta estimativa é feita tendo-se dois dados básicos que não são costumeiramente divulgados, e apenas os profissionais envolvidos em projetos e operações de usinas hidrelétricas tem alguma noção da ordem de grandeza: a remuneração bruta do valor da energia (R\$/MWm) e o custo incremental dos equipamentos (R\$/kW). No presente estudo procurou-se obter os valores mais atuais destes dois parâmetros.

No caso da remuneração bruta procurou-se valores de leilões recentes, ano de 2018. No edital do leilão de energia (A-4) de 2018 (edital do leilão de geração Nº 01/2018 - “A-4” – ANEEL) o preço de referência de energia foi estipulado inicialmente em **R\$ 214,44/MWm** para usinas com contrato. Em se tratando de uma usina já em operação e cujo proprietário também opera uma empresa de distribuição no Estado de São Paulo escolheu-se este valor para estimativa de benefício. O ideal neste caso seria obter do proprietário uma informação mais apurada quando possível.

Para o custo incremental dos equipamentos é necessário consultar fabricantes de equipamentos mecânicos e elétricos para se ter uma noção do valor atual de mercado, o qual varia conforme a oferta e procura. No presente estudo foram feitas consultas a fabricantes de equipamentos, mas infelizmente não se obteve qualquer retorno. A opção encontrada foi se valer de estudos de engenharia mais recentes, os quais tiveram algum sucesso ao consultar os fabricantes. Arcadis (2017) considerou o valor de custo incremental

de equipamentos de **R\$ 2.500/kW** durante seu estudo de inventário hidrelétrico do potencial remanescente do rio Tietê. No atual estudo vamos considerar este valor.

Embora a estimativa de custo incremental seja referente a equipamentos novos, basicamente turbina e gerador, no presente estudo, numa das alternativas (Alternativa 2) está sendo considerada a complementação de equipamentos mantendo-se o existente. Conforme mencionado no Capítulo 6.3, esta alternativa se baseia também na retificação dos equipamentos existentes para que o rendimento do conjunto fique próximo a 85%. Desta forma, pode-se considerar que a adoção do custo incremental citado anteriormente estaria a favor da segurança nesta estimativa de motorização.

Uma vez que o sistema de barramento, vertimento e adução são basicamente idênticos nas duas alternativas pode-se considerar que não haverá custos adicionais por conta das obras civis entre uma ou outra alternativa. Apenas uma realocação de layout com aumento parcial da sala de máquinas na casa de força na Alternativa 2, o qual não deverá trazer custos muito superiores ao de uma troca de conjunto previsto na Alternativa 1.

Outro parâmetro importante quando se busca ter uma estimativa do benefício energético em função da energia média gerada é a estimativa da tarifa líquida em função dos impostos e custos operacionais. Para se ter uma estimativa adequada o ideal seria ter um valor proveniente dos proprietários das usinas, mas isto nem sempre é possível. A Arcadis (2017) solicitou a EMAE durante os estudos de inventário do rio Tietê uma estimativa deste valor e foi sugerida pela mesma considerar um custo de 34% de perda sobre a tarifa bruta. Consultando outros estudos, como da Engecon (2007 e 2010), esta carga ficou na ordem de 30% da tarifa bruta.

Assim, para o presente estudo optou-se pelo desconto considerado da Arcadis, uma vez que este foi um estudo mais recente e o valor de desconto foi indicado pelo próprio proprietário de algumas usinas do Estado de São Paulo (EMAE). O valor adotado de tarifa líquida foi de **R\$ 141,53/MWm**, ou 66% da tarifa bruta.

Os benefícios incrementais (ΔB), que são os ganhos em função da geração de energia média incremental (ΔEM) podem ser estimados pela Eq. (7.1) seguinte.

$$\Delta B = \frac{8760 * TI * TL * \Delta EM}{FRC} \quad (7.1)$$

Onde:

ΔB – benefício incremental (R\$);

TI – taxa ou fator de indisponibilidade;

TL – tarifa líquida (R\$/kW);

ΔEM – energia média incremental (MWm);

FRC – fator de recuperação de capital.

A taxa ou fator de indisponibilidade (TI) pode ser definida como o tempo em que a usina permanece sem operar em função de manutenções programadas e paradas não programadas de manutenção (falhas mecânicas ou elétricas).

As paradas programadas são denominadas “Indisponibilidades Programadas” e são comumente estimadas pelas ANEEL em 3%. Já as paradas não programadas são denominadas “Indisponibilidades Forçadas” e são estimadas na ordem de 2%. Somando-se as duas indisponibilidades pode-se estimar que em cerca de **5%** a usina estará parada para manutenção.

Já o fator de recuperação de capital (FRC) pode ser expresso pela Eq. (7.2) seguinte, conforme MME (2007).

$$FRC = \frac{j \cdot (1+j)^z}{(1+j)^z - 1} \quad (7.2)$$

Onde:

j – definida como a taxa anual de desconto;

z – vida útil do empreendimento (anos).

Para o presente estudo considerou-se a taxa anual de desconto de **12%**, conforme consulta aos projetos da Arcadis (2017) e Engecon (2007 e 2010), e a vida útil do empreendimento de **30 anos**.

A vida útil de um empreendimento basicamente depende das suas condições de assoreamento do reservatório, das suas estruturas civis e dos seus equipamentos. Normalmente os projetistas consideram uma vida útil variando de 30 a 50 anos. Uma vez que a CGH Três Quedas já opera a cerca de 90 anos e foi determinado, pelas vistorias da Itapura (2006) e da Engecon (2007), que a usina se encontra em bom estado de conservação necessitando-se apenas de algumas manutenções, considerou-se que após a repotencialização, esta poderia operar por mais uns 30 anos pelo menos. Calculando-se a expressão da Eq. (7.2) obteve-se **FRC=0,1241**.

Quanto ao custo incremental (ΔC), este é basicamente o custo adicional a cada kW de potência instalada estimada no estudo energético.

As tabelas seguintes, Tabela 7.1 e Tabela 7.2, apresentam o cálculo um resumo do estudo incremental para cada alternativa.

Tabela 7.1 – Alternativa 1 – Avaliação econômica da motorização – Análise incremental

Potência (MW)	Engol. Nominal (m³/s)	Quedas líquidas (m)	Energia (MWm)		ΔEM (MWm)	ΔC (R\$)	ΔB (R\$)	Relação de incremento $\Delta B/\Delta C$
			Firme	Média				
0,9	1,37	81,86	0,475	0,738	-	-	-	-
1,0	1,52	81,72	0,463	0,780	0,042	250.000	398.886	1,596
1,1	1,68	81,58	0,456	0,802	0,022	250.000	208.940	0,836
1,2	1,82	81,47	0,445	0,821	0,019	250.000	180.449	0,722
1,3	1,92	81,37	0,408	0,829	0,008	250.000	75.978	0,304
1,4	2,12	81,28	0,358	0,829	0,000	250.000	0	0,000
1,5	2,27	81,20	0,327	0,824	-0,005	250.000	-47.486	-0,190

Tabela 7.2 – Alternativa 2 – Avaliação econômica da motorização – Análise incremental

Potência (MW)	Engol. Nominal (m³/s)	Quedas líquidas (m)	Energia (MWm)		ΔEM (MWm)	ΔC (R\$)	ΔB (R\$)	Relação de incremento $\Delta B/\Delta C$
			Firme	Média				
0,9	1,33		0,519	0,758	-	-	-	-
1,0	1,48	81,60	0,539	0,810	0,052	250.000	493.859	1,975
1,1	1,64	81,42	0,557	0,856	0,046	250.000	436.876	1,748
1,2	1,79	81,27	0,572	0,896	0,040	250.000	379.892	1,520
1,3	1,95	81,11	0,585	0,929	0,033	250.000	313.411	1,254
1,4	2,12	80,95	0,597	0,959	0,030	250.000	284.919	1,140
1,5	2,29	80,81	0,607	0,984	0,025	250.000	237.432	0,950
1,6	2,46	80,68	0,615	1,006	0,022	250.000	208.940	0,836

Os gráficos seguintes, Figura 7.1 e Figura 7.2, apresentam a relação entre a potência instalada, a energia média e a chamada relação de incremento ($\Delta B/\Delta C$).

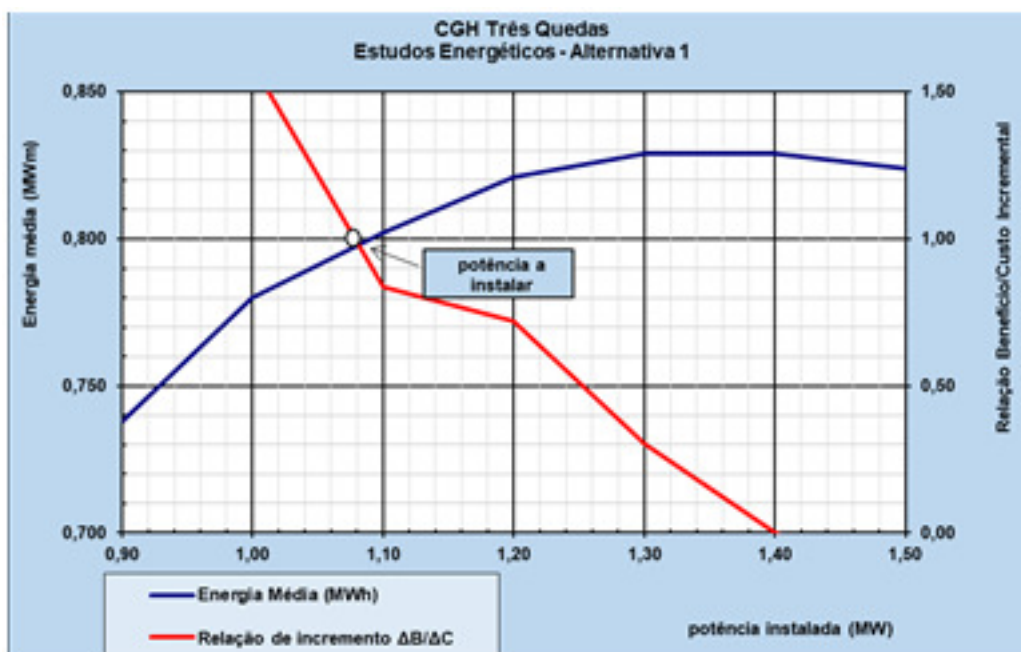


Figura 7.1 - Alternativa 1 – Avaliação econômica da motorização – Análise incremental

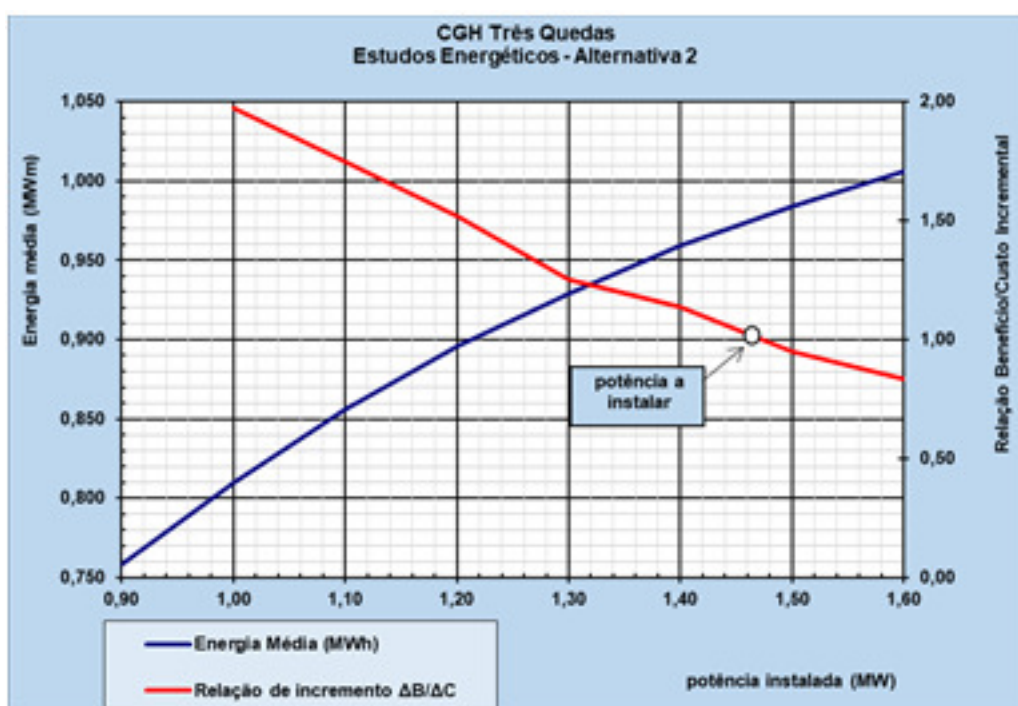


Figura 7.2 – Alternativa 2 – Avaliação econômica da motorização – Análise incremental

Conforme observa-se na Tabela 7.1 e na Figura 7.1, na Alternativa 1 para uma potência instalada próxima a 1,09 MW a relação o benefício incremental pelo custo incremental ($\Delta B/\Delta C$) fica próxima de 1,0. O que significa que uma motorização adicional, uma potência instalada superior a este valor, o custo incremental passa a ser superior em

relação ao benefício obtido, indicando que não é atrativo economicamente se motorizar a usina acima deste valor com os índices e considerações adotados. Desta forma pode-se considerar que a potência instalada ótima da usina para a Alternativa 1 é de **1,1 MW**, arredondando-se o valor. Para esta potência a energia média gerada foi calculada em **0,802 MWm** e a energia firme em **0,456 MWm**.

Para a Alternativa 2, conforme a Tabela 7.2 e a Figura 7.2, fazendo-se a mesma avaliação dos resultados chega-se à conclusão que a potência instalada ótima está próxima ao valor de **1,5 MW**. Lembrando-se que como comentado no Capítulo 6.3, não seria possível ter uma potência instalada superior a 1,5 MW uma vez que a vazão turbinada seria superior à capacidade hidráulica do sistema de adução. Para esta potência instalada obteve-se os valores de **0,984 MWm** de energia média e **0,607 MWm** de energia firme.

Para finalizar este estudo de caso deve-se avaliar qual das alternativas é mais viável economicamente. A princípio temos uma alternativa, Alternativa 2, que apresenta maior potência instalada e maior energia média gerada. Entretanto é necessário avaliar se o custo de investimento em equipamento a longo prazo compensa o retorno financeiro. Nesta avaliação final utilizou-se o cálculo do índice de mérito da alternativa.

O índice de mérito de uma usina é dado pela Eq. (7.3) seguinte.

$$ICB = \frac{CAI}{BA} \quad (7.3)$$

Onde:

ICB – índice de mérito da usina ou índice custo benefício (R\$/MWh);

CAI – custo anual do investimento (R\$);

BA – geração média anual (MWh)

Por outro lado, o custo anual de investimento (CAI) é dado pela Eq. (7.4).

$$CAI = (VPI * FRC) + COM \quad (7.4)$$

Onde:

VPI – valor presente do investimento (R\$);

FRC – fator de recuperação de capital;

COM – custo anual de operação e manutenção (R\$).

No presente estudo vamos considerar, inicialmente, que o valor presente de investimento (VPI) será somente o custo de aquisição de equipamentos novos,

anteriormente estimado em R\$ 2.500,00/kW, uma vez que não estão previstas grandes obras de repotencialização.

O fator de recuperação de capital (FRC) foi anteriormente calculado e resultou no valor de 0,1241.

O custo anual de operação e manutenção (COM) pode ser admitido como uma taxa média de 5%, segundo Eletrobrás (2000), ou pode ser estimado pela Eq. (7.5), segundo MME (2007).

$$COM = a * P^{-b} \quad (7.5)$$

Onde:

COM – custo de operação e manutenção (R\$/kW);

a – constante no valor de 87,343;

b – constante no valor de 0,3716

P – potência instalada (MW).

Os valores das constantes “a” e “b” da Eq. (7.5) referem-se aos valores de mercado de dezembro de 2006, e segundo o MME (2007) após o cálculo dos custos os mesmos devem ser corrigidos pelo índice IGP-DI para a presente data.

No presente estudo optou-se pelo cálculo do custo de operação e manutenção pela expressão do MME e a correção pelo índice IGP-DI até o mês de agosto de 2018, a qual representa uma correção de 102,41% segundo o Banco Central.

Calculando-se o índice de mérito de cada alternativa obtemos os resultados conforme a Tabela 7.3 seguinte.

Tabela 7.3 – Cálculo do índice de mérito das alternativas

Alternativa	P(MW)	EM (MWm)	VPI (R\$ x 10 ³)	FRC	COM (R\$/kW)	CAI (R\$ x 10 ³)	BA (MWh)	ICB (R\$/MWh)
1	1,1	0,802	2.750,00	0,1241	170,64	529,10	7.026	75,31
2	1,5	0,984	3.750,00	0,1241	152,06	693,63	8.620	80,47

A tabela anterior leva à conclusão que o índice de mérito da Alternativa 1 é menor do que da Alternativa 2, o que significaria que pelo investimento em equipamentos e a energia média resultante é mais atrativo para a Alternativa 1. Entretanto, se for analisado mais cuidadosamente o índice de mérito os resultados podem ser facilmente alterados.

Conforme descrito no Capítulo 6.3, a Alternativa 2 não se baseia simplesmente na substituição do conjunto turbina-gerador atual, mas na adição de um segundo conjunto com a retificação e manutenção do primeiro. Desta forma, mantendo-se o conjunto de 640 kW original, temos a adição de um complementar de 860 kW.

Em vista de que o custo de equipamentos adotado é para equipamentos novos, não se pode usar o mesmo custo para a retificação e manutenção do conjunto original. Assim, a favor da segurança foi recalculado o valor presente de investimento considerando-se que a retificação e manutenção do conjunto original fosse de **R\$ 1500/kW**, um pouco superior a metade do custo de aquisição de um equipamento novo. Recalculando-se o índice de mérito da Alternativa 2 obteve-se os valores conforme a Tabela 7.4 seguinte.

Tabela 7.4 – Recálculo do índice de mérito das alternativas

Alternativa	P(MW)	EM (MWm)	VPI (R\$ x 10 ³)	FRC	COM (R\$/kW)	CAI (R\$ x 10 ³)	BA (MWh)	ICB (R\$/MWh)
1	1,1	0,802	2.750,00	0,1241	170,64	529,10	7.026	75,31
2	1,5	0,984	3.110,00	0,1241	152,06	614,18	8.620	71,25

Conforme os novos resultados obtêm-se um índice de mérito menor para a **Alternativa 2**, o que indicaria que esta é mais viável economicamente.

Deve-se ressaltar que os baixos valores de índice de mérito em relação a outros estudos de implantação de usinas se devem pelo fato de que não estarem sendo incluídos neste estudo de caso os custos de obras civis.

8 CONCLUSÕES

Os estudos inconclusivos da Itapura (2006) levantaram a possibilidade de se repotencializar a usina de Três Quedas com potências instaladas entre 1,0 MW a 1,9 MW, mesmo que para isso obras maiores fossem necessárias. Entretanto, ao longo deste estudo percebemos que para elevar a potência seria necessário investir mais no alteamento do barramento pois não há vazão suficiente disponível no rio dos Pinheirinhos.

A medida em que se aumenta a potência instalada aproveita-se menos as vazões mínimas do rio, uma vez que as turbinas não podem operar com vazões turbinadas muito abaixo das vazões nominais de operação. Neste estudo foi considerada vazão mínima turbinada como 50% da vazão nominal.

O alteamento da barragem para ganhar mais queda bruta, associado a um novo sistema de adução, tornam-se custos de investimento mais onerosos e que só valem a pena quando o retorno de investimento se mostra muito atrativo.

Foi visto no último capítulo o quão difícil é justificar, em função do investimento em equipamento e da energia gerada, uma repotencialização acima de 1,1 MW, sem que para isso tenham sido consideradas obras civis.

Neste sentido o estudo não apresentado oficialmente da Engecon (2007) é bastante elucidativo. Ao se estudar a partição de quedas do rio Pinheirinhos os estudos da Engecon não conseguiram encontrar uma solução que pudesse justificar a inclusão da usina de Três Quedas na partição ótima do rio. Apenas com um barramento mais alto e com uma casa de força localizada mais a jusante poderia ser aproveitado o potencial máximo da queda. Mesmo assim, na época, o proprietário da atual usina considerou que o investimento seria muito alto para a geração.

O processo de se determinar a potência ótima de uma usina exige da equipe de engenharia muitas qualificações, uma boa experiência, tanto em projeto como em operação, e uma visão atual do mercado. Neste estudo de caso os cálculos e as premissas adotadas indicaram a possibilidade de se repotencializar a usina até a potência instalada de 1,50 MW (Alternativa 2). Entretanto, pequenas mudanças nas premissas de mercado, como o custo dos equipamentos pode mudar consideravelmente os resultados.

Como descrito nos capítulos 6 e 7 as alternativas estudadas foram concebidas de modo a se explorar o máximo da disponibilidade hídrica e das instalações da usina já existentes.

A elevação da altura da barragem é possível de ser feita sem grandes impactos a montante, entretanto todo o sistema de adução precisaria ser revisto, possivelmente adotando-se um novo traçado e uma nova concepção, por exemplo túnel ou galeria ao invés de canal de adução. Também a câmara de carga e o conduto forçado precisariam ser revistos. Conforme a potência instalada a dimensão das máquinas do conjunto turbina-gerador poderia influenciar muito ainda o layout da casa de força, forçando a uma grande reforma, com maior pé-direito e novo canal de restituição por exemplo. Tais alterações não foram consideradas no estudo de caso, que se ateve mais à avaliação das variáveis eletromecânicas,

Na concepção da Alternativa 2, a ideia foi explorar ao máximo as instalações disponíveis, bem como a disponibilidade hídrica do rio, sem que para isso fossem executadas grandes reformas.

Nesta alternativa, o barramento e o canal de adução serão mantidos com suas mesmas características. A princípio deve-se, segundo as vistorias da Itapura e Engecon, efetuar manutenções principalmente no revestimento de ambas as estruturas.

O vertedor deve ser reestudado, principalmente em relação a sua largura vertente. Segundo a Itapura (2006) há indícios de erosão nas margens, que levam a crer que possa ter havido alguma cheia superior a capacidade de vertimento.

Na tomada d'água as grades poderiam ser substituídas por barras mais espaçadas entre si, diminuindo a perda de carga. Ao longo do canal de adução a reconstituição do revestimento do mesmo também poderia diminuir as perdas de carga distribuídas.

Já no túnel de adução foram constatadas durante visita, quedas de revestimento que devem ser averiguadas e reconstituídas. Também a câmara de carga deve passar por uma vistoria geral.

O conduto, para a Alternativa 2, deverá ter uma bifurcação logo a montante da casa de força. O diâmetro final ótimo do conduto após a bifurcação deverá ser informado pelo fabricante das turbinas.

Ao longo dos estudos foi feita a tentativa de se consultar alguns fabricantes de turbinas mais conhecidos no mercado. O objetivo era trazer para o estudo de caso características mais próximas a realidade, tais como rendimentos, vazões mínimas turbinadas, dimensões e custos. Infelizmente não se obteve sucesso nas consultas.

Na casa de força para a inserção de um conjunto adicional de turbina-gerador será necessária uma alteração do layout, com a extensão da largura da sala de máquinas. A

planta da Figura 6.3, apresentou um croqui de como ficaria o layout com a implantação de um segundo conjunto turbina-gerador. No croqui considerou-se que as dimensões do novo conjunto não seriam muito maiores do que o conjunto existente. A área adicional na casa de força deve ficar na ordem de 40 m², o que não pode ser considerado um grande investimento de obra civil.

Além de uma área adicional na casa de força, a instalação, ou substituição de conjuntos geradores na casa de força é um trabalho árduo visto que atualmente o único acesso a casa de força é por intermédio de um sistema de vagonete. Indiferente da alternativa selecionada, durante as visitas técnicas da Itapura e Engecon à usina, constatou-se a necessidade de se ter um acesso secundário ao local, por escadas ou elevador vertical, e um sistema de grua que permitisse o içamento de equipamentos mais pesados.

Somente com uma avaliação mais detalhada dos custos, civis e eletromecânicos, envolvidos na repotencialização pode-se dar prosseguimento a sua execução. Ainda assim, à primeira vista chama a atenção o aumento tanto em potência instalada como em energia média. Durante os estudos da Itapura (2006) cálculos estimaram a energia média na ordem de 0,570 MWm, o que significaria que uma repotencialização aumentaria em cerca de 73% a geração de energia, considerando os resultados da alternativa selecionada (Alternativa 2).

Do ponto de vista do autor deste estudo a maior crítica à repotencialização sugerida está nos resultados do Fator de Capacidade (FC), conforme apresentado nas tabelas de resumo das simulações energéticas, Tabela 6.1 e Tabela 6.3. Pode-se constatar que para a Alternativa 1 o FC foi de 0,41, enquanto que para a Alternativa 2 foi de 0,40. Estes dados indicam que ambas as alternativas poderiam ser consideradas como “supermotorizadas”.

Em se tratando de um estudo novo, uma nova usina hidrelétrica (UHE ou PCH), cujo estudo energético seria submetido à ANEEL antes da autorização de concessão, haveria de serem muito bem justificados os motivos que levaram a esta potência. Comercializar a energia no mercado também poderia ter seus percalços, pois uma usina com baixo FC não tem uma geração estável.

Então como se justificaria uma repotencialização?

Novamente, para se justificar a repotencialização deve-se recordar que se trata, primeiramente, de uma usina já em operação a 90 anos e que já retornou todo o investimento feito a sua implantação em 1928. Em segundo, a repotencialização basicamente será concretizada com baixo orçamento, sendo principalmente a adição de um conjunto gerador adicional. Por fim, graças a Resolução Normativa nº673 (ANEEL) a

repotencialização manteria a usina classificada como CGH, não necessitando assim passar por novos trâmites junto aos órgãos reguladores e ambientais.

A título de comparação foi feita a simulação energética para uma condição próxima a atual, um conjunto gerador de 640 kW. Os resultados são apresentados na Tabela 8.1 seguinte.

Tabela 8.1 – Resumo simulação energética – situação atual

Potência (MW)	Engol. Nominal (m³/s)	Queda bruta (m)	Perda de carga (m)	Queda líquida (m)	Energia (MWm)		FC
					Firme	Média	
0,64	0,98	82,87	0,61	82,26	0,452	0,589	0,71

Na simulação para a condição atual de operação, conforme tabela anterior, observa-se um fator de capacidade alto, indicando que a usina pode se encontrar “submotorizada”. O que por si já indicaria a possibilidade de uma repotencialização.

Portanto, conclui-se este estudo de caso com a possibilidade bastante sólida de se repotencializar esta usina já em operação com pouco investimento, graças a Resolução Normativa nº673 (ANEEL), que permitiu a caracterização de usinas com potência instaladas de até 3 MW serem classificadas como CGH's (Centrais Geradoras Hidrelétricas), a reavaliação das disponibilidades hídricas e a confirmação das características hidráulicas da usina em operação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA, **HidroWEB**, Brasil, 2008, Disponível em:

<<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>>, Acesso em: agosto de 2018;

ANEEL, **Edital Leilão nº1 – A-4**, Brasil, 2018;

ANEEL, **Resolução Normativa nº 395**, Brasil, 1998;

ANEEL, **Resolução Normativa nº 673**, Brasil, 2015;

ARCADIS/EMAE, **Estudos de Revisão do Inventário Simplificado do rio Tietê**, São Paulo, 2017;

DAEE, **Banco de Dados Hidrológicos**, São Paulo, 2018, Disponível em:

<<http://www.hidrologia.daee.sp.gov.br/>>, Acesso em: agosto de 2018;

DAEE, **Instrução Técnica DPO nº 5**, São Paulo, 2011;

DUNOD, **Formulaire des conduites forcées, oléoducts e conduits d'aération**, Paris, 1968;

ELETROBRÁS/DNAEE, **Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas**, Brasil, 1997

ELETROBRÁS/MME, **Diretrizes para Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas**, Brasil, 2000;

ENGECON, **Estudos de Inventário Hidrelétrico Simplificado da Bacia do Rio Jacaré Guaçu-SP**, São Paulo, 2010;

ENGECON, **Estudos de Inventário Hidrelétrico Simplificado da Bacia do Ribeirão dos Pinheirinhos-SP**, São Paulo, 2007;

ITAPURA, **PCH Três Quedas - Repotencialização e Modernização – Estudos de Viabilidade**, São Paulo, 2006;

MME, **Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas**, Brasil, 2007;

ONS, **Atualização do Histórico de Vazões – Período de 1931 a 2015**, Brasil, 2016;

TOMAZ, PLINIO, **Curso de Manejo de Águas Pluviais**, São Paulo, 2010;

TUCCI, CARLOS E. M., **Hidrologia – Ciência e Aplicação**, UFRGS, 1993.

ANEXOS

Anexo 1 – Posto Acima da Represa – Série de Vazões Médias Mensais (m³/s)

nome: Acima da Represa código DAEE: 5D-007													
rio: Pinheirinhos lat.: 22°24'00" long.: 48°10'00" Área(km²): 113 q(l/s.km²): 14,00													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1938												2,71	
1939	3,20	2,47	2,22	1,66	1,67	1,64	1,32	1,17	1,14	1,08	1,16	2,19	1,74
1940	2,68	6,02	3,78	2,00	1,60	1,29	1,18	1,10	1,06	1,13	1,38	1,52	2,06
1941	2,62	1,78	1,35	1,35	1,11	1,08	1,02	0,91	1,38	1,18	1,72	1,43	1,41
1942	1,74	2,24	4,44	2,69	1,82	1,61	1,51	1,21	1,11	1,04	1,11	1,80	1,86
1943	2,73	3,46	2,64	1,85	1,51	1,36	1,17	1,03	1,00	1,57	1,39	1,48	1,77
1944	1,61	2,44	2,70	1,74	1,37	1,20	1,04	0,91	0,71	0,78	1,10	0,84	1,37
1945	0,83	1,37	0,94	0,83	0,76	1,39	1,02	0,79	0,73	0,73	1,29	1,24	0,99
1946	2,16	2,35	2,90	1,79	1,36	1,24	1,12	0,85	0,75	0,83	0,75	0,81	1,41
1947	1,78	2,91	3,14	1,61	1,36	1,08	1,01	0,91	0,97	1,00	0,88	1,69	1,53
MÍN	0,83	1,37	0,94	0,83	0,76	1,08	1,01	0,79	0,71	0,73	0,75	0,81	0,71
MÉD	2,15	2,78	2,68	1,72	1,40	1,32	1,15	0,99	0,98	1,04	1,20	1,57	1,58
MÁX	3,20	6,02	4,44	2,69	1,82	1,64	1,51	1,21	1,38	1,57	1,72	2,71	6,02

Fonte: DAEE

Anexo 2 – Posto Sítio Braga – Série de Vazões Médias Mensais (m³/s)

nome: Sítio Braga código DAEE: 5D-008													
rio: Jacaré-Pepira lat.: 22°18'00" long.: 48°08'00" Área(km²): 537 q(l/s.km²): 12,78													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1939					7,01	7,29	5,37	3,79	3,67	3,16	4,40	9,62	
1940	10,33	29,25	15,30	8,95	7,64	4,83	4,18	3,67	3,16	4,29	5,99	6,71	8,69
1941	13,34	8,66	6,46	8,05	4,93	4,13	3,60	3,18	5,97	4,62	8,01	6,36	6,44
1942	8,11	11,92	22,33	15,19	6,94	5,80	5,61	4,32	4,20	3,67	3,49	7,07	8,22
1943	13,64	18,48	13,88	6,19	4,57	4,51	3,18	2,72	3,36	6,96	6,03	6,58	7,51
1944	7,39	7,74	12,01	7,09	4,89	3,91	3,12	2,90	2,79	3,83	5,92	4,09	5,47
1945	4,05	8,08	4,70	4,12	3,27	6,81	4,88	3,37	2,73	3,27	7,41	6,00	4,89
1946	13,77	14,37	19,21	7,63	5,74	5,53	5,46	4,01	3,52	4,24	4,00	3,85	7,61
1947	13,27	19,92	18,48	9,44	7,67	5,57	5,74	4,58	5,18	5,39	4,30	10,49	9,17
1948	10,77	14,57	13,29	8,35	6,80	5,56	5,66	5,49	4,44	4,54	8,87	5,57	7,83
1949	8,69	10,27	11,44	8,76	7,22	5,94	4,93	4,52	3,44	2,84	3,24	10,59	6,82
1950	11,56	21,64	9,28	9,79	7,62	5,68	5,12	4,35	4,29	5,71	5,12	5,35	7,96
1951	10,19	14,57	19,17	9,05	5,63	5,02	4,19	3,76	3,49	3,64	6,14	5,67	7,54
1952	5,97	8,85	15,51	9,24	5,78	5,35	4,52	4,03	3,30	3,28	4,92	3,61	6,20
1953	5,55	6,77	5,84	5,80	5,39	4,24	3,61	2,94	3,64	3,48	3,64	5,61	4,71
1954	9,81	11,00	8,87	6,12	6,41	6,05	4,66	3,53	2,53	2,97	2,55	4,88	5,78
1955	6,29	5,12	5,64	5,01	4,06	3,83	2,99	2,67	2,52	2,36	3,42	5,55	4,12
1956	5,13	5,52	5,19	5,09	7,56	7,10	6,07	7,41	5,09	4,72	3,55	3,39	5,49
1957	16,22	15,46	10,61	9,18	6,86	5,69	7,31	5,42	6,60				
1958	15,18	14,17											
MÍN	4,05	5,12	4,70	4,12	3,27	3,83	2,99	2,67	2,52	2,36	2,55	3,39	2,36
MÉD	9,96	12,97	12,07	7,95	6,10	5,41	4,75	4,03	3,89	4,05	5,06	6,17	6,86
MÁX	16,22	29,25	22,33	15,19	7,67	7,29	7,31	7,41	6,60	6,96	8,87	10,59	29,25

Fonte: DAEE

Anexo 3 – Posto Jacaré-Guaçu SP255 – Série de Vazões Médias Mensais (m³/s)

nome: Jacaré-Guaçu SP255				código DAEE: 5C-013									
rio: Jacaré-Guaçu				lat.: 21°52'02"		long.: 48°16'35"		Área(km²): 1.867		q(l/s.km²): 11,07			
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1969							8,56		7,59	11,31	14,02	13,88	
1970	27,76		25,49	21,76	20,38						16,39	19,77	
1971	18,85	17,23	18,26	15,81	16,17	17,69	14,54	12,89	13,02	15,33	13,43	18,76	16,00
1972	21,81	29,79	27,36	24,47	20,29	18,55	20,43	17,93	16,05	24,17	25,76	21,10	22,31
1973	24,14	22,74	21,54	24,77	20,23	18,33	14,51	12,78	13,25	11,98	14,09	22,65	18,42
1974	38,57	25,20	31,06	25,17	20,72	21,15	18,92	15,59	12,73	13,84	13,15	18,98	21,26
1975	21,64	23,63	20,58	16,97	14,38	13,43	15,92	13,82	12,47	17,16	18,85	21,43	17,52
1976	24,43		30,94	27,50	25,78	28,14	26,00	24,36	24,63	23,48	24,41	25,78	
1977	31,45	29,92	28,45	31,54	25,03	23,61	20,33	18,12	21,55	17,89	23,10	33,20	25,35
1978	28,57	26,05	26,63	21,38	20,58	20,42	21,36	17,09	18,86	15,60	22,79	28,24	22,30
1979	27,63	27,10	23,67	20,31	23,25	19,02	17,51	16,72	19,73	18,36	17,44	21,46	21,02
1980	23,33	29,10	28,11	28,41	21,85	21,70	20,68	21,17	18,42	18,81	16,65	29,04	23,11
1981	32,44	27,78	25,25	20,38	18,22	21,19	17,03	16,46	16,68	22,02	27,66	30,20	22,94
1982	29,53	32,45	35,77	31,13	27,85	28,37	23,73	20,37	16,97	27,78	22,65	28,40	27,08
1983	47,73		54,81	34,74	34,71	56,25	32,63	28,91	34,08	33,39	33,47	43,66	
1984	39,90	33,75	30,45	29,73	24,56	21,84	19,67	23,30	21,89	18,54	18,36	22,92	25,41
1985	27,76	26,91	29,65	26,36	22,30	20,42	17,51	16,13	15,45	12,97	19,12	18,59	21,10
1986	18,58	21,76	28,68	22,15	20,35	16,43	16,30	17,55	13,63	13,38	12,87	29,45	19,26
1987	30,08		26,05	22,62	25,61	21,16	17,89	16,31	17,93	17,37	21,12	25,36	
1988	28,72	27,76	31,58	27,52	23,90	22,14	18,45	16,40	15,74	19,40	20,40	18,12	22,51
1989	28,43		26,68	23,00	19,98	19,58	17,81	20,57	19,85	14,28	17,68	20,13	
1990	37,06	25,80	29,63	25,66	22,65	19,02	18,76	17,96	17,02	18,56	18,74	22,12	22,75
1991	21,16	30,63	32,05	44,11	31,03	25,09	23,03	18,17	16,91	24,19	15,20	28,44	25,83
1992	26,41	27,59	28,77	26,43	28,61	20,67	21,04	19,24	24,21	21,89	25,52	26,70	24,76
1993	26,04	39,53	35,83	35,00	28,55	30,44	22,60	25,39	23,52	22,49	17,84	22,52	27,48
1994	31,10	32,56	31,44	25,56	21,41	20,31	19,07	17,21	14,43	16,63	20,88	25,57	23,01
1995	30,47		34,68	33,88	30,62	26,67	24,84	20,20	18,19	22,27	22,04	25,48	
1996	45,90	31,49	35,83	30,11	26,13	22,69	21,30	19,82	23,80	22,10	26,47	29,42	27,92
1997	34,28	34,57	28,89	25,26	23,10	31,38	24,27	19,27	19,03	20,21	24,73	28,98	26,16
1998	21,74	30,18	31,62	26,73	24,65	23,11	18,46	17,72	17,94	22,66	17,24	27,88	23,33
1999	60,15	54,88	46,22	37,21	29,31	28,03	23,79	20,02	23,57	18,75	17,77	25,35	32,09
2000	30,52	42,93	35,65	25,66	20,57	19,03	20,01	18,63	24,60	17,31	27,49	35,32	26,48
2001	32,01	38,13	30,67	26,66	22,35	19,90	17,53	16,95	18,67	23,27	20,33	29,86	24,69
2002	50,41	56,47	40,19	28,69	26,62	22,26	20,03	20,68	19,04	15,99	21,39	29,55	29,28
2003	40,22	38,32	32,82	27,31	23,34	20,82	17,61	16,63	15,35	16,00	21,80	29,51	24,98
2004	30,44	37,98	30,99	24,98	25,64	23,37	19,60	17,38	14,54	18,63	21,71	24,77	24,17
2005	46,57	43,14	36,51	26,27	23,48	21,54	19,40	17,06	17,29	17,63	18,11	24,91	25,99
2006	26,63								14,59	17,55	15,83	24,88	
2007	53,29	48,19	37,33	28,26	25,71	21,14	23,61	18,92	14,52	14,87	23,80	20,59	27,52
2008	26,61	29,17	32,39	24,62	21,41	21,56	17,63	18,06	14,68	16,75	16,26	21,78	21,74
2009	36,87						18,14	22,19	22,27	22,28	27,60	44,93	
2010	56,77			40,95	29,22	24,57	22,22	18,42					
2011													
2012									20,44	19,12	23,00	27,39	
2013		40,05	36,79	31,86	25,60	32,10	24,44	19,11	18,45	24,30	24,72	20,44	
2014	18,41	15,07	20,45	16,37	14,55	14,55	13,31	11,82	15,30	11,37	18,09		
2015	19,44	21,28	25,96	22,96	17,82	17,03	17,27			12,31	27,67	26,91	
2016		38,82	44,21	26,01			23,16	20,11	19,18	24,10	26,39	31,33	
2017	38,79	34,69	28,50	27,29	29,37	24,69	19,63	18,01					

MÍN	18,85	17,23	18,26	15,81	14,38	13,43	8,56	12,78	7,59	11,31	13,15	13,88	7,59
MÉD	26,36	24,94	25,59	23,26	20,40	20,17	17,84	16,57	15,57	16,75	18,60	22,38	20,66
MÁX	38,57	29,92	31,06	31,54	25,78	28,14	26,00	24,36	24,63	24,17	25,76	33,20	38,57

Fonte: DAEE

Anexo 4 - Posto Fazenda Boa Vista Jacaré – Série de Vazões Médias Mensais (m³/s)

nome: Fazenda Boa Vista Jacaré código DAEE: 5C-021													
rio: Jacaré-Guaçu lat.: 21°48'58" long.: 48°48'02" Área(km²): 3.519 q(l/s.km²): 12,50													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1970												33,5	
1971	31,3	28,4	30,0	25,5	27,6	30,4	25,0	21,2	21,8	28,6	20,9	44,0	27,9
1972	47,7	83,0	70,6	52,0	37,0	33,7	45,6	35,5	29,3	52,8	53,3	48,2	49,1
1973	49,9	47,4	43,9	55,8	42,2	34,8	29,3	27,4	23,1	21,7	28,7	59,7	38,7
1974	106,5	62,3	76,7	62,6	42,6	40,8	38,8	29,5	25,0	26,4	23,7	39,6	47,9
1975	48,3	57,5	46,1	41,6	29,7	27,0	25,8	22,4	19,9	28,6	13,7	48,3	34,1
1976	60,0	75,7	74,9	57,1	48,1	65,1	51,6	47,9	45,9	47,1	48,2		
1977		76,3	57,1	75,5	48,6	43,9	36,1	32,5	37,6	31,7	40,6	95,7	
1978		53,3	69,0	43,7	42,4	41,7	42,8	34,7	36,6	30,1	46,0	66,4	
1979	70,5	62,6	55,0	45,8	50,7	36,7	33,7	32,8	40,3	35,4	36,2	55,7	46,3
1980	62,1	65,9	64,6	56,6	42,0	40,2	42,2	33,6	31,8	36,7	34,8	58,1	47,4
1981	75,9	64,0	46,9	36,0	31,5	37,3	28,8	26,9	26,4	40,8	54,9	74,8	45,4
1982	78,9	86,7	106,2	67,6	49,3	60,0	49,2	40,8	34,2	59,3	44,0	63,7	61,7
1983	103,5			81,9	77,6		67,9	57,6	70,4	71,7	77,8	83,8	
1984	89,4	79,9	65,9	60,8	46,1	37,0	33,4	38,5	37,8	33,1	31,0	38,0	49,2
1985	52,9	50,9	50,4	53,2	41,0	35,1	30,4	26,9	26,3	22,5	34,9	31,8	38,0
1986	39,5	47,5		45,2	39,8	31,2	30,8	34,3	30,9	23,5	25,4	65,6	
1987	73,3		62,1	42,7	50,8	39,4	31,7	27,2	27,9	29,6	33,2	50,2	
1988	58,3	48,2	72,8	54,7	43,6	38,5	30,8	27,4	23,5	31,0	42,9	34,6	42,2
1989	69,8		63,5	45,5	33,9	31,8	29,7	40,8	36,3	26,8	35,5	50,9	
1990	96,3	54,3	55,0	46,2	42,9	34,1	33,7	29,9	31,7	36,1	33,7	43,2	44,8
1991	41,7	71,5	68,7	85,5	61,1	44,9	41,1	35,2	29,2	43,8	22,2	37,9	48,5
1992	46,0	47,3	47,0			30,9	27,5	25,2	40,2	38,2	49,2	59,8	
1993	48,4		75,0	77,0	47,3	50,7							
1994													
1995													
1996													
1997													
1998													
1999													
2000													
2001													
2002													
2003													
2004													
2005													
2006												47,5	
2007												49,1	
MÍN	31,28	28,42	30,03	25,46	27,60	26,98	25,03	21,24	19,92	21,71	13,70	33,46	13,70
MÉD	59,18	60,71	58,15	51,06	40,99	39,33	36,52	31,54	31,07	33,60	34,59	54,57	43,99
MÁX	106,50	82,95	76,68	75,53	50,66	65,09	51,61	47,89	45,91	52,77	53,32	95,69	106,50

Fonte: DAEE

Anexo 5 - Posto Boa Esperança do Sul – Série de Vazões Médias Mensais (m³/s)

nome: Boa Esperança do Sul					código DAEE: 5C-027								
rio: Boa Esperança			lat.: 21°59'28"		long.: 48°23'23"		Área(km²): 3.519		q(l/s.km²): 13,04				
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1980												56,3	
1981	64,1	33,0	34,1	30,0	28,7	38,2	28,2	28,9	28,2	51,5	39,8	31,7	36,3
1982	41,1	56,3	81,7	55,4	50,0	56,3	42,8	37,4	32,2	56,9	39,8	55,4	50,4
1983	61,1		90,4	73,7	83,3	85,8	60,6	51,9	76,5	66,3	72,6	86,3	
1984	89,6	63,0	52,4	49,1	48,3	40,4	37,0	46,3	41,1	33,7	33,9	42,4	48,1
1985	63,5	43,7	59,1	77,0	45,7	44,5	39,3	35,2	34,3	28,7	45,4	33,9	45,9
1986	45,6	75,6	67,6	42,6	43,7	35,4	34,8	44,5	32,0	30,6	32,6	84,8	47,5
1987	75,0	87,6	50,4	42,8	50,4	44,3	36,3	32,2	37,2	32,4	36,1	42,6	47,3
1988	41,1	49,6	73,3	46,7	35,7	35,0	29,6	26,3	23,3	38,0	32,2	35,4	38,9
1989	59,6	72,4	48,0	32,8	33,5	32,6	40,0	30,6	30,9	22,6	37,8	53,3	41,2
1990	110,2	48,5	56,3	49,3	41,5	34,8	37,0	34,3	30,2	31,1	35,2	40,9	45,8
1991	37,0	66,7	68,9	74,5	47,0	40,2	38,7	30,7	27,0	38,2	20,2	48,7	44,8
1992			54,8	50,9	52,4	35,7	36,1	34,4	44,1	40,4	40,9	56,3	
1993	48,2	114,3	60,2	66,1	43,2	48,0	35,9	36,9	60,4	35,0	33,9	55,7	53,1
1994	103,9	55,7	63,5	45,9	41,1	40,0	38,2	32,6	27,2	35,6	39,4	62,6	48,8
1995	79,3	187,4	81,5	76,7	55,2	48,0	47,4	37,8	35,6	44,5	40,0	54,6	65,7
1996	114,6	80,2	78,3	48,3	43,3	40,7	38,0	35,6	48,3	41,1	48,3	68,7	57,1
1997	94,6	84,3	47,2	44,6	47,0	73,3	43,9	35,9	36,9	36,9	68,5	53,3	55,5
1998	42,2	67,8	61,1	46,7	43,5	36,5	32,4	33,5	33,5	45,7	28,3	57,4	44,1
1999	151,3	89,6				46,5	42,2	36,3	41,9	33,9	30,0	46,9	
2000				44,6	41,3	39,6	40,6	38,7	46,5	33,3	52,8	74,3	
2001				38,0	38,9	31,9	30,7	34,8	35,9	43,9			
2002		98,2		42,4	43,2	37,0	35,4	36,7	35,6	28,7	43,5	63,0	
2003	85,0	67,8	46,9	42,4	40,2	34,4	33,0	30,4	28,5	28,3	48,2	75,0	46,7
2004	58,3	65,6	46,5	43,7	48,9	43,2	41,5	33,3	28,0	35,9	35,6	52,0	44,4
2005	94,8	57,2	70,2	43,9	43,7	41,9	37,2	32,6	33,5	34,8	34,8	44,5	47,4
2006	38,7	55,6	40,7	41,7	35,9	36,1	31,7	29,6	29,3	32,8	27,6	53,5	37,8
2007	91,3	54,8	47,6	40,4	39,6	35,7	42,8	31,7	26,9	28,0	48,5	40,0	43,9
2008	49,6	41,9	60,0	44,3	37,4	35,9	32,0	34,3	25,9	32,0	35,9	32,0	38,4
2009	61,1	47,6	42,8	37,0	33,2	31,3	32,2	37,2	35,9	32,2	35,0	52,0	39,8
2010	72,4	55,9	58,2	46,1	38,3	36,1	35,6	32,8	32,6	31,1	31,9	43,7	42,9
2011	81,7	61,9	68,3	55,7	47,8	40,7	37,8	34,1	31,5	41,3	36,9	45,6	48,6
2012	65,7	49,5	43,3	40,7	44,8	53,5	39,4	32,0	38,3	33,0	30,7	38,3	42,5
2013	71,1	51,1	53,9	43,2	44,5	46,9	38,7	33,2	32,6	40,0	37,6	37,6	44,2
2014	38,9	28,3	37,6	35,2	32,2	29,4	25,7	24,1	28,9	22,8	31,9	38,5	31,1
2015	33,5	39,8	44,1	35,7	30,7	28,7	33,2	22,2	36,5	26,7	59,5	54,3	37,1
2016		56,5	57,6	39,4	39,4	35,2	29,4	37,6	33,9	33,5	33,0	35,7	
2017	58,7	41,9	35,4	34,8	41,1	31,9	34,4	37,8	35,4	38,5	41,7	40,4	39,3
MIN	33,52	28,34	34,08	30,00	28,71	28,71	25,74	22,23	23,34	22,60	20,19	31,67	20,19
MÉD	69,48	65,13	57,03	47,29	43,20	41,23	37,02	34,44	35,58	36,21	39,44	51,02	45,90
MÁX	151,32	187,43	90,38	77,05	83,34	85,75	60,56	51,86	76,49	66,31	72,60	86,31	187,43

Fonte: DAEE

Anexo 6 - Posto Sítio Esperança – Série de Vazões Médias Mensais (m³/s)

nome: Sítio Esperança		código DAEE: 5C-028											
rio: São João		lat.: 21°59'28"		long.: 48°23'23"		Área(km²): 338		q(l/s.km²): 11,25					
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1980												5,6	
1981	7,7	5,2	4,5	3,7	3,2	3,8	2,9	2,8	2,3	4,9	4,3	7,5	4,4
1982	8,6	8,7	11,7	7,0	6,1	5,8	4,8	4,1	3,2	5,3	3,5	8,0	6,4
1983	10,1	13,8	14,1	8,8	8,8	9,7	6,7	5,9	6,5	6,3	8,3	8,9	9,0
1984	8,4	6,2	6,4	5,5	5,0	4,0	3,5	4,0	3,7	3,0	3,3	3,2	4,7
1985	6,5	3,7	4,1	5,2	3,8	3,3	2,9	2,6	2,3	2,1	3,4	3,6	3,6
1986	4,6	5,7	5,7	4,0	3,9	2,9	2,7	3,7	2,5	2,2	1,8	6,0	3,8
1987	6,7	10,8	6,2	4,3	4,8	3,7	3,2	2,6	2,7	2,5	2,5	3,4	4,5
1988	3,8	4,1	4,2	4,4	3,2	2,9	2,4	2,0	1,7	2,5	3,1	3,0	3,1
1989	5,6	9,5	6,3	4,1	3,7	3,5	3,2	3,1	3,1	2,3	2,5		
1990		4,9	7,5	6,0	4,2	3,4	3,0	3,3	2,7	3,4	4,0	3,9	
1991	4,1	6,3	5,6	6,6	4,7	4,1	4,1	2,7	2,3	3,3	2,3	3,2	4,1
1992	2,8	3,0	3,7	3,6	4,4	2,7	2,4	2,1	3,1	3,8	3,9	4,8	3,4
1993	3,8	9,9	6,0	6,8	4,2	4,4	3,2	3,1	4,1	3,2	2,9	3,8	4,6
1994	7,0	4,4	4,1	3,6	3,0	2,7	2,8	2,2	1,8	2,5	2,5	4,5	3,4
1995	3,9	16,5	7,1	7,0	4,9	4,2	3,6	2,8	2,5	2,9	2,7	3,2	5,1
1996	4,3	4,0	5,0	3,0	2,5	2,1	1,9	1,7	2,3	1,8	3,3	2,9	2,9
1997	5,7	6,2	3,8	3,3	2,9	5,3	3,2	2,4	2,4	2,4	3,7	3,3	3,7
1998	2,6	2,5	3,3	2,6	2,4	2,0	1,6	1,6	1,6	1,9	1,9	2,9	2,2
1999	9,2	7,1	7,3	5,2	3,7	3,4	2,7	2,1	2,5	2,2	1,9	4,1	4,3
2000				3,9	3,2	2,8	2,7	2,6	3,2	2,1	3,7	5,2	
2001	3,8	3,7	4,2	3,1	2,9	2,3	2,1	1,8	2,0	3,1	2,3	2,6	2,8
2002	7,3	6,5	3,9	2,8	2,8	2,2	2,0	2,3	2,1	1,5	1,7	3,2	3,2
2003	6,6	4,1	3,5	3,1	2,6	2,3	1,7	1,6	1,4	1,6	2,0	3,7	2,9
2004	5,2	5,2	3,3	3,3	3,8	3,3	2,9	2,1	1,9	2,2	2,4	3,8	3,3
2005	7,2	4,9	4,9	3,4	3,1	2,9	2,4	2,0	1,7	1,9	1,7	2,4	3,2
2006	3,0	5,7	4,8	3,3	2,5	2,2	1,9	1,6	1,6	2,3	1,8	2,8	2,8
2007	8,3	7,4	7,4	4,4	4,2	3,1	3,7	2,6	2,0	2,0	3,0	3,4	4,3
2008	5,8	6,2	5,5	4,5	3,8	3,2	2,5	2,3	1,9	2,2	2,2	3,3	3,6
2009	4,1	4,5	5,2	4,3	3,0	2,7	2,6	3,5	3,8	3,2	3,7	6,3	3,9
2010	7,1	5,4	5,3	4,4	3,1	2,7	2,2	1,9	2,0	2,0	2,0	3,3	3,4
2011	8,3	5,2	7,9	5,8	4,1	3,7	2,9	2,5	2,1	3,6	2,7	3,4	4,3
2012	5,5	3,7	2,7	2,6	3,1	3,9	2,8	2,1	2,2	2,0	1,7	2,3	2,9
2013	3,6	4,6	4,0	3,2	3,5	4,0	2,8	2,0	1,9	2,6	2,8	4,9	3,3
2014	4,1	3,7	3,1	2,4	1,9	1,7	1,6	1,4	1,4	1,3	2,7	3,1	2,4
2015	2,1	2,9	3,7	2,2	2,6	2,3	2,4	1,4	1,9	1,7	4,0	4,1	2,6
2016			7,3	3,6	4,6	7,0	3,1	2,6	2,4	2,4	2,7	4,8	
2017	4,9	3,9	2,9	3,3	3,0	2,2	1,9	1,7	1,3	1,6	3,3	2,3	2,7
MIN	2,06	2,52	2,69	2,21	1,88	1,72	1,55	1,37	1,28	1,32	1,70	2,28	1,28
MED	5,64	6,00	5,45	4,27	3,71	3,47	2,83	2,50	2,43	2,64	2,92	4,07	3,80
MÁX	10,06	16,49	14,12	8,80	8,82	9,68	6,72	5,88	6,50	6,30	8,29	8,89	16,49

Fonte: DAEE

Anexo 7 - Posto Fazenda Santo Inácio – Série de Vazões Médias Mensais (m³/s)

nome: Fazenda Santo Inácio				código ANA: 62/6/500									
rio: Jacaré-Guaçu		lat.: 22°03'42"		long.: 48°05'25"		Área(km²): 795		q(l/s.km²): 13,53					
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1987					13,8	9,7	8,6	6,4	8,2		11,0	13,3	
1988	16,7	12,0	16,6	13,6	11,1	9,4	8,5	7,8	7,0	8,9	7,8	6,3	10,5
1989	14,0	16,7	11,7	9,8	7,5	7,7	7,9	8,0	7,9	6,7	9,9	7,7	9,6
1990	25,5	14,5	13,7	11,7	7,7	7,7	7,7	7,9	7,8	8,9	8,0	9,1	10,8
1991	8,6	15,9	23,8	21,2	15,8	13,3	10,6	8,3	7,6	12,5	9,1	13,0	13,3
1992	10,1	10,4	12,5	10,7	11,4	8,6	9,1	6,2	7,6	8,7	10,8	10,1	9,7
1993	9,4	21,6	16,3	15,9	11,2	12,2	9,0	12,9	9,6	9,8	6,1	9,6	12,0
1994	13,8	13,7	14,2	10,6	9,0	8,2	7,9	6,7	5,6	6,4	8,4	9,6	9,5
1995	16,4	55,2	18,9	19,5	15,8	12,7	12,0	9,9	9,3	11,1	10,9	13,3	17,1
1996	27,4	15,9	20,2	14,7	12,6	11,0	10,1	9,9	12,0	10,9	12,0	12,6	14,1
1997	17,4	15,4	12,0	10,5	9,9	14,5	10,2	8,4	8,2	8,6	11,6	12,3	11,6
1998	9,9	17,4	15,8	12,3	11,4	10,3	8,4	7,8	8,0	9,8	7,1	12,0	10,8
1999	31,7	25,4	20,9	14,1	11,1	11,7	9,2	7,5	9,6	7,4	6,5	9,4	13,7
2000	12,0	16,2	12,7	8,6	7,1	6,9	7,5	7,2	9,3	6,5	12,4	14,5	10,1
2001	15,7	18,5	13,3	12,2	9,5	9,1	7,8	7,5	8,3	11,3	8,8	11,3	11,1
2002	23,0	25,0	17,1	11,8	12,6	10,3	8,8	9,4	8,3	7,5	9,1	12,1	12,9
2003	20,3	13,8	11,4	10,9	9,7	9,1	8,1	7,6	6,2	5,5	9,1	10,7	10,2
2004	12,9	14,3	12,4	10,4	10,0	9,9	8,6	8,0	6,5	8,5	8,9	10,0	10,0
2005	16,7	16,5	15,3	10,8	8,8	8,7	7,6	6,4	8,7	10,1	7,9	10,8	10,7
2006	11,2	11,6	11,1	9,0	7,1	6,9	7,1	6,9	6,5	7,4	6,7	10,5	8,5
2007	15,4	15,3	11,3	9,2	10,2	9,4	10,2	8,9	6,0	4,9	11,2	9,6	10,1
2008								8,4		7,7	5,7	6,6	
2009		9,9	9,8	9,7	7,0	6,5	7,4	7,7	7,3	6,1	8,1	15,3	
2010	20,1	14,8	14,4	11,2	8,7	7,3	6,6	5,3	4,6	6,3	5,6	7,0	9,3
2011	29,9	18,4	23,8	15,5	11,2	9,4	8,9	7,6	6,9	7,4	7,5	9,8	13,0
2012	16,2	13,3	10,6	8,8	10,6	11,1	9,4	7,6	7,5	6,1	6,8	8,6	9,7
2013	15,3	11,0	11,5	10,2	9,9	10,0	8,5	7,0	6,5	7,7	7,4	7,0	9,4
2014	6,3	4,8	7,2	5,0	4,4	3,7	3,9	3,3	4,2	3,5	4,8	6,2	4,8
MÍN	6,28	4,78	7,23	5,02	4,37	3,72	3,89	3,31	4,24	3,48	4,81	6,23	3,31
MÉD	16,63	16,82	14,54	11,85	10,18	9,45	8,51	7,73	7,60	8,01	8,54	10,30	10,76
MÁX	31,67	55,18	23,80	21,16	15,82	14,54	11,98	12,93	11,95	12,45	12,36	15,31	55,18

Fonte: ANA

Anexo 8 - Posto Fazenda São José – Série de Vazões Médias Mensais (m³/s)

nome: Fazenda São José		código ANA: 62770500											
rio: Monjolinho		lat.: 22°03'34"		long.: 48°05'24"		Área(km²): 263		q(l/s.km²): 18,16					
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1987					6,2	3,6	3,2	2,5	2,9	3,1	3,8	3,9	
1988	7,7	4,8	6,2	6,2	4,0	3,5	2,9	2,6	2,3	3,1	2,9	2,8	4,1
1989	5,9	6,2	5,1	3,5	3,1	2,8	3,2	2,9	3,4	2,4	4,0		
1990				5,8	3,5	3,0	2,7	2,8	2,6	2,9	2,7	4,3	
1991	3,3		7,7		3,7	3,6	3,9	3,2	3,1	4,1	2,5	4,8	
1992	3,7	4,7	4,9	4,3	4,9	3,1	3,3	2,9	4,7	4,3	4,4	4,6	4,1
1993	4,7	11,4	7,5	7,1	4,8	5,7	3,9	4,2	4,4	3,7	3,3	4,4	5,4
1994	5,5	5,6	5,3	4,6	3,6	3,5	3,3	2,7	2,4	2,8	3,0	4,0	3,9
1995	5,6	21,7	7,7	8,0	6,2	4,8	4,5	3,6	3,4	4,6	4,2	5,9	6,7
1996		8,0	9,3	6,6	5,4	4,6	4,1	3,7	3,3	4,5	5,4	7,0	
1997	7,7	8,1	6,0	5,2	5,0	7,2	4,7	4,0	3,8	3,8	6,0	5,4	5,6
1998	5,1	7,6	7,7	5,9	5,2	4,3	3,7	3,6	3,7	5,2	3,3	7,0	5,2
1999	16,0	13,3	9,5	6,9	5,4	5,1	3,8	3,3	4,0	3,2	3,2	5,1	6,6
2000	6,2	9,6	7,4	4,8	4,1	3,7	3,9	3,6	4,9	3,3	6,0	7,3	5,4
2001	7,0	7,3	6,3	4,8	4,4	3,7	3,3	3,4	3,8	4,0	4,1	6,2	4,9
2002	12,0	13,8	8,4	5,6	5,5	4,5	4,0	4,2	3,9	3,6	5,1	8,9	6,6
2003	10,1	6,6	6,2	4,8	4,6	4,4	4,2	4,1	4,3	4,0	4,1	4,6	5,2
2004	5,4	9,7	4,9	3,7	4,2	4,0	4,0	3,7	3,5	3,7	3,6	7,3	4,8
2005		7,2	8,9	4,3	3,7	3,3	3,3	3,1	4,6	3,6	3,1	4,2	
2006	4,0	4,3	4,6	3,6	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,2	4,4	4,8	3,7
2007		6,0	6,6	5,0	5,1	5,2	5,8	4,0	2,7		3,8	3,7	
2008								4,7		3,7	2,6		
2009					2,9				4,0	3,4	5,0		
2010		10,6	8,3	5,3	5,2	5,7	5,1	3,6	3,8	4,0	4,0	4,3	
2011	12,3	7,4	10,1	6,8	4,8	4,5	3,7	3,4	3,2	4,4	3,8	4,5	5,7
2012	7,4	5,7	4,4	4,7	5,0	5,3	4,1	3,3	3,7	3,9	4,6	5,6	4,8
2013	9,5	4,9	4,5	3,6	2,8	2,9	2,6	2,8	2,3	2,4	2,6	2,5	3,6
2014	2,2	2,2	2,5	2,5	2,5	2,0	2,0	1,9	2,5	1,7	3,0	3,9	2,4
MÍN	2,19	2,21	2,46	2,47	2,47	2,03	2,03	1,90	2,31	1,73	2,49	2,54	1,73
MÉD	7,07	8,11	6,67	5,15	4,40	4,13	3,70	3,37	3,49	3,58	3,89	5,08	4,78
MÁX	16,03	21,66	10,09	7,95	6,25	7,22	5,78	4,69	4,92	5,20	6,02	8,89	21,66

Fonte: ANA

Anexo 9 - Posto Montante-Lençóis – Série de Vazões Médias Mensais (m³/s)

nome: Montante Lençóis		código DAEE: 5D-013											
rio: Lençóis		lat.: 22°34'19"		long.: 48°51'22"		Área(km²): 185		q(l/s.km²): 10,55					
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
2012				1,5	2,1	3,1	1,6	1,3	1,7	1,3	2,1		
2013	4,6		4,6	3,6	2,6	2,8	2,2	1,7	1,9	2,4	1,6	1,6	
2014	2,0	1,7	1,6	1,7	1,5	1,1	1,2	1,0	1,2	0,9	1,1	3,4	1,5
2015	1,3	1,8	1,6	1,0	1,2	1,3	1,8	1,0	1,6	1,1	2,4	1,3	1,4
2016	5,1	3,6	3,4	1,8	2,2	3,1	1,7	1,7	1,6	2,1	1,6	1,6	2,5
2017	3,0	2,2	1,7	1,5	2,5	1,6	1,3	1,6	1,0	1,5	2,1	1,5	1,8
MIN	1,26	1,65	1,57	1,03	1,24	1,10	1,18	1,01	1,01	0,85	1,07	1,32	0,85
MÉD	3,21	2,32	2,57	1,82	2,01	2,18	1,63	1,40	1,50	1,53	1,81	1,88	1,95
MÁX	5,14	3,63	4,60	3,55	2,59	3,14	2,21	1,74	1,88	2,36	2,40	3,36	5,14

Fonte: DAEE

Anexo 10 - Posto Usina Lençóis – Série de Vazões Médias Mensais (m³/s)

nome: Usina Lençóis		código DAEE: 5D-012											
rio: Lençóis		lat.: 22°30'46"		long.: 48°38'38"		Área(km²): 957		q(l/s.km²): 11,18					
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1960	15,0	16,8	15,5	12,6	11,0	10,8	9,1	7,7	6,2	7,0	7,3	10,9	10,8
1961	11,0	11,8	11,6	12,6	10,5	8,5	7,7	6,6	5,7	7,6	7,5	9,4	9,2
1962	14,9	14,6	26,1	20,1	16,2	14,9	10,8	10,0	8,7	13,5	9,4	9,4	14,0
1963	15,8	15,3	11,1	9,5	8,5	8,3	7,6	6,5	6,3	7,7		7,6	
1964	5,2	12,5	6,5	5,6	6,1	5,7	5,4	5,1	5,7	6,3	6,2	16,4	7,2
1965	23,1	37,5	35,3	23,8	22,1	18,3	16,9	12,4	9,1	11,8			
1966								9,4	9,3	9,9	11,5	9,8	
1967	13,4	15,3	8,9	8,0	8,0	8,2	6,3	4,7			10,0	13,3	
1968	18,1	15,8			8,1	7,7	6,6	5,9	5,9	6,1	6,5	6,3	
1969						3,9	3,7	3,6	3,3	5,9			
1970					8,0	7,6	6,8	6,1	8,1	6,8	4,8	5,9	
1971	7,6	4,7	8,2	4,9	5,1	6,2	4,8	4,4	4,4	5,6	3,9	5,6	5,4
1972	10,9	23,0	13,3	11,2	9,4	7,7	10,3	7,9	8,1	19,5	11,2	10,3	11,9
1973	11,5	11,9	11,6	10,5	8,9	8,8	7,4	6,0	6,4	6,0	6,4	10,2	8,8
1974	14,0	10,6	22,4	15,1	12,1	13,3	9,5	8,7	7,4	9,5	6,7	18,5	12,3
1975	16,3	17,6	12,4	10,6	9,0	7,8	7,7	6,4	5,6	6,8			
1976	15,0	15,7	17,7	13,3	15,8	17,2	15,0	15,4	17,1	18,7	20,1	24,2	17,1
1977	23,8	22,0	17,8	21,4	13,9	13,5	11,3	9,4	9,4	8,5	9,4	21,0	15,1
1978	11,5	10,3	16,8	9,9	12,2	10,3	10,4	8,2	9,0	7,5	10,6	10,0	10,6
1979	9,6	9,1	8,3	6,5	8,4	6,2	6,3	7,4	8,8	7,1	7,6	8,2	7,8
1980	10,5	16,8	13,3	11,6	9,9	9,4	7,9	7,1	7,1	6,2	6,6	16,8	10,3
MIN	5,19	4,71	6,46	4,85	5,14	3,88	3,70	3,56	3,33	5,55	3,89	5,64	3,33
MÉD	13,73	15,62	15,10	12,18	10,69	9,71	8,58	7,55	7,57	8,90	8,57	11,87	10,70
MÁX	23,79	37,52	35,28	23,83	22,08	18,26	16,88	15,35	17,12	19,52	20,10	24,16	37,52

Fonte: DAEE

Anexo 11 – Usina Ibitinga – Série de Vazões Médias Mensais (m³/s)

nome: UHE Ibitinga													
rio: Tietê		lat.: 21°45'27"		long.: 48°59'29"		Área(km²): 44.600		q(l/s.km²): 13,16					
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1931	1298,0	2446,0	1628,0	1151,0	755,0	556,0	440,0	359,0	508,0	459,0	468,0	1135,0	933,6
1932	1165,0	1036,0	1055,0	651,0	565,0	545,0	374,0	362,0	278,0	391,0	357,0	1018,0	649,8
1933	888,0	733,0	536,0	363,0	390,0	311,0	268,0	227,0	248,0	274,0	212,0	360,0	400,8
1934	605,0	630,0	496,0	345,0	249,0	221,0	184,0	169,0	206,0	253,0	201,0	1195,0	396,2
1935	622,0	1134,0	948,0	574,0	352,0	349,0	263,0	271,0	428,0	1026,0	476,0	464,0	575,6
1936	833,0	613,0	1013,0	532,0	373,0	257,0	229,0	265,0	468,0	305,0	304,0	924,0	509,7
1937	1361,0	918,0	873,0	926,0	690,0	598,0	358,0	309,0	253,0	474,0	663,0	725,0	679,0
1938	746,0	605,0	633,0	522,0	416,0	348,0	277,0	307,0	341,0	535,0	485,0	743,0	496,5
1939	1133,0	895,0	622,0	501,0	444,0	401,0	290,0	231,0	221,0	199,0	350,0	645,0	494,3
1940	1201,0	1901,0	1021,0	560,0	451,0	326,0	259,0	222,0	212,0	252,0	374,0	415,0	599,5
1941	616,0	381,0	388,0	347,0	204,0	185,0	215,0	166,0	331,0	495,0	542,0	688,0	379,8
1942	639,0	825,0	857,0	602,0	384,0	356,0	413,0	246,0	234,0	209,0	234,0	523,0	460,2
1943	614,0	767,0	755,0	437,0	272,0	258,0	211,0	192,0	223,0	386,0	432,0	338,0	407,1
1944	473,0	497,0	879,0	376,0	263,0	215,0	208,0	172,0	158,0	161,0	296,0	256,0	329,5
1945	311,0	847,0	477,0	314,0	239,0	449,0	422,0	226,0	208,0	198,0	394,0	450,0	377,9
1946	968,0	1048,0	977,0	532,0	355,0	349,0	351,0	245,0	205,0	296,0	301,0	277,0	492,0
1947	950,0	1304,0	1558,0	712,0	545,0	415,0	377,0	354,0	442,0	466,0	379,0	933,0	702,9
1948	1006,0	1225,0	1190,0	728,0	510,0	403,0	336,0	360,0	266,0	275,0	389,0	377,0	588,8
1949	593,0	882,0	621,0	564,0	370,0	339,0	269,0	218,0	201,0	198,0	256,0	663,0	431,2
1950	880,0	1605,0	1102,0	866,0	563,0	432,0	369,0	288,0	254,0	451,0	397,0	603,0	650,8
1951	1139,0	1326,0	1259,0	669,0	462,0	405,0	363,0	328,0	282,0	298,0	342,0	492,0	613,8
1952	548,0	879,0	1025,0	564,0	342,0	435,0	310,0	245,0	263,0	288,0	380,0	298,0	464,8
1953	501,0	521,0	349,0	440,0	281,0	274,0	242,0	238,0	244,0	271,0	297,0	394,0	337,7
1954	550,0	779,0	591,0	373,0	481,0	380,0	263,0	204,0	179,0	239,0	214,0	285,0	378,2
1955	637,0	312,0	419,0	299,0	222,0	229,0	214,0	200,0	230,0	175,0	331,0	376,0	303,7
1956	413,0	421,0	521,0	336,0	511,0	628,0	377,0	518,0	316,0	333,0	258,0	296,0	410,7
1957	882,0	926,0	799,0	634,0	400,0	337,0	465,0	389,0	736,0	517,0	612,0	620,0	609,8
1958	726,0	1084,0	1142,0	804,0	799,0	826,0	541,0	393,0	456,0	446,0	597,0	684,0	708,2
1959	1048,0	843,0	804,0	715,0	479,0	386,0	318,0	349,0	284,0	294,0	349,0	654,0	543,6
1960	1150,0	1056,0	1152,0	622,0	548,0	468,0	375,0	308,0	260,0	330,0	469,0	1099,0	653,1
1961	1213,0	989,0	1054,0	738,0	657,0	449,0	346,0	310,0	276,0	285,0	394,0	453,0	597,0
1962	563,0	864,0	1366,0	592,0	438,0	398,0	333,0	320,0	326,0	579,0	491,0	614,0	573,7
1963	1535,0	1071,0	641,0	405,0	298,0	305,0	296,0	268,0	252,0	284,0	373,0	287,0	501,3
1964	208,0	888,0	352,0	289,0	308,0	227,0	237,0	228,0	217,0	343,0	347,0	770,0	367,8
1965	1574,0	1659,0	1467,0	710,0	797,0	485,0	447,0	331,0	260,0	639,0	576,0	1132,0	839,8
1966	1008,0	930,0	1030,0	554,0	422,0	311,0	261,0	264,0	296,0	377,0	478,0	856,0	565,6
1967	1224,0	1290,0	1020,0	596,0	389,0	479,0	354,0	242,0	326,0	390,0	553,0	692,0	629,6
1968	1155,0	614,0	604,0	459,0	370,0	345,0	284,0	285,0	249,0	273,0	206,0	318,0	430,2
1969	306,0	337,0	330,0	262,0	148,0	210,0	152,0	140,0	128,0	312,0	682,0	452,0	288,3
1970	1123,0	1791,0	1119,0	618,0	488,0	397,0	326,0	305,0	469,0	383,0	309,0	456,0	648,7
1971	542,0	328,0	547,0	393,0	314,0	450,0	358,0	263,0	252,0	423,0	269,0	407,0	378,8
1972	927,0	1410,0	788,0	576,0	409,0	319,0	454,0	405,0	380,0	1066,0	730,0	593,0	671,4
1973	743,0	779,0	576,0	646,0	455,0	370,0	373,0	318,0	336,0	421,0	531,0	796,0	528,7
1974	1248,0	763,0	1314,0	726,0	475,0	573,0	423,0	301,0	269,0	347,0	372,0	793,0	633,7
1975	908,0	1106,0	730,0	421,0	297,0	256,0	261,0	196,0	199,0	339,0	492,0	897,0	508,5
1976	877,0	1423,0	1088,0	770,0	711,0	1030,0	943,0	738,0	916,0	964,0	724,0	852,0	919,7
1977	1410,0	1002,0	668,0	889,0	466,0	471,0	330,0	289,0	393,0	359,0	431,0	1050,0	646,5
1978	694,0	500,0	673,0	330,0	387,0	422,0	405,0	274,0	309,0	263,0	686,0	755,0	474,8
1979	708,0	576,0	470,0	367,0	446,0	333,0	302,0	379,0	478,0	438,0	460,0	665,0	468,5
1980	740,0	993,0	703,0	689,0	395,0	386,0	346,0	286,0	310,0	301,0	351,0	785,0	523,8

1981	1242,0	573,0	443,0	383,0	324,0	352,0	271,0	252,0	210,0	433,0	727,0	728,0	494,8
1982	1037,0	1097,0	1012,0	654,0	459,0	819,0	656,0	478,0	393,0	789,0	741,0	1494,0	802,4
1983	1830,0	2190,0	1663,0	1283,0	1260,0	2908,0	1093,0	763,0	1340,0	1171,0	1068,0	1201,0	1480,8
1984	1228,0	810,0	548,0	583,0	529,0	363,0	335,0	432,0	501,0	373,0	365,0	609,0	556,3
1985	743,0	751,0	1033,0	683,0	540,0	410,0	356,0	320,0	362,0	273,0	343,0	339,0	512,8
1986	418,0	649,0	783,0	471,0	444,0	306,0	273,0	442,0	279,0	273,0	354,0	1148,0	486,7
1987	1110,0	1465,0	855,0	560,0	956,0	1080,0	547,0	413,0	456,0	454,0	468,0	591,0	746,3
1988	869,0	976,0	1264,0	808,0	737,0	781,0	442,0	356,0	306,0	489,0	523,0	612,0	680,3
1989	1591,0	1614,0	1015,0	672,0	505,0	480,0	460,0	701,0	511,0	385,0	418,0	546,0	741,5
1990	1572,0	650,0	922,0	577,0	502,0	380,0	511,0	424,0	432,0	473,0	492,0	491,0	618,8
1991	778,0	1542,0	1666,0	1586,0	928,0	643,0	564,0	437,0	351,0	760,0	413,0	713,0	865,1
1992	552,0	585,0	742,0	652,0	622,0	380,0	359,0	320,0	448,0	519,0	858,0	811,0	570,7
1993	903,0	1454,0	951,0	737,0	541,0	672,0	410,0	408,0	700,0	643,0	416,0	471,0	692,2
1994	817,0	996,0	763,0	559,0	421,0	382,0	360,0	299,0	258,0	293,0	400,0	769,0	526,4
1995	1007,0	2678,0	1147,0	1088,0	710,0	541,0	565,0	391,0	356,0	580,0	513,0	620,0	849,7
1996	1475,0	943,0	1559,0	673,0	509,0	417,0	380,0	362,0	588,0	607,0	576,0	753,0	736,8
1997	1621,0	1409,0	648,0	499,0	471,0	746,0	451,0	375,0	419,0	457,0	799,0	865,0	730,0
1998	693,0	1203,0	1150,0	739,0	691,0	503,0	400,0	407,0	480,0	731,0	369,0	937,0	691,9
1999	1898,0	1688,0	1320,0	726,0	562,0	614,0	468,0	346,0	405,0	317,0	295,0	484,0	760,3
2000	855,0	1032,0	769,0	466,0	331,0	288,0	339,0	342,0	530,0	303,0	544,0	862,0	555,1
2001	811,0	1176,0	724,0	488,0	426,0	338,0	311,0	300,0	309,0	564,0	411,0	806,0	555,3
2002	1355,0	1313,0	941,0	507,0	523,0	372,0	332,0	372,0	314,0	224,0	476,0	613,0	611,8
2003	1063,0	1104,0	697,0	491,0	352,0	314,0	274,0	243,0	227,0	279,0	405,0	566,0	501,3
2004	772,0	1081,0	728,0	577,0	496,0	572,0	519,0	305,0	248,0	401,0	474,0	642,0	567,9
2005	1273,0	778,0	925,0	519,0	683,0	449,0	375,0	307,0	371,0	465,0	432,0	609,0	598,8
2006	780,0	1036,0	936,0	747,0	374,0	339,0	371,0	299,0	323,0	375,0	370,0	713,0	555,3
2007	1580,0	1005,3	706,9	429,3	388,9	339,4	626,2	334,3	221,5	265,4	548,7	621,0	588,9
2008	742,7	961,0	751,9	674,9	596,5	505,5	302,3	398,9	268,9	394,5	392,6	460,0	537,5
2009	736,7	1145,3	704,7	458,9	362,8	355,9	523,2	499,4	714,5	569,5	708,2	1663,4	703,5
2010	2151,7	1533,6	1045,6	953,7	570,1	469,7	502,6	318,3	328,6	389,5	367,6	841,9	789,4
2011	2092,6	1013,8	1408,1	861,5	552,9	527,4	400,8	362,0	327,5	593,2	623,5	710,4	789,5
2012	1316,7	914,7	601,8	528,5	653,0	1095,9	623,2	374,1	350,9	375,8	384,9	760,2	665,0
2013	1240,1	951,7	941,0	796,2	502,9	746,5	657,6	384,7	365,8	516,9	460,7	436,4	666,7
2014	517,3	321,5	519,4	391,3	285,9	260,1	240,2	207,2	250,9	170,2	318,1	506,5	332,4
2015	410,8	828,7	822,7	408,0	366,0	335,5	393,5	249,2	557,5	385,7	789,4	878,7	535,5
MÍN	208,0	312,0	330,0	262,0	148,0	185,0	152,0	140,0	128,0	161,0	201,0	256,0	128,0
MÉD	968,0	1026,1	881,6	603,8	479,5	470,4	382,4	326,2	353,9	418,5	454,8	675,6	586,7
MÁX	2151,7	2678,0	1666,0	1586,0	1260,0	2908,0	1093,0	763,0	1340,0	1171,0	1068,0	1663,4	2908,0

Fonte: ONS

Anexo 12 – Vetor regional resultante (l/s.km²)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1931	28,0	52,7	35,1	24,8	16,3	12,0	9,5	7,7	10,9	9,9	10,1	24,4	20,1
1932	25,1	22,3	22,7	14,0	12,2	11,7	8,1	7,8	6,0	8,4	7,7	21,9	14,0
1933	19,1	15,8	11,5	7,8	8,4	6,7	5,8	4,9	5,3	5,9	4,6	7,8	8,6
1934	13,0	13,6	10,7	7,4	5,4	4,8	4,0	3,6	4,4	5,4	4,3	25,7	8,5
1935	13,4	24,4	20,4	12,4	7,6	7,5	5,7	5,8	9,2	22,1	10,3	10,0	12,4
1936	17,9	13,2	21,8	11,5	8,0	5,5	4,9	5,7	10,1	6,6	6,5	19,9	11,0
1937	29,3	19,8	18,8	19,9	14,9	12,9	7,7	6,7	5,4	10,2	14,3	15,6	14,6
1938	16,1	13,0	13,6	11,2	9,0	7,5	6,0	6,6	7,3	11,5	10,4	17,8	10,8
1939	23,3	18,1	14,7	11,3	10,7	10,5	8,0	6,4	6,2	5,7	7,4	14,6	11,4
1940	19,3	42,3	23,9	13,2	10,9	7,8	6,8	6,1	5,7	6,7	9,0	9,9	13,5
1941	17,6	11,5	9,2	9,9	6,7	6,1	5,8	5,0	8,7	8,3	11,9	11,0	9,3
1942	12,5	16,9	28,6	18,7	10,7	9,4	9,3	6,9	6,5	5,9	6,1	11,5	11,9
1943	18,0	23,4	18,7	10,6	8,0	7,5	6,0	5,2	5,7	10,1	9,3	9,3	11,0
1944	10,9	13,4	18,5	10,5	7,7	6,5	5,6	4,9	4,3	5,0	7,8	5,9	8,4
1945	6,1	12,7	7,7	6,2	5,1	9,8	7,7	5,2	4,6	4,8	9,6	9,0	7,4
1946	18,5	19,8	23,5	11,8	8,7	8,2	7,9	5,8	5,0	6,1	5,8	5,8	10,6
1947	17,2	25,7	26,9	13,3	10,8	8,2	7,9	6,8	7,8	8,1	6,7	15,3	12,9
1948	18,2	23,5	22,1	13,7	10,4	8,4	7,9	8,0	6,2	6,4	11,2	8,2	12,0
1949	12,8	16,7	15,5	12,6	9,6	8,2	6,7	5,9	4,8	4,2	5,1	15,1	9,8
1950	17,8	33,0	17,8	16,2	11,6	8,8	7,7	6,3	6,0	9,0	8,0	10,0	12,7
1951	18,9	24,4	27,8	13,8	9,0	7,9	6,8	6,2	5,5	5,8	8,4	9,3	12,0
1952	10,0	15,4	22,6	13,0	8,1	8,5	6,7	5,7	5,2	5,4	7,6	5,8	9,5
1953	9,2	10,5	8,2	8,9	7,2	6,1	5,3	4,7	5,3	5,4	5,8	8,4	7,1
1954	13,4	16,5	12,9	8,6	9,8	8,6	6,4	4,9	3,8	4,7	4,1	6,8	8,4
1955	11,1	7,2	8,6	7,0	5,5	5,4	4,5	4,1	4,2	3,6	5,9	8,2	6,3
1956	8,1	8,5	9,1	7,4	11,1	11,7	8,6	11,0	7,2	7,1	5,4	5,6	8,4
1957	21,9	21,7	16,3	13,6	9,5	7,9	10,5	8,2	12,2	11,1	13,2	13,4	13,3
1958	19,7	21,9	24,6	17,3	17,2	17,8	11,7	8,5	9,8	9,6	12,9	14,7	15,5
1959	22,6	18,2	17,3	15,4	10,3	8,3	6,8	7,5	6,1	6,3	7,5	14,1	11,7
1960	21,8	21,5	22,0	14,0	12,3	11,2	9,2	7,6	6,3	7,6	9,5	19,1	13,5
1961	20,5	18,1	18,9	15,5	13,4	9,8	8,1	7,1	6,2	7,3	8,6	10,3	12,0
1962	14,4	18,0	29,9	17,3	13,5	12,3	9,5	8,9	8,4	13,9	10,8	12,3	14,1
1963	26,9	20,9	13,5	9,8	7,9	7,9	7,5	6,5	6,3	7,4	8,0	7,3	10,8
1964	5,2	17,2	7,6	6,4	6,8	5,6	5,6	5,3	5,5	7,4	7,4	17,7	8,2
1965	31,0	39,3	35,8	20,7	20,9	15,1	13,9	10,3	7,7	13,8	12,4	24,4	20,4
1966	21,7	20,0	22,2	11,9	9,1	6,7	5,6	7,9	8,3	9,6	11,6	15,5	12,5
1967	21,9	23,7	17,1	11,4	8,8	10,0	7,5	5,3	7,0	8,4	11,8	15,2	12,4
1968	23,4	15,5	13,0	9,9	8,6	8,1	6,8	6,5	6,0	6,4	5,8	7,1	9,8
1969	6,6	7,3	7,1	5,6	3,2	4,5	4,2	3,5	3,6	6,8	12,1	9,2	6,2
1970	21,2	38,6	20,5	13,3	10,7	8,7	7,4	6,8	9,9	8,1	7,3	9,7	13,5
1971	10,4	7,8	10,5	7,9	7,7	9,2	7,4	6,2	6,2	8,4	6,2	10,0	8,2
1972	15,5	25,6	17,7	13,9	10,7	9,2	11,9	9,8	9,0	19,4	15,2	13,1	14,2
1973	14,9	14,9	13,0	14,5	11,2	9,8	8,6	7,4	7,4	7,6	9,2	15,5	11,2
1974	25,1	15,9	24,5	16,8	12,3	13,2	10,7	8,6	7,3	8,6	7,8	15,6	13,9
1975	16,8	19,4	14,3	11,0	8,5	7,6	7,8	6,5	5,9	8,5	8,7	16,0	10,9
1976	17,5	24,6	21,6	16,5	15,9	20,0	17,5	15,8	17,3	17,9	16,9	20,6	18,5
1977	26,4	22,1	17,2	21,4	13,7	13,1	10,6	9,2	10,8	9,4	11,5	24,1	15,8
1978	15,3	13,5	17,6	10,9	11,7	11,3	11,5	8,9	9,7	8,0	13,8	16,4	12,4
1979	16,2	14,5	12,6	10,3	12,1	9,1	8,5	9,1	11,1	9,9	10,1	13,6	11,4
1980	15,4	19,8	16,8	15,6	11,3	10,9	10,3	9,1	8,8	8,9	8,9	18,3	12,8
1981	23,8	15,4	13,0	10,7	9,5	11,3	8,7	8,3	7,8	13,5	15,6	18,5	13,0
1982	21,6	23,8	28,2	18,9	15,4	18,4	14,9	12,2	10,1	17,9	14,0	23,6	18,3
1983	31,8	46,6	37,0	25,9	26,1	42,7	21,7	17,8	24,3	22,6	23,9	27,4	29,0
1984	27,4	20,9	17,6	16,6	14,5	11,6	10,5	12,6	12,3	10,1	10,0	12,9	14,8

1985	18,3	15,3	18,3	17,9	13,1	11,5	10,0	9,0	8,9	7,4	11,0	10,2	12,6
1986	12,3	17,0	19,1	12,9	12,3	9,4	9,0	11,5	8,5	7,7	8,1	22,6	12,5
1987	22,7	32,9	18,4	13,5	17,7	14,1	10,7	8,8	9,9	9,6	11,4	13,8	15,3
1988	18,8	16,1	21,2	17,1	13,3	12,3	9,6	8,5	7,5	10,4	10,7	10,3	13,0
1989	21,2	24,1	17,7	12,7	10,6	10,2	10,3	11,3	10,7	7,9	11,1	13,2	13,4
1990	31,2	16,4	19,5	15,9	12,0	10,0	10,2	9,8	9,3	10,4	10,5	12,6	14,0
1991	12,6	23,9	25,1	27,8	16,7	13,7	12,8	10,1	8,9	13,9	8,4	14,8	15,7
1992	12,5	13,7	15,6	14,1	15,2	10,1	10,0	8,7	12,4	12,4	14,7	16,0	12,9
1993	15,1	31,9	21,5	20,9	14,3	16,2	11,5	12,7	14,6	12,3	9,8	13,3	16,2
1994	20,5	18,3	17,4	13,8	11,2	10,6	10,1	8,5	7,2	8,7	10,2	15,0	12,6
1995	19,6	61,8	24,1	23,9	18,2	14,7	14,0	11,0	10,2	13,4	12,4	15,8	19,9
1996	30,8	21,4	26,5	17,0	14,1	12,2	11,2	10,4	12,5	12,7	14,8	18,0	16,8
1997	25,7	24,6	16,0	13,8	13,2	19,9	13,0	10,7	10,7	11,0	17,1	16,5	16,0
1998	13,8	21,1	20,8	15,7	14,3	12,0	10,0	9,8	10,2	13,9	9,1	18,0	14,0
1999	42,7	34,4	27,9	19,2	14,8	14,7	11,8	9,7	11,7	9,4	8,7	13,9	18,2
2000	17,8	24,9	19,4	13,3	10,9	10,1	10,6	10,1	13,4	9,0	15,8	20,7	14,7
2001	19,0	22,1	17,4	13,5	12,0	10,2	9,2	9,2	10,0	13,0	10,9	16,4	13,6
2002	31,5	33,4	22,1	14,5	14,4	11,7	10,4	11,1	10,1	8,6	12,4	18,8	16,6
2003	26,5	20,5	16,4	13,5	12,0	10,9	9,8	9,3	8,9	8,8	11,6	15,4	13,6
2004	17,3	23,4	15,4	12,8	13,3	12,8	11,7	9,7	8,4	10,4	11,0	16,6	13,6
2005	27,1	20,5	22,3	13,3	12,7	11,1	10,0	8,7	10,7	10,7	9,6	13,1	14,1
2006	13,8	17,1	15,6	12,6	9,3	9,0	8,8	8,2	8,3	9,4	9,8	14,4	11,4
2007	29,8	21,8	18,9	13,7	13,3	12,2	14,7	10,5	7,5	7,4	12,9	12,4	14,6
2008	17,2	18,8	18,7	15,1	13,0	11,8	9,0	11,1	7,4	9,9	8,7	10,8	12,6
2009	18,3	18,1	15,1	12,3	9,2	8,9	10,5	11,8	12,5	10,9	13,9	25,6	13,9
2010	32,8	26,2	21,7	17,6	13,7	12,8	11,9	9,0	8,8	9,7	9,5	13,4	15,6
2011	36,6	21,7	29,0	19,6	14,1	12,8	10,8	9,6	8,8	12,5	11,5	13,8	16,7
2012	22,9	17,0	12,9	11,8	13,8	17,5	12,0	9,0	10,3	9,5	10,9	14,3	13,5
2013	24,3	17,4	18,1	14,9	12,3	14,0	11,6	9,2	8,8	10,8	10,2	10,4	13,5
2014	10,2	8,3	10,1	8,6	7,6	6,6	6,4	5,7	7,1	5,3	8,4	12,3	8,0
2015	9,4	13,5	14,5	9,7	9,1	8,6	9,8	6,0	10,5	7,5	16,6	15,5	10,9
2016	30,8	21,2	23,2	13,1	14,2	18,2	11,4	11,2	10,4	12,0	11,7	14,4	16,0
2017	19,9	15,7	12,5	12,3	14,5	11,0	9,6	9,9	7,6	9,4	12,9	10,3	12,1
MÍN	5,2	7,2	7,1	5,6	3,2	4,5	4,0	3,5	3,6	3,6	4,1	5,6	3,2
MÉD	19,6	21,1	18,7	13,9	11,6	10,9	9,2	8,3	8,5	9,5	10,2	14,3	13,0
MÁX	42,7	61,8	37,0	27,8	26,1	42,7	21,7	17,8	24,3	22,6	23,9	27,4	61,8

Anexo 13 – Posto Acima da Represa – Vazões específicas resultantes (l/s.km²)

nome: Acima da Represa				código DAEE: 5D-007				Área(km ²): 113					
rio: Pinheirinhos				lat.: 22°24'00"				long.: 48°10'00"					
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1931	35,24	66,41	44,20	31,25	20,50	15,09	11,95	9,75	13,79	12,46	12,71	30,81	25,3
1932	31,63	28,13	28,64	17,67	15,34	14,80	10,15	9,83	7,55	10,62	9,69	27,64	17,6
1933	24,11	19,90	14,55	9,86	10,59	8,44	7,28	6,16	6,73	7,44	5,76	9,77	10,9
1934	16,43	17,10	13,47	9,37	6,76	6,00	5,00	4,59	5,59	6,87	5,46	32,44	10,8
1935	16,89	30,79	25,74	15,58	9,56	9,48	7,14	7,36	11,62	27,85	12,92	12,60	15,6
1936	22,62	16,64	27,50	14,44	10,13	6,98	6,22	7,19	12,71	8,28	8,25	25,09	13,8
1937	36,95	24,92	23,70	25,14	18,73	16,24	9,72	8,39	6,87	12,87	18,00	19,68	18,4
1938	20,25	16,43	17,19	14,17	11,29	9,45	7,52	8,33	9,26	14,52	13,17	23,98	13,80
1939	28,32	21,86	19,65	14,69	14,78	14,51	11,68	10,35	10,09	9,56	10,27	19,38	15,43
1940	23,72	53,27	33,45	17,70	14,16	11,42	10,44	9,73	9,38	10,00	12,21	13,45	18,24
1941	23,19	15,75	11,95	11,95	9,82	9,56	9,03	8,05	12,21	10,44	15,22	12,65	12,49
1942	15,40	19,82	39,29	23,81	16,11	14,25	13,36	10,71	9,82	9,20	9,82	15,93	16,46
1943	24,16	30,62	23,36	16,37	13,36	12,04	10,35	9,12	8,85	13,89	12,30	13,10	15,63
1944	14,25	21,59	23,89	15,40	12,12	10,62	9,20	8,05	6,28	6,90	9,73	7,43	12,12
1945	7,35	12,12	8,32	7,35	6,73	12,30	9,03	6,99	6,46	6,46	11,42	10,97	8,79
1946	19,12	20,80	25,66	15,84	12,04	10,97	9,91	7,52	6,64	7,35	6,64	7,17	12,47
1947	15,75	25,75	27,79	14,25	12,04	9,56	8,94	8,05	8,58	8,85	7,79	14,96	13,53
1948	22,99	29,60	27,80	17,25	13,14	10,59	9,96	10,04	7,84	8,05	14,10	10,31	15,1
1949	16,14	21,07	19,49	15,90	12,06	10,30	8,42	7,40	6,02	5,32	6,40	19,02	12,3
1950	22,48	41,61	22,39	20,36	14,63	11,04	9,73	7,98	7,54	11,28	10,03	12,56	16,0
1951	23,81	30,71	35,07	17,38	11,31	10,01	8,63	7,77	6,97	7,31	10,56	11,69	15,1
1952	12,64	19,47	28,44	16,43	10,16	10,71	8,41	7,16	6,55	6,80	9,63	7,27	12,0
1953	11,65	13,23	10,30	11,26	9,06	7,71	6,66	5,87	6,71	6,83	7,30	10,54	8,9
1954	16,91	20,75	16,32	10,88	12,39	10,88	8,05	6,15	4,77	5,92	5,18	8,54	10,6
1955	13,97	9,10	10,85	8,83	6,94	6,76	5,66	5,16	5,32	4,54	7,43	10,28	7,9
1956	10,22	10,74	11,48	9,33	13,99	14,77	10,87	13,90	9,11	8,89	6,77	7,01	10,6
1957	27,66	27,30	20,53	17,14	11,99	10,01	13,21	10,28	15,40	14,04	16,62	16,83	16,7
1958	24,79	27,61	31,00	21,83	21,69	22,43	14,69	10,67	12,38	12,11	16,21	18,57	19,5
1959	28,45	22,89	21,83	19,41	13,00	10,48	8,63	9,48	7,71	7,98	9,48	17,76	14,8
1960	27,43	27,09	27,74	17,60	15,45	14,08	11,57	9,62	7,95	9,55	11,92	24,08	17,0
1961	25,90	22,86	23,78	19,47	16,90	12,36	10,23	8,98	7,87	9,23	10,87	12,98	15,1
1962	18,13	22,66	37,73	21,84	16,98	15,54	12,00	11,27	10,55	17,55	13,57	15,49	17,8
1963	33,95	26,38	17,01	12,31	9,96	9,95	9,39	8,25	7,92	9,29	10,13	9,22	13,6
1964	6,51	21,72	9,56	8,03	8,63	7,12	7,09	6,73	6,94	9,33	9,33	22,33	10,3
1965	39,12	49,48	45,07	26,03	26,31	19,02	17,56	12,96	9,75	17,41	15,64	30,73	25,8
1966	27,37	25,25	27,96	15,04	11,46	8,44	7,09	9,99	10,44	12,09	14,66	19,53	15,8
1967	27,61	29,83	21,58	14,38	11,11	12,65	9,48	6,72	8,85	10,59	14,93	19,16	15,6
1968	29,46	19,53	16,40	12,46	10,85	10,23	8,59	8,18	7,58	8,10	7,29	8,94	12,3
1969	8,31	9,15	8,96	7,11	4,02	5,72	5,25	4,42	4,60	8,62	15,30	11,61	7,8
1970	26,69	48,62	25,90	16,76	13,53	10,95	9,37	8,62	12,43	10,27	9,23	12,23	17,1
1971	13,15	9,89	13,19	9,95	9,66	11,64	9,39	7,81	7,81	10,65	7,77	12,60	10,3
1972	19,54	32,24	22,27	17,56	13,43	11,54	14,97	12,36	11,32	24,40	19,18	16,46	17,9
1973	18,79	18,75	16,41	18,33	14,13	12,39	10,79	9,38	9,33	9,56	11,63	19,49	14,1
1974	31,66	20,01	30,84	21,23	15,51	16,60	13,52	10,80	9,19	10,85	9,78	19,66	17,5
1975	21,18	24,44	18,01	13,83	10,69	9,54	9,85	8,19	7,50	10,68	11,01	20,16	13,8
1976	22,08	30,99	27,23	20,85	20,05	25,17	22,08	19,87	21,79	22,62	21,36	25,95	23,3
1977	33,26	27,89	21,67	26,95	17,32	16,54	13,33	11,65	13,59	11,81	14,44	30,39	19,9
1978	19,22	17,01	22,22	13,79	14,76	14,30	14,47	11,18	12,22	10,14	17,44	20,65	15,6
1979	20,42	18,31	15,88	12,97	15,21	11,51	10,76	11,52	14,04	12,46	12,72	17,17	14,4
1980	19,45	25,00	21,13	19,71	14,25	13,79	12,99	11,49	11,05	11,22	11,22	23,07	16,2
1981	30,01	19,46	16,39	13,53	11,97	14,22	10,95	10,51	9,83	16,96	19,69	23,34	16,4
1982	27,25	30,01	35,55	23,85	19,39	23,21	18,77	15,43	12,72	22,52	17,66	29,79	23,0
1983	40,12	58,79	46,66	32,65	32,88	53,81	27,38	22,40	30,61	28,50	30,16	34,53	36,5

1984	34,52	26,34	22,17	20,98	18,30	14,67	13,23	15,91	15,55	12,69	12,67	16,25	18,6
1985	23,04	19,34	23,11	22,51	16,54	14,44	12,59	11,29	11,16	9,32	13,86	12,83	15,8
1986	15,57	21,41	24,08	16,28	15,44	11,86	11,38	14,46	10,69	9,67	10,22	28,49	15,8
1987	28,67	41,44	23,15	17,04	22,28	17,80	13,52	11,05	12,43	12,06	14,34	17,40	19,3
1988	23,69	20,34	26,67	21,54	16,77	15,55	12,13	10,66	9,45	13,10	13,51	13,00	16,4
1989	26,76	30,44	22,34	15,99	13,37	12,79	13,02	14,18	13,51	10,01	13,93	16,67	16,9
1990	39,35	20,73	24,57	20,00	15,08	12,61	12,85	12,32	11,68	13,09	13,22	15,85	17,6
1991	15,85	30,07	31,67	35,09	21,11	17,26	16,14	12,70	11,28	17,51	10,54	18,61	19,8
1992	15,72	17,31	19,62	17,81	19,20	12,70	12,63	10,93	15,57	15,62	18,55	20,14	16,3
1993	19,04	40,23	27,13	26,38	18,07	20,39	14,43	16,03	18,42	15,50	12,32	16,75	20,4
1994	25,89	23,05	21,89	17,36	14,17	13,38	12,75	10,73	9,13	10,96	12,87	18,88	15,9
1995	24,67	77,93	30,40	30,13	22,90	18,55	17,60	13,92	12,81	16,86	15,68	19,95	25,1
1996	38,84	26,95	33,35	21,43	17,81	15,40	14,06	13,10	15,82	15,99	18,72	22,74	21,2
1997	32,41	30,95	20,16	17,42	16,59	25,02	16,38	13,44	13,45	13,85	21,52	20,80	20,2
1998	17,33	26,63	26,23	19,75	18,06	15,10	12,54	12,30	12,82	17,50	11,50	22,67	17,7
1999	53,77	43,30	35,17	24,21	18,71	18,57	14,85	12,27	14,74	11,81	11,01	17,48	23,0
2000	22,48	31,42	24,50	16,73	13,80	12,73	13,40	12,75	16,95	11,38	19,89	26,08	18,5
2001	23,90	27,87	21,96	17,06	15,13	12,87	11,63	11,58	12,63	16,35	13,78	20,72	17,1
2002	39,68	42,10	27,88	18,23	18,20	14,74	13,13	14,00	12,77	10,85	15,58	23,73	20,9
2003	33,34	25,87	20,68	17,05	15,09	13,77	12,38	11,71	11,16	11,10	14,63	19,41	17,2
2004	21,85	29,48	19,39	16,15	16,73	16,12	14,80	12,22	10,54	13,06	13,91	20,86	17,1
2005	34,13	25,80	28,08	16,71	16,01	13,95	12,61	10,98	13,45	13,47	12,13	16,45	17,8
2006	17,39	21,54	19,71	15,93	11,72	11,39	11,12	10,33	10,51	11,91	12,33	18,20	14,3
2007	37,57	27,53	23,84	17,23	16,72	15,36	18,55	13,23	9,49	9,32	16,30	15,57	18,4
2008	21,67	23,72	23,56	19,00	16,41	14,92	11,32	14,01	9,33	12,44	10,93	13,56	15,9
2009	23,07	22,79	19,08	15,55	11,56	11,26	13,27	14,85	15,80	13,71	17,58	32,28	17,6
2010	41,36	33,00	27,31	22,20	17,24	16,13	14,95	11,38	11,14	12,19	11,94	16,88	19,6
2011	46,09	27,32	36,50	24,77	17,75	16,08	13,57	12,08	11,04	15,72	14,46	17,45	21,1
2012	28,81	21,44	16,25	14,89	17,41	22,01	15,08	11,40	12,94	12,01	13,72	18,00	17,0
2013	30,65	21,99	22,87	18,79	15,46	17,67	14,59	11,62	11,05	13,67	12,85	13,15	17,0
2014	12,86	10,40	12,67	10,87	9,60	8,36	8,03	7,22	8,94	6,63	10,62	15,45	10,1
2015	11,83	17,03	18,25	12,26	11,44	10,83	12,36	7,54	13,23	9,49	20,89	19,49	13,7
2016	38,82	26,78	29,23	16,57	17,86	22,99	14,34	14,12	13,13	15,15	14,79	18,10	20,2
2017	25,11	19,83	15,77	15,47	18,29	13,87	12,09	12,49	9,60	11,82	16,24	13,03	15,3
MÍN	6,5	9,1	8,3	7,1	4,0	5,7	5,0	4,4	4,6	4,5	5,2	7,0	4,0
MÉD	24,6	26,5	23,6	17,5	14,7	13,9	11,8	10,6	10,8	12,0	12,9	18,0	16,4
MÁX	53,8	77,9	46,7	35,1	32,9	53,8	27,4	22,4	30,6	28,5	30,2	34,5	77,9

- completado pelo Vektor Regional

Anexo 14 – Usina Três Quedas – Vazão Médias Mensais Naturais (m³/s)

nome: Usina Três Quedas rio: Pinheirinhos lat.: 22°22'40" long.: 48°10'28" Área(km²): 130,50 q(l/s.km²): 16,40													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1931	4,60	8,67	5,77	4,08	2,67	1,97	1,56	1,27	1,80	1,63	1,66	4,02	3,31
1932	4,13	3,67	3,74	2,31	2,00	1,93	1,33	1,28	0,98	1,39	1,26	3,61	2,30
1933	3,15	2,60	1,90	1,29	1,38	1,10	0,95	0,80	0,88	0,97	0,75	1,28	1,42
1934	2,14	2,23	1,76	1,22	0,88	0,78	0,65	0,60	0,73	0,90	0,71	4,23	1,40
1935	2,20	4,02	3,36	2,03	1,25	1,24	0,93	0,96	1,52	3,64	1,69	1,64	2,04
1936	2,95	2,17	3,59	1,88	1,32	0,91	0,81	0,94	1,66	1,08	1,08	3,27	1,81
1937	4,82	3,25	3,09	3,28	2,44	2,12	1,27	1,09	0,90	1,68	2,35	2,57	2,41
1938	2,64	2,14	2,24	1,85	1,47	1,23	0,98	1,09	1,21	1,90	1,72	3,13	1,80
1939	3,70	2,85	2,56	1,92	1,93	1,89	1,52	1,35	1,32	1,25	1,34	2,53	2,01
1940	3,10	6,95	4,37	2,31	1,85	1,49	1,36	1,27	1,22	1,31	1,59	1,76	2,38
1941	3,03	2,06	1,56	1,56	1,28	1,25	1,18	1,05	1,59	1,36	1,99	1,65	1,63
1942	2,01	2,59	5,13	3,11	2,10	1,86	1,74	1,40	1,28	1,20	1,28	2,08	2,15
1943	3,15	4,00	3,05	2,14	1,74	1,57	1,35	1,19	1,15	1,81	1,61	1,71	2,04
1944	1,86	2,82	3,12	2,01	1,58	1,39	1,20	1,05	0,82	0,90	1,27	0,97	1,58
1945	0,96	1,58	1,09	0,96	0,88	1,61	1,18	0,91	0,84	0,84	1,49	1,43	1,15
1946	2,49	2,71	3,35	2,07	1,57	1,43	1,29	0,98	0,87	0,96	0,87	0,94	1,63
1947	2,06	3,36	3,63	1,86	1,57	1,25	1,17	1,05	1,12	1,15	1,02	1,95	1,77
1948	3,00	3,86	3,63	2,25	1,71	1,38	1,30	1,31	1,02	1,05	1,84	1,35	1,98
1949	2,11	2,75	2,54	2,08	1,57	1,34	1,10	0,97	0,79	0,69	0,84	2,48	1,60
1950	2,93	5,43	2,92	2,66	1,91	1,44	1,27	1,04	0,98	1,47	1,31	1,64	2,08
1951	3,11	4,01	4,58	2,27	1,48	1,31	1,13	1,01	0,91	0,95	1,38	1,53	1,97
1952	1,65	2,54	3,71	2,14	1,33	1,40	1,10	0,93	0,85	0,89	1,26	0,95	1,56
1953	1,52	1,73	1,34	1,47	1,18	1,01	0,87	0,77	0,88	0,89	0,95	1,38	1,17
1954	2,21	2,71	2,13	1,42	1,62	1,42	1,05	0,80	0,62	0,77	0,68	1,11	1,38
1955	1,82	1,19	1,42	1,15	0,91	0,88	0,74	0,67	0,69	0,59	0,97	1,34	1,03
1956	1,33	1,40	1,50	1,22	1,83	1,93	1,42	1,81	1,19	1,16	0,88	0,91	1,38
1957	3,61	3,56	2,68	2,24	1,57	1,31	1,72	1,34	2,01	1,83	2,17	2,20	2,19
1958	3,24	3,60	4,05	2,85	2,83	2,93	1,92	1,39	1,62	1,58	2,12	2,42	2,54
1959	3,71	2,99	2,85	2,53	1,70	1,37	1,13	1,24	1,01	1,04	1,24	2,32	1,93
1960	3,58	3,54	3,62	2,30	2,02	1,84	1,51	1,26	1,04	1,25	1,56	3,14	2,22
1961	3,38	2,98	3,10	2,54	2,21	1,61	1,33	1,17	1,03	1,21	1,42	1,69	1,97
1962	2,37	2,96	4,92	2,85	2,22	2,03	1,57	1,47	1,38	2,29	1,77	2,02	2,32
1963	4,43	3,44	2,22	1,61	1,30	1,30	1,23	1,08	1,03	1,21	1,32	1,20	1,78
1964	0,85	2,83	1,25	1,05	1,13	0,93	0,93	0,88	0,91	1,22	1,22	2,91	1,34
1965	5,10	6,46	5,88	3,40	3,43	2,48	2,29	1,69	1,27	2,27	2,04	4,01	3,36
1966	3,57	3,29	3,65	1,96	1,50	1,10	0,92	1,30	1,36	1,58	1,91	2,55	2,06
1967	3,60	3,89	2,82	1,88	1,45	1,65	1,24	0,88	1,16	1,38	1,95	2,50	2,03
1968	3,84	2,55	2,14	1,63	1,42	1,33	1,12	1,07	0,99	1,06	0,95	1,17	1,61
1969	1,08	1,19	1,17	0,93	0,52	0,75	0,68	0,58	0,60	1,13	2,00	1,51	1,01
1970	3,48	6,35	3,38	2,19	1,77	1,43	1,22	1,13	1,62	1,34	1,21	1,60	2,23
1971	1,72	1,29	1,72	1,30	1,26	1,52	1,22	1,02	1,02	1,39	1,01	1,64	1,34
1972	2,55	4,21	2,91	2,29	1,75	1,51	1,95	1,61	1,48	3,18	2,50	2,15	2,34
1973	2,45	2,45	2,14	2,39	1,84	1,62	1,41	1,22	1,22	1,25	1,52	2,54	1,84
1974	4,13	2,61	4,02	2,77	2,02	2,17	1,76	1,41	1,20	1,42	1,28	2,57	2,28
1975	2,76	3,19	2,35	1,80	1,39	1,25	1,28	1,07	0,98	1,39	1,44	2,63	1,80
1976	2,88	4,04	3,55	2,72	2,62	3,28	2,88	2,59	2,84	2,95	2,79	3,39	3,05
1977	4,34	3,64	2,83	3,52	2,26	2,16	1,74	1,52	1,77	1,54	1,88	3,97	2,60
1978	2,51	2,22	2,90	1,80	1,93	1,87	1,89	1,46	1,59	1,32	2,28	2,69	2,04
1979	2,66	2,39	2,07	1,69	1,99	1,50	1,40	1,50	1,83	1,63	1,66	2,24	1,88
1980	2,54	3,26	2,76	2,57	1,86	1,80	1,70	1,50	1,44	1,46	1,46	3,01	2,11
1981	3,92	2,54	2,14	1,77	1,56	1,86	1,43	1,37	1,28	2,21	2,57	3,05	2,14
1982	3,56	3,92	4,64	3,11	2,53	3,03	2,45	2,01	1,66	2,94	2,30	3,89	3,00
1983	5,24	7,67	6,09	4,26	4,29	7,02	3,57	2,92	3,99	3,72	3,94	4,51	4,77

1984	4,51	3,44	2,89	2,74	2,39	1,91	1,73	2,08	2,03	1,66	1,65	2,12	2,43
1985	3,01	2,52	3,02	2,94	2,16	1,88	1,64	1,47	1,46	1,22	1,81	1,67	2,07
1986	2,03	2,79	3,14	2,13	2,02	1,55	1,49	1,89	1,39	1,26	1,33	3,72	2,06
1987	3,74	5,41	3,02	2,22	2,91	2,32	1,76	1,44	1,62	1,57	1,87	2,27	2,51
1988	3,09	2,65	3,48	2,81	2,19	2,03	1,58	1,39	1,23	1,71	1,76	1,70	2,14
1989	3,49	3,97	2,92	2,09	1,75	1,67	1,70	1,85	1,76	1,31	1,82	2,18	2,21
1990	5,14	2,70	3,21	2,61	1,97	1,65	1,68	1,61	1,52	1,71	1,72	2,07	2,30
1991	2,07	3,92	4,13	4,58	2,75	2,25	2,11	1,66	1,47	2,29	1,38	2,43	2,59
1992	2,05	2,26	2,56	2,32	2,51	1,66	1,65	1,43	2,03	2,04	2,42	2,63	2,13
1993	2,48	5,25	3,54	3,44	2,36	2,66	1,88	2,09	2,40	2,02	1,61	2,19	2,66
1994	3,38	3,01	2,86	2,27	1,85	1,75	1,66	1,40	1,19	1,43	1,68	2,46	2,08
1995	3,22	10,17	3,97	3,93	2,99	2,42	2,30	1,82	1,67	2,20	2,05	2,60	3,28
1996	5,07	3,52	4,35	2,80	2,32	2,01	1,83	1,71	2,06	2,09	2,44	2,97	2,76
1997	4,23	4,04	2,63	2,27	2,16	3,27	2,14	1,75	1,76	1,81	2,81	2,72	2,63
1998	2,26	3,47	3,42	2,58	2,36	1,97	1,64	1,61	1,67	2,28	1,50	2,96	2,31
1999	7,02	5,65	4,59	3,16	2,44	2,42	1,94	1,60	1,92	1,54	1,44	2,28	3,00
2000	2,93	4,10	3,20	2,18	1,80	1,66	1,75	1,66	2,21	1,49	2,60	3,40	2,42
2001	3,12	3,64	2,87	2,23	1,97	1,68	1,52	1,51	1,65	2,13	1,80	2,70	2,23
2002	5,18	5,49	3,64	2,38	2,37	1,92	1,71	1,83	1,67	1,42	2,03	3,10	2,73
2003	4,35	3,38	2,70	2,23	1,97	1,80	1,62	1,53	1,46	1,45	1,91	2,53	2,24
2004	2,85	3,85	2,53	2,11	2,18	2,10	1,93	1,59	1,38	1,70	1,82	2,72	2,23
2005	4,45	3,37	3,66	2,18	2,09	1,82	1,65	1,43	1,76	1,76	1,58	2,15	2,32
2006	2,27	2,81	2,57	2,08	1,53	1,49	1,45	1,35	1,37	1,55	1,61	2,38	1,87
2007	4,90	3,59	3,11	2,25	2,18	2,00	2,42	1,73	1,24	1,22	2,13	2,03	2,40
2008	2,83	3,10	3,07	2,48	2,14	1,95	1,48	1,83	1,22	1,62	1,43	1,77	2,08
2009	3,01	2,97	2,49	2,03	1,51	1,47	1,73	1,94	2,06	1,79	2,29	4,21	2,29
2010	5,40	4,31	3,56	2,90	2,25	2,11	1,95	1,49	1,45	1,59	1,56	2,20	2,56
2011	6,01	3,57	4,76	3,23	2,32	2,10	1,77	1,58	1,44	2,05	1,89	2,28	2,75
2012	3,76	2,80	2,12	1,94	2,27	2,87	1,97	1,49	1,69	1,57	1,79	2,35	2,22
2013	4,00	2,87	2,98	2,45	2,02	2,31	1,90	1,52	1,44	1,78	1,68	1,72	2,22
2014	1,68	1,36	1,65	1,42	1,25	1,09	1,05	0,94	1,17	0,87	1,39	2,02	1,32
2015	1,54	2,22	2,38	1,60	1,49	1,41	1,61	0,98	1,73	1,24	2,73	2,54	1,79
2016	5,07	3,50	3,81	2,16	2,33	3,00	1,87	1,84	1,71	1,98	1,93	2,36	2,63
2017	3,28	2,59	2,06	2,02	2,39	1,81	1,58	1,63	1,25	1,54	2,12	1,70	2,00
MÍN	0,85	1,19	1,09	0,93	0,52	0,75	0,65	0,58	0,60	0,59	0,68	0,91	0,52
MÉD	3,21	3,46	3,08	2,29	1,92	1,81	1,54	1,38	1,41	1,56	1,69	2,35	2,14
MÁX	7,02	10,17	6,09	4,58	4,29	7,02	3,57	2,92	3,99	3,72	3,94	4,51	10,17

Anexo 15 – Usina Três Quedas – Vazão Médias Mensais Afluentes (m³/s)

nome: Usina Três Quedas rio: Pinheirinhos lat.: 22°22'40" long.: 48°10'28" Área(km²): 130,50 q(l/s.km²): 13,26													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1931	4,19	8,26	5,36	3,67	2,26	1,56	1,15	0,86	1,39	1,22	1,25	3,61	2,90
1932	3,72	3,26	3,33	1,90	1,59	1,52	0,92	0,87	0,57	0,98	0,85	3,20	1,89
1933	2,74	2,19	1,49	0,88	0,97	0,69	0,54	0,39	0,47	0,56	0,34	0,87	1,01
1934	1,73	1,82	1,35	0,81	0,47	0,37	0,24	0,19	0,32	0,49	0,30	3,82	0,99
1935	1,79	3,61	2,95	1,62	0,84	0,83	0,52	0,55	1,11	3,23	1,28	1,23	1,63
1936	2,54	1,76	3,18	1,47	0,91	0,50	0,40	0,53	1,25	0,67	0,67	2,86	1,40
1937	4,41	2,84	2,68	2,87	2,03	1,71	0,86	0,68	0,49	1,27	1,94	2,16	2,00
1938	2,23	1,73	1,83	1,44	1,06	0,82	0,57	0,68	0,80	1,49	1,31	2,72	1,39
1939	3,29	2,44	2,15	1,51	1,52	1,48	1,11	0,94	0,91	0,84	0,93	2,12	1,60
1940	2,69	6,54	3,96	1,90	1,44	1,08	0,95	0,86	0,81	0,90	1,18	1,35	1,97
1941	2,62	1,65	1,15	1,15	0,87	0,84	0,77	0,64	1,18	0,95	1,58	1,24	1,22
1942	1,60	2,18	4,72	2,70	1,69	1,45	1,33	0,99	0,87	0,79	0,87	1,67	1,74
1943	2,74	3,59	2,64	1,73	1,33	1,16	0,94	0,78	0,74	1,40	1,20	1,30	1,63
1944	1,45	2,41	2,71	1,60	1,17	0,98	0,79	0,64	0,41	0,49	0,86	0,56	1,17
1945	0,55	1,17	0,68	0,55	0,47	1,20	0,77	0,50	0,43	0,43	1,08	1,02	0,74
1946	2,08	2,30	2,94	1,66	1,16	1,02	0,88	0,57	0,46	0,55	0,46	0,53	1,22
1947	1,65	2,95	3,22	1,45	1,16	0,84	0,76	0,64	0,71	0,74	0,61	1,54	1,36
1948	2,59	3,45	3,22	1,84	1,30	0,97	0,89	0,90	0,61	0,64	1,43	0,94	1,57
1949	1,70	2,34	2,13	1,67	1,16	0,93	0,69	0,56	0,38	0,28	0,43	2,07	1,19
1950	2,52	5,02	2,51	2,25	1,50	1,03	0,86	0,63	0,57	1,06	0,90	1,23	1,67
1951	2,70	3,60	4,17	1,86	1,07	0,90	0,72	0,60	0,50	0,54	0,97	1,12	1,56
1952	1,24	2,13	3,30	1,73	0,92	0,99	0,69	0,52	0,44	0,48	0,85	0,54	1,15
1953	1,11	1,32	0,93	1,06	0,77	0,60	0,46	0,36	0,47	0,48	0,54	0,97	0,76
1954	1,80	2,30	1,72	1,01	1,21	1,01	0,64	0,39	0,21	0,36	0,27	0,70	0,97
1955	1,41	0,78	1,01	0,74	0,50	0,47	0,33	0,26	0,28	0,18	0,56	0,93	0,62
1956	0,92	0,99	1,09	0,81	1,42	1,52	1,01	1,40	0,78	0,75	0,47	0,50	0,97
1957	3,20	3,15	2,27	1,83	1,16	0,90	1,31	0,93	1,60	1,42	1,76	1,79	1,78
1958	2,83	3,19	3,64	2,44	2,42	2,52	1,51	0,98	1,21	1,17	1,71	2,01	2,13
1959	3,30	2,58	2,44	2,12	1,29	0,96	0,72	0,83	0,60	0,63	0,83	1,91	1,52
1960	3,17	3,13	3,21	1,89	1,61	1,43	1,10	0,85	0,63	0,84	1,15	2,73	1,81
1961	2,97	2,57	2,69	2,13	1,80	1,20	0,92	0,76	0,62	0,80	1,01	1,28	1,56
1962	1,96	2,55	4,51	2,44	1,81	1,62	1,16	1,06	0,97	1,88	1,36	1,61	1,91
1963	4,02	3,03	1,81	1,20	0,89	0,89	0,82	0,67	0,62	0,80	0,91	0,79	1,37
1964	0,44	2,42	0,84	0,64	0,72	0,52	0,52	0,47	0,50	0,81	0,81	2,50	0,93
1965	4,69	6,05	5,47	2,99	3,02	2,07	1,88	1,28	0,86	1,86	1,63	3,60	2,95
1966	3,16	2,88	3,24	1,55	1,09	0,69	0,51	0,89	0,95	1,17	1,50	2,14	1,65
1967	3,19	3,48	2,41	1,47	1,04	1,24	0,83	0,47	0,75	0,97	1,54	2,09	1,62
1968	3,43	2,14	1,73	1,22	1,01	0,92	0,71	0,66	0,58	0,65	0,54	0,76	1,20
1969	0,67	0,78	0,76	0,52	0,11	0,34	0,27	0,17	0,19	0,72	1,59	1,10	0,60
1970	3,07	5,94	2,97	1,78	1,36	1,02	0,81	0,72	1,21	0,93	0,80	1,19	1,82
1971	1,31	0,88	1,31	0,89	0,85	1,11	0,81	0,61	0,61	0,98	0,60	1,23	0,93
1972	2,14	3,80	2,50	1,88	1,34	1,10	1,54	1,20	1,07	2,77	2,09	1,74	1,93
1973	2,04	2,04	1,73	1,98	1,43	1,21	1,00	0,81	0,81	0,84	1,11	2,13	1,43
1974	3,72	2,20	3,61	2,36	1,61	1,76	1,35	1,00	0,79	1,01	0,87	2,16	1,87
1975	2,35	2,78	1,94	1,39	0,98	0,84	0,87	0,66	0,57	0,98	1,03	2,22	1,39
1976	2,47	3,63	3,14	2,31	2,21	2,87	2,47	2,18	2,43	2,54	2,38	2,98	2,64
1977	3,93	3,23	2,42	3,11	1,85	1,75	1,33	1,11	1,36	1,13	1,47	3,56	2,19
1978	2,10	1,81	2,49	1,39	1,52	1,46	1,48	1,05	1,18	0,91	1,87	2,28	1,63
1979	2,25	1,98	1,66	1,28	1,58	1,09	0,99	1,09	1,42	1,22	1,25	1,83	1,47
1980	2,13	2,85	2,35	2,16	1,45	1,39	1,29	1,09	1,03	1,05	1,05	2,60	1,70
1981	3,51	2,13	1,73	1,36	1,15	1,45	1,02	0,96	0,87	1,80	2,16	2,64	1,73
1982	3,15	3,51	4,23	2,70	2,12	2,62	2,04	1,60	1,25	2,53	1,89	3,48	2,59
1983	4,83	7,26	5,68	3,85	3,88	6,61	3,16	2,51	3,58	3,31	3,53	4,10	4,36

1984	4,10	3,03	2,48	2,33	1,98	1,50	1,32	1,67	1,62	1,25	1,24	1,71	2,02
1985	2,60	2,11	2,61	2,53	1,75	1,47	1,23	1,06	1,05	0,81	1,40	1,26	1,66
1986	1,62	2,38	2,73	1,72	1,61	1,14	1,08	1,48	0,98	0,85	0,92	3,31	1,65
1987	3,33	5,00	2,61	1,81	2,50	1,91	1,35	1,03	1,21	1,16	1,46	1,86	2,10
1988	2,68	2,24	3,07	2,40	1,78	1,62	1,17	0,98	0,82	1,30	1,35	1,29	1,73
1989	3,08	3,56	2,51	1,68	1,34	1,26	1,29	1,44	1,35	0,90	1,41	1,77	1,80
1990	4,73	2,29	2,80	2,20	1,56	1,24	1,27	1,20	1,11	1,30	1,31	1,66	1,89
1991	1,66	3,51	3,72	4,17	2,34	1,84	1,70	1,25	1,06	1,88	0,97	2,02	2,18
1992	1,64	1,85	2,15	1,91	2,10	1,25	1,24	1,02	1,62	1,63	2,01	2,22	1,72
1993	2,07	4,84	3,13	3,03	1,95	2,25	1,47	1,68	1,99	1,61	1,20	1,78	2,25
1994	2,97	2,60	2,45	1,86	1,44	1,34	1,25	0,99	0,78	1,02	1,27	2,05	1,67
1995	2,81	9,76	3,56	3,52	2,58	2,01	1,89	1,41	1,26	1,79	1,64	2,19	2,87
1996	4,66	3,11	3,94	2,39	1,91	1,60	1,42	1,30	1,65	1,68	2,03	2,56	2,35
1997	3,82	3,63	2,22	1,86	1,75	2,86	1,73	1,34	1,35	1,40	2,40	2,31	2,22
1998	1,85	3,06	3,01	2,17	1,95	1,56	1,23	1,20	1,26	1,87	1,09	2,55	1,90
1999	6,61	5,24	4,18	2,75	2,03	2,01	1,53	1,19	1,51	1,13	1,03	1,87	2,59
2000	2,52	3,69	2,79	1,77	1,39	1,25	1,34	1,25	1,80	1,08	2,19	2,99	2,01
2001	2,71	3,23	2,46	1,82	1,56	1,27	1,11	1,10	1,24	1,72	1,39	2,29	1,82
2002	4,77	5,08	3,23	1,97	1,96	1,51	1,30	1,42	1,26	1,01	1,62	2,69	2,32
2003	3,94	2,97	2,29	1,82	1,56	1,39	1,21	1,12	1,05	1,04	1,50	2,12	1,83
2004	2,44	3,44	2,12	1,70	1,77	1,69	1,52	1,18	0,97	1,29	1,41	2,31	1,82
2005	4,04	2,96	3,25	1,77	1,68	1,41	1,24	1,02	1,35	1,35	1,17	1,74	1,91
2006	1,86	2,40	2,16	1,67	1,12	1,08	1,04	0,94	0,96	1,14	1,20	1,97	1,46
2007	4,49	3,18	2,70	1,84	1,77	1,59	2,01	1,32	0,83	0,81	1,72	1,62	1,99
2008	2,42	2,69	2,66	2,07	1,73	1,54	1,07	1,42	0,81	1,21	1,02	1,36	1,67
2009	2,60	2,56	2,08	1,62	1,10	1,06	1,32	1,53	1,65	1,38	1,88	3,80	1,88
2010	4,99	3,90	3,15	2,49	1,84	1,70	1,54	1,08	1,04	1,18	1,15	1,79	2,15
2011	5,60	3,16	4,35	2,82	1,91	1,69	1,36	1,17	1,03	1,64	1,48	1,87	2,34
2012	3,35	2,39	1,71	1,53	1,86	2,46	1,56	1,08	1,28	1,16	1,38	1,94	1,81
2013	3,59	2,46	2,57	2,04	1,61	1,90	1,49	1,11	1,03	1,37	1,27	1,31	1,81
2014	1,27	0,95	1,24	1,01	0,84	0,68	0,64	0,53	0,76	0,46	0,98	1,61	0,91
2015	1,13	1,81	1,97	1,19	1,08	1,00	1,20	0,57	1,32	0,83	2,32	2,13	1,38
2016	4,66	3,09	3,40	1,75	1,92	2,59	1,46	1,43	1,30	1,57	1,52	1,95	2,22
2017	2,87	2,18	1,65	1,61	1,98	1,40	1,17	1,22	0,84	1,13	1,71	1,29	1,59
MÍN	0,44	0,78	0,68	0,52	0,11	0,34	0,24	0,17	0,19	0,18	0,27	0,50	0,11
MÉD	2,80	3,05	2,67	1,88	1,51	1,40	1,13	0,97	1,00	1,15	1,28	1,94	1,73
MÁX	6,61	9,76	5,68	4,17	3,88	6,61	3,16	2,51	3,58	3,31	3,53	4,10	9,76

Anexo 16 - Exemplo de simulação – $P_{inst} = 1,1 \text{ MW}$ – Vazões turbinadas (m^3/s)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1931	1,680	1,680	1,680	1,680	1,680	1,560	1,149	0,862	1,390	1,216	1,248	1,680	1,459
1932	1,680	1,680	1,680	1,680	1,592	1,521	0,915	0,873	0,000	0,975	0,855	1,680	1,261
1933	1,680	1,680	1,489	0,876	0,972	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,865	0,630
1934	1,680	1,680	1,347	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,680	0,532
1935	1,680	1,680	1,680	1,624	0,000	0,000	0,000	0,000	1,106	1,680	1,276	1,234	0,997
1936	1,680	1,680	1,680	1,475	0,912	0,000	0,000	0,000	1,248	0,000	0,000	1,680	0,863
1937	1,680	1,680	1,680	1,680	1,680	1,680	0,858	0,000	0,000	1,269	1,680	1,680	1,297
1938	1,680	1,680	1,680	1,439	1,064	0,000	0,000	0,000	0,000	1,485	1,308	1,680	1,001
1939	1,680	1,680	1,680	1,507	1,519	1,484	1,114	0,941	0,907	0,000	0,930	1,680	1,260
1940	1,680	1,680	1,680	1,680	1,438	1,080	0,953	0,860	0,000	0,895	1,184	1,345	1,206
1941	1,680	1,646	1,149	1,149	0,872	0,000	0,000	0,000	1,184	0,953	1,576	1,241	0,954
1942	1,599	1,680	1,680	1,680	1,680	1,449	1,334	0,987	0,872	0,000	0,872	1,669	1,292
1943	1,680	1,680	1,680	1,680	1,334	1,161	0,941	0,000	0,000	1,403	1,195	1,299	1,171
1944	1,449	1,680	1,680	1,599	1,172	0,976	0,000	0,000	0,000	0,000	0,860	0,000	0,785
1945	0,000	1,172	0,000	0,000	0,000	1,195	0,000	0,000	0,000	0,000	1,080	1,022	0,372
1946	1,680	1,680	1,680	1,657	1,161	1,022	0,883	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,814
1947	1,646	1,680	1,680	1,449	1,161	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,542	0,763
1948	1,680	1,680	1,680	1,680	1,304	0,972	0,890	0,900	0,000	0,000	1,430	0,936	1,096
1949	1,680	1,680	1,680	1,665	1,164	0,935	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,680	0,874
1950	1,680	1,680	1,680	1,680	1,499	1,031	0,859	0,000	0,000	1,062	0,900	1,228	1,108
1951	1,680	1,680	1,680	1,680	1,067	0,897	0,000	0,000	0,000	0,000	0,968	1,115	0,897
1952	1,239	1,680	1,680	1,680	0,916	0,987	0,000	0,000	0,000	0,000	0,846	0,000	0,752
1953	1,111	1,316	0,935	1,059	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,966	0,449
1954	1,680	1,680	1,680	1,010	1,206	1,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,689
1955	1,413	0,000	1,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,932	0,279
1956	0,924	0,992	1,088	0,000	1,416	1,517	1,008	1,404	0,000	0,000	0,000	0,000	0,696
1957	1,680	1,680	1,680	1,680	1,155	0,896	1,314	0,931	1,600	1,422	1,680	1,680	1,450
1958	1,680	1,680	1,680	1,680	1,680	1,680	1,507	0,982	1,206	1,170	1,680	1,680	1,525
1959	1,680	1,680	1,680	1,680	1,287	0,958	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,680	0,887
1960	1,680	1,680	1,680	1,680	1,606	1,428	1,099	0,845	0,000	0,000	1,146	1,680	1,210
1961	1,680	1,680	1,680	1,680	1,680	1,204	0,925	0,000	0,000	0,000	1,009	1,284	1,068
1962	1,680	1,680	1,680	1,680	1,680	1,619	1,156	1,061	0,966	1,680	1,361	1,612	1,488
1963	1,680	1,680	1,680	1,197	0,889	0,889	0,000	0,000	0,000	0,000	0,912	0,000	0,744
1964	0,000	1,680	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,680	0,280
1965	1,680	1,680	1,680	1,680	1,680	1,680	1,680	1,282	0,863	1,680	1,631	1,680	1,575
1966	1,680	1,680	1,680	1,553	1,085	0,000	0,000	0,893	0,952	1,168	1,503	1,680	1,156
1967	1,680	1,680	1,680	1,466	1,040	1,241	0,000	0,000	0,000	0,972	1,538	1,680	1,081
1968	1,680	1,680	1,680	1,216	1,006	0,924	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,682
1969	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,586	1,105	0,224
1970	1,680	1,680	1,680	1,680	1,356	1,020	0,000	0,000	1,213	0,930	0,000	1,186	1,035
1971	1,306	0,880	1,312	0,889	0,850	1,110	0,000	0,000	0,000	0,980	0,000	1,234	0,713
1972	1,680	1,680	1,680	1,680	1,343	1,095	1,543	1,203	1,068	1,680	1,680	1,680	1,501
1973	1,680	1,680	1,680	1,680	1,435	1,206	0,998	0,000	0,000	0,000	1,107	1,680	1,096
1974	1,680	1,680	1,680	1,680	1,614	1,680	1,355	1,000	0,000	1,006	0,866	1,680	1,327
1975	1,680	1,680	1,680	1,395	0,985	0,000	0,875	0,000	0,000	0,984	1,027	1,680	0,999
1976	1,680	1,680	1,680	1,680	1,680	1,680	1,680	1,680	1,680	1,680	1,680	1,680	1,680
1977	1,680	1,680	1,680	1,680	1,680	1,680	1,330	1,111	1,363	1,131	1,475	1,680	1,514
1978	1,680	1,680	1,680	1,390	1,516	1,456	1,478	1,049	1,184	0,913	1,680	1,680	1,449

Anexo 17 – Exemplo de simulação – $P_{inst} = 1,1 \text{ MW}$ - Perdas de carga média (m)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1931	1,992	1,992	1,992	1,992	1,992	1,723	0,947	0,539	1,374	1,058	1,113	1,992	1,559
1932	1,992	1,992	1,992	1,992	1,792	1,640	0,607	0,553	0,000	0,687	0,531	1,992	1,314
1933	1,992	1,992	1,573	0,557	0,682	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,544	0,612
1934	1,992	1,992	1,293	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,992	0,606
1935	1,992	1,992	1,992	1,863	0,000	0,000	0,000	0,000	0,879	1,992	1,164	1,089	1,080
1936	1,992	1,992	1,992	1,544	0,602	0,000	0,000	0,000	1,113	0,000	0,000	1,992	0,936
1937	1,992	1,992	1,992	1,992	1,992	1,992	0,535	0,000	0,000	1,151	1,992	1,992	1,469
1938	1,992	1,992	1,992	1,472	0,815	0,000	0,000	0,000	0,000	1,566	1,221	1,992	1,087
1939	1,992	1,992	1,992	1,611	1,635	1,563	0,892	0,641	0,596	0,000	0,626	1,992	1,294
1940	1,992	1,992	1,992	1,992	1,469	0,839	0,656	0,538	0,000	0,581	1,004	1,290	1,195
1941	1,992	1,913	0,947	0,947	0,552	0,000	0,000	0,000	1,004	0,656	1,759	1,102	0,906
1942	1,809	1,992	1,992	1,992	1,992	1,492	1,268	0,704	0,552	0,000	0,552	1,966	1,359
1943	1,992	1,992	1,992	1,992	1,268	0,966	0,641	0,000	0,000	1,400	1,023	1,204	1,206
1944	1,492	1,992	1,992	1,809	0,985	0,688	0,000	0,000	0,000	0,000	0,538	0,000	0,791
1945	0,000	0,985	0,000	0,000	0,000	1,023	0,000	0,000	0,000	0,000	0,839	0,753	0,300
1946	1,992	1,992	1,992	1,939	0,966	0,753	0,566	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,850
1947	1,913	1,992	1,992	1,492	0,966	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,684	0,837
1948	1,992	1,992	1,992	1,992	1,214	0,682	0,574	0,587	0,000	0,000	1,453	0,634	1,093
1949	1,992	1,992	1,992	1,958	0,972	0,632	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,992	0,961
1950	1,992	1,992	1,992	1,992	1,594	0,766	0,536	0,000	0,000	0,812	0,587	1,079	1,112
1951	1,992	1,992	1,992	1,992	0,819	0,583	0,000	0,000	0,000	0,000	0,677	0,894	0,912
1952	1,098	1,992	1,992	1,992	0,608	0,704	0,000	0,000	0,000	0,000	0,520	0,000	0,742
1953	0,887	1,235	0,632	0,808	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,674	0,353
1954	1,992	1,992	1,992	0,735	1,042	0,735	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,707
1955	1,420	0,000	0,730	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,628	0,232
1956	0,618	0,710	0,851	0,000	1,425	1,632	0,733	1,402	0,000	0,000	0,000	0,000	0,614
1957	1,992	1,992	1,992	1,992	0,957	0,582	1,231	0,628	1,811	1,437	1,992	1,992	1,550
1958	1,992	1,992	1,992	1,992	1,992	1,992	1,610	0,697	1,040	0,981	1,992	1,992	1,689
1959	1,992	1,992	1,992	1,992	1,183	0,663	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,992	0,984
1960	1,992	1,992	1,992	1,992	1,824	1,448	0,868	0,519	0,000	0,000	0,942	1,992	1,297
1961	1,992	1,992	1,992	1,992	1,992	1,037	0,619	0,000	0,000	0,000	0,734	1,178	1,127
1962	1,992	1,992	1,992	1,992	1,992	1,852	0,958	0,810	0,675	1,992	1,320	1,836	1,617
1963	1,992	1,992	1,992	1,025	0,574	0,573	0,000	0,000	0,000	0,000	0,602	0,000	0,729
1964	0,000	1,992	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,992	0,332
1965	1,992	1,992	1,992	1,992	1,992	1,992	1,992	1,173	0,541	1,992	1,879	1,992	1,793
1966	1,992	1,992	1,992	1,708	0,847	0,000	0,000	0,578	0,656	0,978	1,601	1,992	1,195
1967	1,992	1,992	1,992	1,526	0,779	1,102	0,000	0,000	0,000	0,682	1,676	1,992	1,144
1968	1,992	1,992	1,992	1,058	0,730	0,619	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,699
1969	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,781	0,877	0,221
1970	1,992	1,992	1,992	1,992	1,309	0,750	0,000	0,000	1,053	0,626	0,000	1,008	1,059
1971	1,216	0,562	1,228	0,573	0,525	0,885	0,000	0,000	0,000	0,693	0,000	1,090	0,564
1972	1,992	1,992	1,992	1,992	1,285	0,862	1,686	1,036	0,821	1,992	1,992	1,992	1,636
1973	1,992	1,992	1,992	1,992	1,462	1,042	0,718	0,000	0,000	0,000	0,881	1,992	1,172
1974	1,992	1,992	1,992	1,992	1,841	1,992	1,307	0,721	0,000	0,730	0,545	1,992	1,425
1975	1,992	1,992	1,992	1,384	0,700	0,000	0,556	0,000	0,000	0,699	0,760	1,992	1,006
1976	1,992	1,992	1,992	1,992	1,992	1,992	1,992	1,992	1,992	1,992	1,992	1,992	1,992
1977	1,992	1,992	1,992	1,992	1,992	1,992	1,261	0,886	1,323	0,919	1,543	1,992	1,656
1978	1,992	1,992	1,992	1,374	1,630	1,506	1,551	0,793	1,004	0,604	1,992	1,992	1,535

Anexo 18 – Exemplo de simulação – $P_{inst} = 1,1 \text{ MW}$ – Queda líquida média (m)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1931	80,88	80,88	80,88	80,88	80,88	81,15	81,92	82,33	81,50	81,81	81,76	80,88	81,31
1932	80,88	80,88	80,88	80,88	81,08	81,23	82,26	82,32	82,87	82,18	82,34	80,88	81,56
1933	80,88	80,88	81,30	82,31	82,19	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,33	82,26
1934	80,88	80,88	81,58	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	80,88	82,26
1935	80,88	80,88	80,88	81,01	82,87	82,87	82,87	82,87	81,99	80,88	81,71	81,78	81,79
1936	80,88	80,88	80,88	81,33	82,27	82,87	82,87	82,87	81,76	82,87	82,87	80,88	81,93
1937	80,88	80,88	80,88	80,88	80,88	80,88	82,33	82,87	82,87	81,72	80,88	80,88	81,40
1938	80,88	80,88	80,88	81,40	82,06	82,87	82,87	82,87	82,87	81,30	81,65	80,88	81,78
1939	80,88	80,88	80,88	81,26	81,24	81,31	81,98	82,23	82,27	82,87	82,24	80,88	81,58
1940	80,88	80,88	80,88	80,88	81,40	82,03	82,21	82,33	82,87	82,29	81,87	81,58	81,67
1941	80,88	80,96	81,92	81,92	82,32	82,87	82,87	82,87	81,87	82,21	81,11	81,77	81,96
1942	81,06	80,88	80,88	80,88	80,88	81,38	81,60	82,17	82,32	82,87	82,32	80,90	81,51
1943	80,88	80,88	80,88	80,88	81,60	81,90	82,23	82,87	82,87	81,47	81,85	81,67	81,66
1944	81,38	80,88	80,88	81,06	81,89	82,18	82,87	82,87	82,87	82,87	82,33	82,87	82,08
1945	82,87	81,89	82,87	82,87	82,87	81,85	82,87	82,87	82,87	82,87	82,03	82,12	82,57
1946	80,88	80,88	80,88	80,93	81,90	82,12	82,30	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,02
1947	80,96	80,88	80,88	81,38	81,90	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	81,19	82,03
1948	80,88	80,88	80,88	80,88	81,66	82,19	82,30	82,28	82,87	82,87	81,42	82,24	81,78
1949	80,88	80,88	80,88	80,91	81,90	82,24	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	80,88	81,91
1950	80,88	80,88	80,88	80,88	81,28	82,10	82,33	82,87	82,87	82,06	82,28	81,79	81,76
1951	80,88	80,88	80,88	80,88	82,05	82,29	82,87	82,87	82,87	82,87	82,19	81,98	81,96
1952	81,77	80,88	80,88	80,88	82,26	82,17	82,87	82,87	82,87	82,87	82,35	82,87	82,13
1953	81,98	81,64	82,24	82,06	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,20	82,52
1954	80,88	80,88	80,88	82,13	81,83	82,13	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,16
1955	81,45	82,87	82,14	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,24	82,64
1956	82,25	82,16	82,02	82,87	81,45	81,24	82,14	81,47	82,87	82,87	82,87	82,87	82,26
1957	80,88	80,88	80,88	80,88	81,91	82,29	81,64	82,24	81,06	81,43	80,88	80,88	81,32
1958	80,88	80,88	80,88	80,88	80,88	80,88	81,26	82,17	81,83	81,89	80,88	80,88	81,18
1959	80,88	80,88	80,88	80,88	81,69	82,21	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	80,88	81,89
1960	80,88	80,88	80,88	80,88	81,05	81,42	82,00	82,35	82,87	82,87	81,93	80,88	81,57
1961	80,88	80,88	80,88	80,88	80,88	81,83	82,25	82,87	82,87	82,87	82,14	81,69	81,74
1962	80,88	80,88	80,88	80,88	80,88	81,02	81,91	82,06	82,20	80,88	81,55	81,03	81,25
1963	80,88	80,88	80,88	81,84	82,30	82,30	82,87	82,87	82,87	82,87	82,27	82,87	82,14
1964	82,87	80,88	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	80,88	82,54
1965	80,88	80,88	80,88	80,88	80,88	80,88	80,88	81,70	82,33	80,88	80,99	80,88	81,08
1966	80,88	80,88	80,88	81,16	82,02	82,87	82,87	82,29	82,21	81,89	81,27	80,88	81,68
1967	80,88	80,88	80,88	81,34	82,09	81,77	82,87	82,87	82,87	82,19	81,19	80,88	81,73
1968	80,88	80,88	80,88	81,81	82,14	82,25	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,17
1969	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	81,09	81,99	82,65
1970	80,88	80,88	80,88	80,88	81,56	82,12	82,87	82,87	81,82	82,24	82,87	81,86	81,81
1971	81,65	82,31	81,64	82,30	82,34	81,99	82,87	82,87	82,87	82,18	82,87	81,78	82,31
1972	80,88	80,88	80,88	80,88	81,58	82,01	81,18	81,83	82,05	80,88	80,88	80,88	81,23
1973	80,88	80,88	80,88	80,88	81,41	81,83	82,15	82,87	82,87	82,87	81,99	80,88	81,70
1974	80,88	80,88	80,88	80,88	81,03	80,88	81,56	82,15	82,87	82,14	82,33	80,88	81,45
1975	80,88	80,88	80,88	81,49	82,17	82,87	82,31	82,87	82,87	82,17	82,11	80,88	81,86
1976	80,88	80,88	80,88	80,88	80,88	80,88	80,88	80,88	80,88	80,88	80,88	80,88	80,88
1977	80,88	80,88	80,88	80,88	80,88	80,88	81,61	81,98	81,55	81,95	81,33	80,88	81,21
1978	80,88	80,88	80,88	81,50	81,24	81,36	81,32	82,08	81,87	82,27	80,88	80,88	81,33

Anexo 19 – Exemplo de simulação – $P_{inst} = 1,1 \text{ MW}$ – Energia gerada média (MWh)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1931	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,06	0,79	0,59	0,95	0,83	0,85	1,10	0,97
1932	1,10	1,10	1,10	1,10	1,08	1,03	0,63	0,60	0,00	0,67	0,59	1,10	0,84
1933	1,10	1,10	1,01	0,60	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,42
1934	1,10	1,10	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,10	0,35
1935	1,10	1,10	1,10	1,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76	1,10	0,87	0,84	0,66
1936	1,10	1,10	1,10	1,00	0,63	0,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	1,10	0,57
1937	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	0,59	0,00	0,00	0,87	1,10	1,10	0,85
1938	1,10	1,10	1,10	0,98	0,73	0,00	0,00	0,00	0,00	1,01	0,89	1,10	0,67
1939	1,10	1,10	1,10	1,02	1,03	1,01	0,76	0,65	0,62	0,00	0,64	1,10	0,84
1940	1,10	1,10	1,10	1,10	0,98	0,74	0,65	0,59	0,00	0,62	0,81	0,92	0,81
1941	1,10	1,10	0,79	0,79	0,60	0,00	0,00	0,00	0,81	0,65	1,07	0,85	0,65
1942	1,08	1,10	1,10	1,10	1,10	0,99	0,91	0,68	0,60	0,00	0,60	1,10	0,86
1943	1,10	1,10	1,10	1,10	0,91	0,79	0,65	0,00	0,00	0,96	0,82	0,89	0,78
1944	0,99	1,10	1,10	1,08	0,80	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,59	0,00	0,53
1945	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74	0,70	0,26
1946	1,10	1,10	1,10	1,10	0,79	0,70	0,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54
1947	1,10	1,10	1,10	0,99	0,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,05	0,51
1948	1,10	1,10	1,10	1,10	0,89	0,67	0,61	0,62	0,00	0,00	0,97	0,64	0,73
1949	1,10	1,10	1,10	1,10	0,80	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,10	0,58
1950	1,10	1,10	1,10	1,10	1,02	0,71	0,59	0,00	0,00	0,73	0,62	0,84	0,74
1951	1,10	1,10	1,10	1,10	0,73	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	0,76	0,60
1952	0,85	1,10	1,10	1,10	0,63	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	0,00	0,50
1953	0,76	0,90	0,64	0,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	0,31
1954	1,10	1,10	1,10	0,69	0,82	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46
1955	0,96	0,00	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64	0,19
1956	0,63	0,68	0,75	0,00	0,96	1,03	0,69	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48
1957	1,10	1,10	1,10	1,10	0,79	0,62	0,90	0,64	1,08	0,97	1,10	1,10	0,97
1958	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,02	0,67	0,82	0,80	1,10	1,10	1,01
1959	1,10	1,10	1,10	1,10	0,88	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,10	0,59
1960	1,10	1,10	1,10	1,10	1,09	0,97	0,75	0,58	0,00	0,00	0,78	1,10	0,81
1961	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	0,82	0,64	0,00	0,00	0,00	0,69	0,88	0,71
1962	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	0,79	0,73	0,66	1,10	0,93	1,09	0,99
1963	1,10	1,10	1,10	0,82	0,61	0,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	0,00	0,50
1964	0,00	1,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,10	0,18
1965	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	0,87	0,59	1,10	1,10	1,10	1,04
1966	1,10	1,10	1,10	1,05	0,74	0,00	0,00	0,61	0,65	0,80	1,02	1,10	0,77
1967	1,10	1,10	1,10	1,00	0,71	0,85	0,00	0,00	0,00	0,67	1,04	1,10	0,72
1968	1,10	1,10	1,10	0,83	0,69	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45
1969	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,07	0,76	0,15
1970	1,10	1,10	1,10	1,10	0,92	0,70	0,00	0,00	0,83	0,64	0,00	0,81	0,69
1971	0,89	0,61	0,89	0,61	0,58	0,76	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,84	0,49
1972	1,10	1,10	1,10	1,10	0,92	0,75	1,05	0,82	0,73	1,10	1,10	1,10	1,00
1973	1,10	1,10	1,10	1,10	0,98	0,82	0,68	0,00	0,00	0,00	0,76	1,10	0,73
1974	1,10	1,10	1,10	1,10	1,09	1,10	0,92	0,69	0,00	0,69	0,60	1,10	0,88
1975	1,10	1,10	1,10	0,95	0,68	0,00	0,60	0,00	0,00	0,68	0,70	1,10	0,67
1976	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
1977	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	0,91	0,76	0,93	0,77	1,00	1,10	1,01
1978	1,10	1,10	1,10	0,95	1,03	0,99	1,00	0,72	0,81	0,63	1,10	1,10	0,97

	1979	1,10	1,10	1,10	0,88	1,07	0,75	0,68	0,75	0,97	0,83	0,85	1,10	0,93
	1980	1,10	1,10	1,10	1,10	0,99	0,95	0,88	0,75	0,71	0,72	0,72	1,10	0,93
	1981	1,10	1,10	1,10	0,92	0,79	0,98	0,70	0,66	0,60	1,10	1,10	1,10	0,94
	1982	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,09	0,85	1,10	1,10	1,10	1,08
	1983	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
	1984	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,02	0,90	1,10	1,10	0,85	0,85	1,10	1,03
	1985	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,00	0,84	0,73	0,72	0,00	0,95	0,86	0,88
	1986	1,10	1,10	1,10	1,10	1,09	0,78	0,74	1,00	0,68	0,59	0,63	1,10	0,92
	1987	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	0,92	0,71	0,83	0,80	0,99	1,10	1,00
	1988	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	0,80	0,67	0,00	0,89	0,92	0,88	0,90
	1989	1,10	1,10	1,10	1,10	0,91	0,86	0,88	0,98	0,92	0,62	0,96	1,10	0,97
	1990	1,10	1,10	1,10	1,10	1,06	0,84	0,87	0,82	0,76	0,89	0,90	1,10	0,97
	1991	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	0,85	0,73	1,10	0,66	1,10	1,01
	1992	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	0,85	0,85	0,70	1,10	1,10	1,10	1,10	1,02
	1993	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,00	1,10	1,10	1,09	0,82	1,10	1,07
	1994	1,10	1,10	1,10	1,10	0,98	0,91	0,86	0,68	0,00	0,70	0,87	1,10	0,87
	1995	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	0,96	0,86	1,10	1,10	1,10	1,07
	1996	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,08	0,97	0,89	1,10	1,10	1,10	1,10	1,07
	1997	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	0,92	0,92	0,95	1,10	1,10	1,06
	1998	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,06	0,84	0,82	0,86	1,10	0,75	1,10	1,00
	1999	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,04	0,81	1,03	0,77	0,70	1,10	1,00
	2000	1,10	1,10	1,10	1,10	0,95	0,85	0,91	0,86	1,10	0,74	1,10	1,10	1,00
	2001	1,10	1,10	1,10	1,10	1,06	0,87	0,76	0,75	0,85	1,10	0,95	1,10	0,99
	2002	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,03	0,89	0,96	0,86	0,69	1,10	1,10	1,01
	2003	1,10	1,10	1,10	1,10	1,06	0,94	0,82	0,77	0,72	0,71	1,02	1,10	0,96
	2004	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,03	0,81	0,66	0,88	0,96	1,10	1,00
	2005	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	0,96	0,84	0,70	0,92	0,92	0,80	1,10	0,98
	2006	1,10	1,10	1,10	1,10	0,77	0,74	0,71	0,64	0,66	0,78	0,82	1,10	0,89
	2007	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,08	1,10	0,90	0,00	0,00	1,10	1,10	0,90
	2008	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,04	0,73	0,97	0,00	0,83	0,70	0,93	0,89
	2009	1,10	1,10	1,10	1,10	0,75	0,73	0,90	1,04	1,10	0,94	1,10	1,10	1,00
	2010	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,05	0,74	0,72	0,81	0,79	1,10	0,98
	2011	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	0,93	0,80	0,71	1,10	1,00	1,10	1,02
	2012	1,10	1,10	1,10	1,04	1,10	1,10	1,06	0,74	0,87	0,79	0,94	1,10	1,00
	2013	1,10	1,10	1,10	1,10	1,09	1,10	1,01	0,76	0,71	0,94	0,87	0,89	0,98
	2014	0,87	0,65	0,85	0,69	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,09	0,45
	2015	0,78	1,10	1,10	0,81	0,74	0,69	0,82	0,00	0,90	0,00	1,10	1,10	0,76
	2016	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	0,99	0,97	0,89	1,06	1,03	1,10	1,05
	2017	1,10	1,10	1,10	1,09	1,10	0,95	0,80	0,83	0,58	0,78	1,10	0,88	0,95
	Min	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
	Média	1,04	1,05	1,04	0,97	0,88	0,77	0,62	0,51	0,48	0,58	0,74	0,94	0,802
	Max	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10

Anexo 20 - Exemplo de simulação – $P_{inst} = 1,5 \text{ MW}$ – Vazões turbinadas (m^3/s)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1931	2,290	2,290	2,290	2,290	2,265	1,560	1,149	0,862	1,390	1,216	1,248	2,290	1,762
1932	2,290	2,290	2,290	1,896	1,592	1,521	0,915	0,873	0,575	0,975	0,855	2,290	1,530
1933	2,290	2,187	1,489	0,876	0,972	0,692	0,540	0,000	0,000	0,561	0,000	0,865	0,873
1934	1,733	1,822	1,347	0,812	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,290	0,667
1935	1,794	2,290	2,290	1,624	0,837	0,826	0,000	0,550	1,106	2,290	1,276	1,234	1,343
1936	2,290	1,762	2,290	1,475	0,912	0,000	0,000	0,000	1,248	0,671	0,667	2,290	1,134
1937	2,290	2,290	2,290	2,290	2,035	1,709	0,858	0,685	0,000	1,269	1,939	2,159	1,651
1938	2,233	1,733	1,833	1,439	1,064	0,823	0,571	0,678	0,798	1,485	1,308	2,290	1,355
1939	2,290	2,290	2,154	1,507	1,519	1,484	1,114	0,941	0,907	0,837	0,930	2,119	1,508
1940	2,290	2,290	2,290	1,900	1,438	1,080	0,953	0,860	0,814	0,895	1,184	1,345	1,445
1941	2,290	1,646	1,149	1,149	0,872	0,837	0,768	0,641	1,184	0,953	1,576	1,241	1,192
1942	1,599	2,177	2,290	2,290	1,692	1,449	1,334	0,987	0,872	0,791	0,872	1,669	1,502
1943	2,290	2,290	2,290	1,727	1,334	1,161	0,941	0,780	0,745	1,403	1,195	1,299	1,455
1944	1,449	2,290	2,290	1,599	1,172	0,976	0,791	0,641	0,000	0,000	0,860	0,560	1,052
1945	0,549	1,172	0,676	0,549	0,000	1,195	0,768	0,000	0,000	0,000	1,080	1,022	0,584
1946	2,085	2,290	2,290	1,657	1,161	1,022	0,883	0,572	0,000	0,549	0,000	0,000	1,042
1947	1,646	2,290	2,290	1,449	1,161	0,837	0,756	0,641	0,710	0,745	0,606	1,542	1,223
1948	2,290	2,290	2,290	1,841	1,304	0,972	0,890	0,900	0,613	0,641	1,430	0,936	1,366
1949	1,697	2,290	2,134	1,665	1,164	0,935	0,688	0,556	0,000	0,000	0,000	2,072	1,100
1950	2,290	2,290	2,290	2,247	1,499	1,031	0,859	0,632	0,574	1,062	0,900	1,228	1,409
1951	2,290	2,290	2,290	1,858	1,067	0,897	0,716	0,604	0,000	0,544	0,968	1,115	1,220
1952	1,239	2,130	2,290	1,734	0,916	0,987	0,688	0,000	0,000	0,000	0,846	0,539	0,948
1953	1,111	1,316	0,935	1,059	0,772	0,596	0,000	0,000	0,000	0,000	0,542	0,966	0,608
1954	1,797	2,290	1,720	1,010	1,206	1,009	0,641	0,000	0,000	0,000	0,000	0,704	0,865
1955	1,413	0,778	1,006	0,743	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,559	0,932	0,453
1956	0,924	0,992	1,088	0,808	1,416	1,517	1,008	1,404	0,779	0,750	0,000	0,000	0,890
1957	2,290	2,290	2,270	1,826	1,155	0,896	1,314	0,931	1,600	1,422	1,758	1,787	1,628
1958	2,290	2,290	2,290	2,290	2,290	2,290	1,507	0,982	1,206	1,170	1,705	2,013	1,860
1959	2,290	2,290	2,290	2,123	1,287	0,958	0,717	0,826	0,596	0,632	0,826	1,907	1,395
1960	2,290	2,290	2,290	1,887	1,606	1,428	1,099	0,845	0,627	0,837	1,146	2,290	1,553
1961	2,290	2,290	2,290	2,131	1,795	1,204	0,925	0,762	0,617	0,795	1,009	1,284	1,449
1962	1,956	2,290	2,290	2,290	1,806	1,619	1,156	1,061	0,966	1,880	1,361	1,612	1,691
1963	2,290	2,290	1,810	1,197	0,889	0,889	0,816	0,666	0,623	0,802	0,912	0,793	1,165
1964	0,000	2,290	0,838	0,638	0,716	0,000	0,000	0,000	0,000	0,808	0,807	2,290	0,699
1965	2,290	2,290	2,290	2,290	2,290	2,072	1,882	1,282	0,863	1,862	1,631	2,290	1,944
1966	2,290	2,290	2,290	1,553	1,085	0,692	0,000	0,893	0,952	1,168	1,503	2,139	1,405
1967	2,290	2,290	2,290	1,466	1,040	1,241	0,827	0,000	0,745	0,972	1,538	2,091	1,399
1968	2,290	2,138	1,730	1,216	1,006	0,924	0,711	0,658	0,579	0,647	0,541	0,757	1,100
1969	0,674	0,784	0,759	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,716	1,586	1,105	0,469
1970	2,290	2,290	2,290	1,777	1,356	1,020	0,812	0,715	1,213	0,930	0,795	1,186	1,389
1971	1,306	0,880	1,312	0,889	0,850	1,110	0,815	0,610	0,609	0,980	0,604	1,234	0,933
1972	2,140	2,290	2,290	1,881	1,343	1,095	1,543	1,203	1,068	2,290	2,093	1,739	1,748
1973	2,042	2,037	1,732	1,982	1,435	1,206	0,998	0,815	0,807	0,838	1,107	2,134	1,428
1974	2,290	2,201	2,290	2,290	1,614	1,756	1,355	1,000	0,789	1,006	0,866	2,156	1,634
1975	2,290	2,290	1,941	1,395	0,985	0,835	0,875	0,659	0,569	0,984	1,027	2,221	1,339
1976	2,290	2,290	2,290	2,290	2,207	2,290	2,290	2,183	2,290	2,290	2,290	2,290	2,274
1977	2,290	2,290	2,290	2,290	1,850	1,749	1,330	1,111	1,363	1,131	1,475	2,290	1,788
1978	2,099	1,809	2,290	1,390	1,516	1,456	1,478	1,049	1,184	0,913	1,865	2,284	1,611

Anexo 21 – Exemplo de simulação – $P_{inst} = 1,5 \text{ MW}$ – Perdas de carga (m)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1931	4,104	4,104	4,104	4,104	4,016	1,932	1,060	0,603	1,541	1,186	1,247	4,104	2,675
1932	4,104	4,104	4,104	2,835	2,010	1,839	0,679	0,618	0,273	0,769	0,594	4,104	2,169
1933	4,104	3,749	1,764	0,623	0,763	0,392	0,241	0,000	0,000	0,260	0,000	0,608	1,042
1934	2,376	2,621	1,449	0,537	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,104	0,924
1935	2,541	4,104	4,104	2,090	0,570	0,556	0,000	0,250	0,985	4,104	1,304	1,220	1,819
1936	4,104	2,453	4,104	1,731	0,673	0,000	0,000	0,000	1,247	0,369	0,365	4,104	1,596
1937	4,104	4,104	4,104	4,104	3,254	2,310	0,599	0,384	0,000	1,289	2,961	3,654	2,572
1938	3,906	2,376	2,651	1,650	0,912	0,551	0,269	0,376	0,519	1,755	1,368	4,104	1,703
1939	4,104	4,104	3,638	1,806	1,833	1,752	0,999	0,717	0,666	0,570	0,700	3,524	2,034
1940	4,104	4,104	4,104	2,844	1,647	0,939	0,734	0,601	0,540	0,650	1,124	1,445	1,903
1941	4,104	2,146	1,061	1,061	0,617	0,570	0,481	0,337	1,124	0,734	1,972	1,234	1,287
1942	2,029	3,715	4,104	4,104	2,266	1,673	1,421	0,788	0,617	0,510	0,617	2,206	2,004
1943	4,104	4,104	4,104	2,358	1,421	1,082	0,717	0,495	0,453	1,570	1,146	1,350	1,909
1944	1,673	4,104	4,104	2,029	1,103	0,770	0,510	0,337	0,000	0,000	0,601	0,259	1,291
1945	0,249	1,103	0,374	0,249	0,000	1,146	0,481	0,000	0,000	0,000	0,939	0,843	0,449
1946	3,412	4,104	4,104	2,176	1,082	0,843	0,633	0,270	0,000	0,249	0,000	0,000	1,406
1947	2,146	4,104	4,104	1,673	1,082	0,570	0,467	0,337	0,413	0,453	0,303	1,888	1,462
1948	4,104	4,104	4,104	2,675	1,360	0,763	0,643	0,657	0,309	0,337	1,629	0,709	1,783
1949	2,278	4,104	3,573	2,196	1,088	0,707	0,388	0,255	0,000	0,000	0,000	3,371	1,497
1950	4,104	4,104	4,104	3,955	1,787	0,857	0,600	0,328	0,272	0,909	0,656	1,209	1,907
1951	4,104	4,104	4,104	2,722	0,916	0,652	0,420	0,300	0,000	0,244	0,758	1,001	1,610
1952	1,230	3,561	4,104	2,379	0,680	0,788	0,388	0,000	0,000	0,000	0,582	0,240	1,163
1953	0,993	1,384	0,707	0,905	0,486	0,292	0,000	0,000	0,000	0,000	0,243	0,755	0,480
1954	2,549	4,104	2,340	0,823	1,167	0,823	0,337	0,000	0,000	0,000	0,000	0,406	1,046
1955	1,591	0,493	0,818	0,451	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,258	0,703	0,359
1956	0,692	0,795	0,952	0,531	1,597	1,830	0,820	1,572	0,495	0,459	0,000	0,000	0,812
1957	4,104	4,104	4,032	2,632	1,072	0,651	1,379	0,702	2,031	1,611	2,444	2,522	2,274
1958	4,104	4,104	4,104	4,104	4,104	4,104	1,805	0,780	1,165	1,099	2,301	3,188	2,913
1959	4,104	4,104	4,104	3,538	1,325	0,742	0,420	0,556	0,293	0,328	0,556	2,866	1,911
1960	4,104	4,104	4,104	2,808	2,046	1,624	0,972	0,581	0,323	0,569	1,055	4,104	2,199
1961	4,104	4,104	4,104	3,565	2,545	1,162	0,693	0,474	0,313	0,515	0,821	1,319	1,976
1962	3,011	4,104	4,104	4,104	2,577	2,077	1,073	0,907	0,755	2,786	1,479	2,060	2,420
1963	4,104	4,104	2,588	1,148	0,642	0,641	0,542	0,364	0,319	0,524	0,673	0,513	1,347
1964	0,000	4,104	0,571	0,334	0,419	0,000	0,000	0,000	0,000	0,531	0,530	4,104	0,883
1965	4,104	4,104	4,104	4,104	4,104	3,373	2,792	1,314	0,605	2,734	2,108	4,104	3,129
1966	4,104	4,104	4,104	1,915	0,948	0,392	0,000	0,647	0,734	1,095	1,796	3,590	1,952
1967	4,104	4,104	4,104	1,711	0,872	1,234	0,557	0,000	0,453	0,763	1,879	3,433	1,934
1968	4,104	3,588	2,367	1,186	0,817	0,692	0,414	0,355	0,276	0,344	0,242	0,467	1,238
1969	0,373	0,501	0,470	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,419	1,997	0,982	0,395
1970	4,104	4,104	4,104	2,495	1,467	0,839	0,537	0,419	1,179	0,700	0,515	1,129	1,799
1971	1,363	0,629	1,376	0,641	0,587	0,990	0,541	0,306	0,306	0,776	0,300	1,221	0,753
1972	3,591	4,104	4,104	2,790	1,441	0,966	1,891	1,160	0,919	4,104	3,440	2,390	2,575
1973	3,276	3,262	2,371	3,090	1,639	1,167	0,804	0,540	0,531	0,571	0,987	3,572	1,818
1974	4,104	3,796	4,104	4,104	2,065	2,438	1,465	0,807	0,507	0,817	0,609	3,646	2,372
1975	4,104	4,104	2,966	1,552	0,783	0,567	0,621	0,356	0,267	0,782	0,851	3,863	1,735
1976	4,104	4,104	4,104	4,104	3,817	4,104	4,104	3,734	4,104	4,104	4,104	4,104	4,049

Anexo 22 – Exemplo de simulação – $P_{inst} = 1,5 \text{ MW}$ – Queda líquida média (m)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1931	78,77	78,77	78,77	78,77	78,85	80,94	81,81	82,27	81,33	81,68	81,62	78,77	80,19
1932	78,77	78,77	78,77	80,04	80,86	81,03	82,19	82,25	82,60	82,10	82,28	78,77	80,70
1933	78,77	79,12	81,11	82,25	82,11	82,48	82,63	82,87	82,87	82,61	82,87	82,26	81,83
1934	80,49	80,25	81,42	82,33	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	78,77	81,95
1935	80,33	78,77	78,77	80,78	82,30	82,31	82,87	82,62	81,89	78,77	81,57	81,65	81,05
1936	78,77	80,42	78,77	81,14	82,20	82,87	82,87	82,87	81,62	82,50	82,51	78,77	81,27
1937	78,77	78,77	78,77	78,77	79,62	80,56	82,27	82,49	82,87	81,58	79,91	79,22	80,30
1938	78,96	80,49	80,22	81,22	81,96	82,32	82,60	82,49	82,35	81,11	81,50	78,77	81,17
1939	78,77	78,77	79,23	81,06	81,04	81,12	81,87	82,15	82,20	82,30	82,17	79,35	80,84
1940	78,77	78,77	78,77	80,03	81,22	81,93	82,14	82,27	82,33	82,22	81,75	81,42	80,97
1941	78,77	80,72	81,81	81,81	82,25	82,30	82,39	82,53	81,75	82,14	80,90	81,64	81,58
1942	80,84	79,15	78,77	78,77	80,60	81,20	81,45	82,08	82,25	82,36	82,25	80,66	80,87
1943	78,77	78,77	78,77	80,51	81,45	81,79	82,15	82,37	82,42	81,30	81,72	81,52	80,96
1944	81,20	78,77	78,77	80,84	81,77	82,10	82,36	82,53	82,87	82,87	82,27	82,61	81,58
1945	82,62	81,77	82,50	82,62	82,87	81,72	82,39	82,87	82,87	82,87	81,93	82,03	82,42
1946	79,46	78,77	78,77	80,69	81,79	82,03	82,24	82,60	82,87	82,62	82,87	82,87	81,46
1947	80,72	78,77	78,77	81,20	81,79	82,30	82,40	82,53	82,46	82,42	82,57	80,98	81,41
1948	78,77	78,77	78,77	80,19	81,51	82,11	82,23	82,21	82,56	82,53	81,24	82,16	81,09
1949	80,59	78,77	79,30	80,67	81,78	82,16	82,48	82,61	82,87	82,87	82,87	79,50	81,37
1950	78,77	78,77	78,77	78,91	81,08	82,01	82,27	82,54	82,60	81,96	82,21	81,66	80,96
1951	78,77	78,77	78,77	80,15	81,95	82,22	82,45	82,57	82,87	82,63	82,11	81,87	81,26
1952	81,64	79,31	78,77	80,49	82,19	82,08	82,48	82,87	82,87	82,87	82,29	82,63	81,71
1953	81,88	81,49	82,16	81,97	82,38	82,58	82,87	82,87	82,87	82,87	82,63	82,12	82,39
1954	80,32	78,77	80,53	82,05	81,70	82,05	82,53	82,87	82,87	82,87	82,87	82,46	81,82
1955	81,28	82,38	82,05	82,42	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,61	82,17	82,51
1956	82,18	82,08	81,92	82,34	81,27	81,04	82,05	81,30	82,38	82,41	82,87	82,87	82,06
1957	78,77	78,77	78,84	80,24	81,80	82,22	81,49	82,17	80,84	81,26	80,43	80,35	80,60
1958	78,77	78,77	78,77	78,77	78,77	78,77	81,06	82,09	81,70	81,77	80,57	79,68	79,96
1959	78,77	78,77	78,77	79,33	81,54	82,13	82,45	82,31	82,58	82,54	82,31	80,00	80,96
1960	78,77	78,77	78,77	80,06	80,82	81,25	81,90	82,29	82,55	82,30	81,82	78,77	80,67
1961	78,77	78,77	78,77	79,31	80,33	81,71	82,18	82,40	82,56	82,35	82,05	81,55	80,89
1962	79,86	78,77	78,77	78,77	80,29	80,79	81,80	81,96	82,11	80,08	81,39	80,81	80,45
1963	78,77	78,77	80,28	81,72	82,23	82,23	82,33	82,51	82,55	82,35	82,20	82,36	81,52
1964	82,87	78,77	82,30	82,54	82,45	82,87	82,87	82,87	82,87	82,34	82,34	78,77	81,99
1965	78,77	78,77	78,77	78,77	78,77	79,50	80,08	81,56	82,27	80,14	80,76	78,77	79,74
1966	78,77	78,77	78,77	80,96	81,92	82,48	82,87	82,22	82,14	81,78	81,07	79,28	80,92
1967	78,77	78,77	78,77	81,16	82,00	81,64	82,31	82,87	82,42	82,11	80,99	79,44	80,94
1968	78,77	79,28	80,50	81,68	82,05	82,18	82,46	82,51	82,59	82,53	82,63	82,40	81,63
1969	82,50	82,37	82,40	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,87	82,45	80,87	81,89	82,47
1970	78,77	78,77	78,77	80,38	81,40	82,03	82,33	82,45	81,69	82,17	82,36	81,74	81,07
1971	81,51	82,24	81,49	82,23	82,28	81,88	82,33	82,56	82,56	82,09	82,57	81,65	82,12
1972	79,28	78,77	78,77	80,08	81,43	81,90	80,98	81,71	81,95	78,77	79,43	80,48	80,30
1973	79,59	79,61	80,50	79,78	81,23	81,70	82,07	82,33	82,34	82,30	81,88	79,30	81,05
1974	78,77	79,07	78,77	78,77	80,80	80,43	81,40	82,06	82,36	82,05	82,26	79,22	80,50
1975	78,77	78,77	79,90	81,32	82,09	82,30	82,25	82,51	82,60	82,09	82,02	79,01	81,14
1976	78,77	78,77	78,77	78,77	79,05	78,77	78,77	79,14	78,77	78,77	78,77	78,77	78,82

Anexo 23 – Exemplo de simulação – $P_{inst} = 1,5 \text{ MW}$ – Energia gerada média (MWm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1931	1,50	1,50	1,50	1,50	1,49	1,05	0,78	0,59	0,94	0,83	0,85	1,50	1,17
1932	1,50	1,50	1,50	1,27	1,07	1,03	0,63	0,60	0,40	0,67	0,59	1,50	1,02
1933	1,50	1,44	1,01	0,60	0,67	0,48	0,37	0,00	0,00	0,39	0,00	0,59	0,59
1934	1,16	1,22	0,92	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,45
1935	1,20	1,50	1,50	1,09	0,57	0,57	0,00	0,38	0,76	1,50	0,87	0,84	0,90
1936	1,50	1,18	1,50	1,00	0,63	0,00	0,00	0,00	0,85	0,46	0,46	1,50	0,76
1937	1,50	1,50	1,50	1,50	1,35	1,15	0,59	0,47	0,00	0,86	1,29	1,43	1,10
1938	1,47	1,16	1,23	0,98	0,73	0,57	0,39	0,47	0,55	1,01	0,89	1,50	0,91
1939	1,50	1,50	1,42	1,02	1,03	1,00	0,76	0,65	0,62	0,58	0,64	1,40	1,01
1940	1,50	1,50	1,50	1,27	0,97	0,74	0,65	0,59	0,56	0,61	0,81	0,91	0,97
1941	1,50	1,11	0,78	0,78	0,60	0,58	0,53	0,44	0,81	0,65	1,06	0,85	0,81
1942	1,08	1,44	1,50	1,50	1,14	0,98	0,91	0,68	0,60	0,54	0,60	1,12	1,01
1943	1,50	1,50	1,50	1,16	0,91	0,79	0,65	0,54	0,51	0,95	0,82	0,88	0,98
1944	0,98	1,50	1,50	1,08	0,80	0,67	0,54	0,44	0,00	0,00	0,59	0,39	0,71
1945	0,38	0,80	0,47	0,38	0,00	0,82	0,53	0,00	0,00	0,00	0,74	0,70	0,40
1946	1,38	1,50	1,50	1,12	0,79	0,70	0,61	0,39	0,00	0,38	0,00	0,00	0,70
1947	1,11	1,50	1,50	0,98	0,79	0,58	0,52	0,44	0,49	0,51	0,42	1,04	0,82
1948	1,50	1,50	1,50	1,23	0,89	0,67	0,61	0,62	0,42	0,44	0,97	0,64	0,92
1949	1,14	1,50	1,41	1,12	0,79	0,64	0,47	0,38	0,00	0,00	0,00	1,37	0,74
1950	1,50	1,50	1,50	1,48	1,01	0,71	0,59	0,44	0,40	0,73	0,62	0,84	0,94
1951	1,50	1,50	1,50	1,24	0,73	0,62	0,49	0,42	0,00	0,37	0,66	0,76	0,82
1952	0,84	1,41	1,50	1,17	0,63	0,68	0,47	0,00	0,00	0,00	0,58	0,37	0,64
1953	0,76	0,89	0,64	0,72	0,53	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,66	0,42
1954	1,20	1,50	1,16	0,69	0,82	0,69	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	0,58
1955	0,96	0,53	0,69	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,64	0,31
1956	0,63	0,68	0,74	0,55	0,96	1,03	0,69	0,95	0,54	0,52	0,00	0,00	0,61
1957	1,50	1,50	1,49	1,22	0,79	0,61	0,89	0,64	1,08	0,96	1,18	1,20	1,09
1958	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,02	0,67	0,82	0,80	1,15	1,34	1,23
1959	1,50	1,50	1,50	1,41	0,88	0,66	0,49	0,57	0,41	0,44	0,57	1,27	0,93
1960	1,50	1,50	1,50	1,26	1,08	0,97	0,75	0,58	0,43	0,57	0,78	1,50	1,04
1961	1,50	1,50	1,50	1,41	1,20	0,82	0,63	0,52	0,42	0,55	0,69	0,87	0,97
1962	1,30	1,50	1,50	1,50	1,21	1,09	0,79	0,73	0,66	1,26	0,92	1,09	1,13
1963	1,50	1,50	1,21	0,82	0,61	0,61	0,56	0,46	0,43	0,55	0,63	0,55	0,78
1964	0,00	1,50	0,58	0,44	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56	0,55	1,50	0,47
1965	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,37	1,26	0,87	0,59	1,25	1,10	1,50	1,29
1966	1,50	1,50	1,50	1,05	0,74	0,48	0,00	0,61	0,65	0,80	1,02	1,42	0,94
1967	1,50	1,50	1,50	0,99	0,71	0,85	0,57	0,00	0,51	0,67	1,04	1,39	0,94
1968	1,50	1,41	1,16	0,83	0,69	0,63	0,49	0,45	0,40	0,45	0,37	0,52	0,74
1969	0,46	0,54	0,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	1,07	0,75	0,32
1970	1,50	1,50	1,50	1,19	0,92	0,70	0,56	0,49	0,83	0,64	0,55	0,81	0,93
1971	0,89	0,60	0,89	0,61	0,58	0,76	0,56	0,42	0,42	0,67	0,42	0,84	0,64
1972	1,42	1,50	1,50	1,26	0,91	0,75	1,04	0,82	0,73	1,50	1,39	1,17	1,17
1973	1,36	1,35	1,16	1,32	0,97	0,82	0,68	0,56	0,55	0,58	0,76	1,41	0,96
1974	1,50	1,45	1,50	1,50	1,09	1,18	0,92	0,68	0,54	0,69	0,59	1,43	1,09
1975	1,50	1,50	1,29	0,95	0,67	0,57	0,60	0,45	0,39	0,67	0,70	1,46	0,90
1976	1,50	1,50	1,50	1,50	1,46	1,50	1,50	1,44	1,50	1,50	1,50	1,50	1,49
1977	1,50	1,50	1,50	1,50	1,24	1,17	0,90	0,76	0,93	0,77	1,00	1,50	1,19
1978	1,39	1,21	1,50	0,94	1,03	0,99	1,00	0,72	0,81	0,63	1,25	1,50	1,08

