

CONTRATO Nº 001/2014



PLANO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA REGIÃO METROPOLITANA DE SALVADOR, SANTO AMARO E SAUBARA

RELATÓRIO PARCIAL FASE 1 - TOMO II - ESTUDOS BÁSICOS

VOL. 02 – RELATÓRIOS DE DIAGNÓSTICOS DOS SAA'S
- MANANCIAIS, BARRAGENS E CAPTAÇÕES

CAP. 01 – DIAGNÓSTICO DOS SAA'S - MANANCIAIS,
BARRAGENS E CAPTAÇÕES - MUNICÍPIOS DE SALVADOR,
S. FILHO, L. FREITAS, CANDEIAS, M. DEUS, S. F. CONDE,
S. AMARO E SAUBARA

GEOHIDRO

REV.01 - FEVEREIRO DE 2016

GOVERNADOR DO ESTADO DA BAHIA

Rui Costa

SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA HÍDRICA E SANEAMENTO

Cássio Ramos Peixoto

SUPERINTENDÊNCIA DE SANEAMENTO

Carlos Fernando Gonçalves de Abreu

DIRETORIA DE SANEAMENTO URBANO

Geraldo de Senna Luz

Anésio Miranda Fernandes

GRUPO DE ACOMPANHAMENTO TÉCNICO – GAT

Engenheiro Civil	Carlos Fernando Gonçalves de Abreu
Engenheiro Civil	Anésio Miranda Fernandes
Analista Técnica	Tônia Maria Dourado Vasconcelos
Engenheira Civil	Renata Silveira Fraga
Engenheira Civil	Márcia Faro Dantas
Engenheiro Civil	Antonio Carlos Fiscina Mesquita
Analista de Saneamento - Biólogo	Vinícius Pais Barroso Azevedo

GEOHIDRO CONSULTORIA SOCIEDADE SIMPLES LTDA.

COORDENAÇÃO GERAL

Carlos Francisco Cruz Vieira

GERÊNCIA DE CONTRATO

Carlos Alberto Carvalho Heleno

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Eng°. Civil e Sanitarista Edson Salvador Ferreira

EQUIPE TÉCNICA

Engenheiro Civil e Sanitarista	José Geraldo Barreto
Engenheiro Civil	Raydalvo Landim L. B. Louzeiro
Engenheira Sanitarista e Ambiental	Andrea Mota Marchesini
Engenheira Civil (Controle e Planejamento)	Jacqueline de Oliveira Fratel
Engenheiro Civil	André Luiz Andrade Queiroz
Engenheiro Civil	José Mário Guimarães Miranda
Engenheira Civil	Swan Pires Marques e Amorim
Engenheiro Civil	Leonardo Muller Adaime
Engenheira Sanitarista e Ambiental	Alessandra da Silva Faria
Engenheira Ambiental	Raquel Pereira de Souza
Engenheira Sanitarista e Ambiental	Samanta Ribeiro Oliveira
Engenheira Sanitarista e Ambiental	Renata Ramos Pinto
Engenheira Sanitarista e Ambiental	Olga Braga Oliveira
Engenheira Sanitarista e Ambiental	Gilza Chagas Maciel
Engenheira Sanitarista e Ambiental	Jamile Leite Bulhões
Engenheira Sanitarista e Ambiental	Vanessa Britto Silveira Cardoso
Engenheiro Civil	Francisco Henrique Mendonça
Geógrafo	Maurílio Queirós Nepomuceno
Designer Gráfico	Carlos Eduardo Araújo
Designer Gráfico	Carlos Eugênio Ramos
Projetista Cadista	Jair Santos Fernandes
Cadista	Sérgio Marcos de Oliveira
Estagiária	Deise Vasquez
Estagiário	Marx Ribeiro Monaco

RELATÓRIO PARCIAL

FASE 1 – TOMO II – ESTUDOS BÁSICOS

VOLUME 02 – DIAGNÓSTICO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA – MANANCIAIS, BARRAGENS E CAPTAÇÕES

CAPÍTULO 1 – DIAGNÓSTICO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA – MANANCIAIS, BARRAGENS E CAPTAÇÕES – SALVADOR, SIMÕES FILHO, LAURO DE FREITAS, CANDEIAS, MADRE DE DEUS, SÃO FRANCISCO DO CONDE, SANTO AMARO E SAUBARA

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	9
1.1. INTRODUÇÃO.....	10
1.2. MANANCIAIS DO SIAA DE SALVADOR E SIAA DO RECÔNCAVO	13
1.2.1. Bacia do rio Joanes.....	13
1.2.1.1. Rio Ipitanga.....	13
1.2.1.2. Rio Joanes	18
1.2.2. Bacia do rio Jacuípe.....	19
1.2.3. Bacia do rio Paraguaçu.....	22
1.3. BARRAGENS E REPRESAS DO SIAA DE SALVADOR E SIAA DO RECÔNCAVO	26
1.3.1. Barragens Ipitanga I, II e III e Respectivas Represas	26
1.3.2. Barragem e Represa de Joanes I	30
1.3.3. Barragem Joanes II.....	32
1.3.4. Barragem e Represa de Pedra do Cavalo	36
1.3.5. Barragem e Represa de Santa Helena	43
1.4. QUALIDADE DA ÁGUA DOS MANANCIAIS QUE ATENDEM O SIAA DE SALVADOR E O SIAA DO RECÔNCAVO.....	46
1.4.1. Monitoramento Realizado pelo INEMA	46
1.5. AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DOS MANANCIAIS DO SIAA DE SALVADOR E SIAA DO RECÔNCAVO	70
1.6. CAPTAÇÕES DO SIAA DE SALVADOR E SIAA DO RECÔNCAVO	80
1.6.1. Captação na Represa de Pedra do Cavalo.....	80
1.6.2. Captação do Sistema Adutor Joanes II – ETA Principal	87

1.6.3.	Captação na Represa de Santa Helena.....	91
1.6.4.	Captação na Barragem de Joanes I.....	96
1.6.5.	Captação na Barragem Ipitanga I	102
REFERÊNCIAS		105
APÊNDICE 1 - DIAGNÓSTICO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA – MANANCIAIS, BARRAGENS E CAPTAÇÕES DOS MUNICÍPIOS DE SANTO AMARO E SAUBARA		
APÊNDICE 2 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS		
ANEXO I - CONTRATO DE CONCESSÃO Nº 19/2002 – ANEEL AHE PEDRA DO CAVALO		
ANEXO II - TERMO DE PERMISSÃO PROVISÓRIA DE USO E OPERAÇÃO DA UHE PEDRA DO CAVALO		
ANEXO III - SIMULAÇÃO DA OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE PEDRA DO CAVALO – BA, PARA USOS MÚLTIPLOS, CONSIDERANDO-SE NÍVEIS DE ALERTA		
ANEXO IV - INVENTÁRIO DAS RESTRIÇÕES OPERATIVAS HIDRÁULICAS DOS APROVEITAMENTOS HIDRELÉTRICOS		
ANEXO V - NOTA TÉCNICA Nº 007-12-COSEB-DIRAG		
ANEXO VI - INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 01, DE 27 DE FEVEREIRO DE 2007		

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. 1 - Principais Mananciais e Sistemas de Abastecimento de Água da RMS	11
Figura 1. 2 - Principais mananciais da RMS e suas bacias hidrográficas	14
Figura 1. 3 - Zoneamento Ambiental da APA Joanes-Ipitanga.....	15
Figura 1. 4 - Ocupação atual na área de proteção de mananciais do rio Ipitanga	16
Figura 1. 5 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Jacuípe	19
Figura 1. 6 - Represa de Santa Helena e ocupação atual no seu entorno	21
Figura 1. 7 - Baixo curso do Rio Paraguaçu, destacando-se a Barragem e Represa Pedra do Cavalo, e seu entorno.....	23
Figura 1. 8 - Barragem Ipitanga I.....	26
Figura 1. 9 - Barragem Ipitanga II.....	27
Figura 1. 10 - Variação do Nível de Água na Represa de Ipitanga I entre Outubro/2011 e Junho/2014	28
Figura 1. 11 - Variação do Nível de Água na Represa de Ipitanga II entre Outubro/2011 e Junho/2014	29
Figura 1. 12 - Vista Geral da Represa Joanes I	30
Figura 1. 13 - Barragem do Joanes I.....	31
Figura 1. 14 - Variação do Nível de Água na Represa de Joanes I entre Outubro/2011 e Junho/2014	32
Figura 1. 15 - Vista Geral da Barragem Joanes II	33
Figura 1. 16 - Barragem do Joanes II.....	34
Figura 1. 17 - Variação do Nível de Água na Represa de Joanes II entre Outubro/2011 e Junho/2014	35
Figura 1. 18 - Barragem Pedra do Cavalo.....	37
Figura 1. 19 - Variação do Nível de Água na Represa de Pedra do Cavalo entre Janeiro/2004 e Maio/2014	41
Figura 1. 20 - Situação de Aproveitamento da Disponibilidade do Reservatório de Pedra do Cavalo (Curva Antiga e Curva Atual).....	42
Figura 1. 21 - Barragem Santa Helena.....	43
Figura 1. 22 - Variação do Nível de Água na Represa de Santa Helena entre Outubro/2011 e Junho/2014	45
Figura 1. 23 - Mananciais do SIAA de Salvador e SIAA do Recôncavo.....	72
Figura 1. 24 - Vista Aérea da Captação / Estação Elevatória do SIAA de Salvador em Pedra do Cavalo	80
Figura 1. 25 - Vista Superior da Casa de Bombas da Captação do Sistema Adutor Pedra do Cavalo	82
Figura 1. 26 - Condições Operacionais das Bombas EBARA na elevatória de Pedra do Cavalo	84
Figura 1. 27 - Associação de duas bombas 16LN35, equipadas com rotor de 32", funcionando isoladamente, ou em paralelo com as bombas Ebara.....	85
Figura 1. 28 - Vista da captação/elevatória do sistema adutor Joanes II – ETA Principal.....	89
Figura 1. 29 - Esquema das adutoras Joanes II – ETA Principal	90
Figura 1. 30 - Vista panorâmica da captação/elevatória de Santa Helena (também conhecida como elevatória do Jacumirim)	92

Figura 1. 31 - Esquema geral dos sistemas adutores Santa Helena – Joanes II e Santa Helena – Braskem..	93
Figura 1. 32 - Vista do módulo operacional da captação/elevatória de Santa Helena (elevatória do Jacumirim)	94
Figura 1. 33 - Barragem Joanes I.....	96
Figura 1. 34 - Booster do Sistema Adutor em Aço, com Captação na Barragem Joanes I	98
Figura 1. 35 - Perfil Piezométrico do Sistema Adutor Joanes I - Bolandeira	101

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1- Sistemas de Abastecimento de Água da RMS, Santo Amaro e Saubara – Quadro Síntese.....	10
Quadro 1.2 – Outros Sistemas de abastecimento que se utilizam da represa de Pedra do Cavalo e suas Demandas.....	24
Quadro 1.3 - Características da Barragem Ipitanga I	26
Quadro 1.4 - Características da Barragem Ipitanga II	27
Quadro 1.5 - Características da Barragem do Joanes I	31
Quadro 1.6 - Características da Barragem do Joanes II	34
Quadro 1.7 - Características da Barragem Pedra do Cavalo	37
Quadro 1.8 - Características da Barragem Santa Helena	43
Quadro 1.9 - Equipamentos da barragem Santa Helena	44
Quadro 1. 10 - Classes do Índice de Qualidade da Água (IQA)	46
Quadro 1.11 - IQA dos Mananciais do SIAA de Salvador conforme Programa MONITORA do INEMA	47
Quadro 1.12 - Localização dos pontos de coleta de amostras nos reservatórios	48
Quadro 1.13 - Parâmetros Avaliados	51
Quadro 1. 14 – Resumo de Cálculo do Índice do Estado Trófico nos reservatórios do SIAA de Salvador	53
Quadro 1.15 - Parâmetros de Qualidade da Água da Represa Ipitanga III	55
Quadro 1.16 - Parâmetros de Qualidade da Água da Represa Ipitanga II	56
Quadro 1.17 - Parâmetros de Qualidade da Água da Represa Ipitanga I	58
Quadro 1.18 - Parâmetros de Qualidade da Água da Represa Joanes II (JO II - 8)	60
Quadro 1.19 - Parâmetros de Qualidade da Água da Represa Joanes II	62
Quadro 1.20 - Parâmetros de Qualidade da Água da Represa Joanes I	63
Quadro 1.21 - Parâmetros de Qualidade da Água da Represa Santa Helena	65
Quadro 1.22 - Parâmetros de Qualidade da Água da Represa Pedra do Cavalo	67
Quadro 1.23 - Quadro Síntese de Avaliação da Qualidade da Água	69
Quadro 1.24 - Expectativa de vazões regularizadas nos mananciais da RMS em estudos existentes	70
Quadro 1.25 - Volumes correspondentes aos níveis operacionais dos reservatórios	73
Quadro 1.26 - Vazões regularizadas em Santa Helena para cenários mais recentes	73
Quadro 1.27 - Vazão regularizada com 100% de permanência em Santa Helena estimada em estudos distintos.....	73
Quadro 1.28 - Resultados da simulação para o cenário estabelecido	74
Quadro 1.29 - Volumes disponíveis para regularização e vazões em Pedra do Cavalo	75
Quadro 1.30 - Indicadores relativos aos reservatórios de Joanes I e de Joanes II	77
Quadro 1.31 - Vazões média mensais (m³/s) na bacia do Joanes estimadas pela FEP	77
Quadro 1.32 - Comparação das estimativas de vazão regularizada em Joanes I e Joanes II	78

Quadro 1.33 - Vazões médias estimadas para as bacias de Ipitanga I e Ipitanga II	78
Quadro 1.34 - Parâmetros Indicadores dos reservatórios de Ipitanga I e Ipitanga II.....	78
Quadro 1.35 - Comparação das estimativas de vazão regularizada em Ipitanga I e Ipitanga II	79
Quadro 1.36 - Síntese da disponibilidade hídrica dos reservatórios analisados	79
Quadro 1.37 - Características das Bombas da Captação de Pedra do Cavalo.....	81
Quadro 1.38 - Vazões Recalcadas pela Estação de Pedra do Cavalo	82
Quadro 1.39 - Condições Operacionais das Bombas de Eixo Horizontal Associadas às Bombas EBARA	86
Quadro 1.40 - Capacidade de captação da elevatória de água bruta, conforme projeto	87
Quadro 1.41 - Dados das Bombas de Captação na Represa Joanes II.....	88
Quadro 1.42 - Dados das Bombas de Captação na Represa Santa Helena.....	91
Quadro 1.43 - Características Básicas dos Dispositivos	99
Quadro 1.44 - Parâmetros Medidos em 06/03/2013	99
Quadro 1.45 - Características do <i>Booster</i>	99
Quadro 1.46 - Parâmetros do Escoamento no Sistema Joanes I - Bolandeira	100
Quadro 1.47 - Características das Bombas Seleccionadas	102
Quadro 1.48 - Características Operacionais dos Conjuntos Motobombas	103

APRESENTAÇÃO

Em 17 de fevereiro de 2014, a então Secretaria de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia (SEDUR) celebrou com a GEOHIDRO o Contrato nº 001/2014, referente à prestação de serviços de consultoria para a elaboração do Plano de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de Salvador (PARMS), Santo Amaro e Saubara. Em 2015, com a criação da Secretaria de Infraestrutura Hídrica e Saneamento (SIHS), pela Lei Estadual nº 13.204, de 11 de dezembro de 2014, por força do Primeiro Termo de Apostilamento ao Contrato nº 001/14, a SIHS passou a gerir o referido contrato e a acompanhar o desenvolvimento do PARMS.

O referido Plano tem como objetivo geral diagnosticar a situação atual do abastecimento de água na RMS e propor ações com viabilidade técnica, econômica e social, que garantam o fornecimento de água em quantidade e qualidade satisfatórias para as demandas nessa região, nos próximos 25 anos.

Conforme estabelecido no Termo de Referência, os documentos a serem produzidos e emitidos referentes aos estudos contratados deverão obedecer à seguinte estrutura básica:

- TOMO I – Relatório Sinopse;
- TOMO II – Relatório de Estudos Básicos, compreendendo:
 - Volume 1 – Relatório de População e Demanda;
 - Volume 2 – Relatório de Diagnóstico dos SAA (Mananciais, Barragens e Captações);
 - Volume 3 – Relatório de Diagnóstico dos SAA (Adutoras, Estações Elevatórias e Estações de Tratamento de Água);
 - Volume 4 – Relatório de Diagnóstico dos SAA (Reservatórios, Redes de Distribuição, Avaliação de Perdas Físicas e Eficiência Energética);
- TOMO III – Relatório dos Estudos de Concepção e Viabilidade;
- TOMO IV – Relatório das Diretrizes e Proposições;
- TOMO V – Relatórios da Avaliação Ambiental Estratégica, incluindo:
 - Volume 1 – Relatório da Qualidade Ambiental;
 - Volume 2 – Relatório da Avaliação Ambiental Estratégica.

O presente relatório, intitulado *Diagnóstico dos Sistemas de Abastecimento de Água Existentes – Mananciais, Barragens e Captações dos Municípios de Salvador, Simões Filho, Lauro de Freitas, Candeias, Madre de Deus, São Francisco do Conde, Santo Amaro e Saubara*, refere-se ao produto parcial que constitui o Capítulo 1 do Tomo II, Volume 2.

1.1. INTRODUÇÃO

A RMS é abastecida por diversos sistemas de abastecimento de água, sumariamente identificados no **Quadro 1.1** e ilustrados na **Figura 1.1**.

Quadro 1.1- Sistemas de Abastecimento de Água da RMS, Santo Amaro e Saubara – Quadro Síntese

SISTEMAS	ETA'S	MANANCIAIS	REPRESAS	MUNICÍPIOS/INDÚSTRIAS ATENDIDAS
SIAA de Salvador	ETA Principal	Paraguaçu Joanes Jacuípe	Pedra do Cavalo Joanes II Santa Helena	Salvador, Lauro de Freitas e Simões Filho
	ETA Bolandeira	Joanes Ipitanga	Joanes I Ipitanga I	Salvador
	ETA Suburbana	Ipitanga	Ipitanga II	Salvador, Simões Filho
SIAA do Recôncavo	ETA Principal	Paraguaçu Joanes Jacuípe	Pedra do Cavalo Joanes II Santa Helena	Candeias, Madre de Deus e São Francisco do Conde
Abastecidos pela adutora Pedra do Cavalo - ETA Principal, com água bruta: (SIAA Amélia Rodrigues, SAA Santo Amaro, Indústrias)	ETA SIAA Amélia Rodrigues; ETA SAA Santo Amaro	Paraguaçu	Pedra do Cavalo	- Sedes municipais: Amélia Rodrigues, Conceição do Jacuípe, Coração de Maria, Santo Amaro; - Indústrias: RLAM (S.F. Conde), Dow Química e CIA Norte (Candeias)
SIAA de Barra do Pojuca	ETA de Barra do Pojuca	Pojuca	Captação Direta	Localidades nos municípios de Camaçari e Mata de São João
Sistema Adutor da GERDAU	-	Ipitanga	Ipitanga II	Usina Siderúrgica GERDAU
SAA da Braskem	ETA da Braskem	Jacuípe	Santa Helena	Braskem e indústrias do Complexo Petroquímico de Camaçari
SIAA de Saubara	ETA SIAA Saubara	Rio Grande e manancial subterrâneo da região	Captação Direta	Saubara e localidades
SIAA Itaparica-Vera Cruz	ETA Itaparica - Vera Cruz	Tapera	Tapera	Itaparica, Vera Cruz e localidades
Sistemas Isolados da RMS	Diversas (Simples Desinfecção)	Aquífero São Sebastião	-	Sedes municipais de Camaçari; Dias d'Ávila; Mata de São João; São Sebastião do Passé
Outros Sistemas do Litoral Norte	Diversas	Rio Una, rio Pojuca, rio Sauípe, Aquífero São Sebastião	-	Sede municipal de Pojuca; localidades de Camaçari, Dias d'Ávila, Mata de São João, São Sebastião do Passé

O Sistema Integrado de Abastecimento de Água de Salvador, Lauro de Freitas e Simões Filho (SIAA de Salvador) é o principal sistema de abastecimento da RMS, utilizando como mananciais as represas de Joanes I e II; Ipitanga I, II e III; Santa Helena; e Pedra do Cavalo.

Esse sistema conta com três unidades de produção de água tratada para onde convergem as águas brutas dos mananciais utilizados: a ETA Principal, ETA's Bolandeira e a ETA Suburbana. ETA do Cobre foi desativada e não existe mais perspectiva de retorno operacional pela EMBASA.

A ETA Principal é alimentada por adutoras de água bruta proveniente das represas de Pedra do Cavalo e Joanes II, esta última reforçada pela represa de Santa Helena através da adutora de água bruta Santa Helena – Joanes II. A água tratada na ETA Principal abastece áreas de Salvador, Lauro de Freitas e Simões Filho. Abastece também o SIAA do Recôncavo, incluindo Candeias, São Francisco do Conde e Madre de Deus.



Figura 1.1 - Principais Mananciais e Sistemas de Abastecimento de Água da RMS

A ETA Bolandeira recebe água bruta por meio de sistemas adutores que captam água nas represas de Joanes I e Ipitanga I, abastecendo parte de Salvador.

A ETA Suburbana tem pequena contribuição, recebendo água bruta da represa Ipitanga II e fornecendo água tratada para alguns bairros de Salvador e pequena área de Simões Filho, mais especificamente parte da área de influência do Reservatório de Valéria.

Outros sistemas de abastecimento de água da RMS estão associados ao SIAA de Salvador, seja por compartilhamento de mananciais ou de suas estruturas de adução e tratamento.

Compartilham da represa Pedra do Cavalo os seguintes sistemas: SIAA de Amélia Rodrigues, Conceição do Jacuípe e Coração de Maria; SAA de Santo Amaro; SIAA do Recôncavo, que atende a sedes municipais e localidades de Candeias, Madre de Deus e São Francisco do Conde; e os sistemas de abastecimento industrial da RLAM (São Francisco do Conde) e Cia Norte (Candeias). As represas Santa Helena e Joanes II são compartilhadas com o sistema industrial da Braskem (Camaçari); enquanto a represa de Ipitanga II é compartilhada com o sistema industrial da GERDAU (Salvador).

Dentre os sistemas acima relacionados, os que se utilizam da represa Pedra do Cavalo têm sua demanda incluída na parcela da vazão regularizada alocada para o SIAA de Salvador, de 21 m³/s. As demandas de outros sistemas abastecidos pela represa Pedra do Cavalo, localizados fora da área de intervenção do presente Plano, devem ser consideradas na vazão regularizada pela represa Pedra do Cavalo, descontada a vazão prevista para o SIAA de Salvador.

Os sistemas acima citados, excetuando-se Braskem e GERDAU, também compartilham da adutora de água bruta Pedra do Cavalo – ETA Principal (Adutora Principal) do SIAA de Salvador.

Em conjunto, as demandas do SIAA de Salvador e dos sistemas a ele associados, acima referidos, representam cerca de 90% das demandas de abastecimento da RMS.

Os demais sistemas de abastecimento da RMS estão localizados predominantemente sobre a Bacia Sedimentar do Recôncavo, incluindo os municípios de Camaçari, Dias d'Ávila, Mata de São e São Sebastião do Passé. As grandes reservas de águas subterrâneas existentes nessa região, principalmente no domínio do aquífero São Sebastião, são determinantes para que esse aquífero seja o principal manancial utilizado, tanto nas sedes municipais desses municípios como em suas localidades litorâneas. Apenas nos extremos norte e nordeste da RMS, a sede municipal de Pojuca, uma pequena porção do município de Camaçari, e algumas localidades de Mata de São João se utilizam dos recursos superficiais ali existentes.

Inserido na bacia do Recôncavo Sul, no âmbito da RMS, existe ainda o SIAA de Itaparica e Vera Cruz que atende as sedes municipais e outras localidades desses municípios.

O Diagnóstico dos Sistemas de Abastecimento de Água, objeto deste Volume 2, tratará das questões relativas aos MANANCIAIS, BARRAGENS e CAPTAÇÕES dos sistemas existentes na RMS, Santo Amaro e Saubara, avaliando-se as condições atuais de atendimento destes componentes tendo em vista identificar as adequações e ampliações necessárias para garantir o suprimento de água no horizonte de planejamento (ano 2040), conforme as demandas previstas nos respectivos estudos, tratados no Volume 1 deste Plano.

1.2. MANANCIAIS DO SIAA DE SALVADOR E SIAA DO RECÔNCAVO

O SIAA de Salvador é atendido exclusivamente por mananciais superficiais inseridos nas bacias hidrográficas do Paraguaçu e do Recôncavo Norte (mais especificamente nas sub-bacias dos rios Joanes e Jacuípe).

A **Figura 1. 2** mostra que as bacias dos rios Joanes e Jacuípe se inserem quase completamente nos limites territoriais da Área de Intervenção do Plano (municípios da RMS, Santo Amaro e Saubara), também definida como a Área de Influência Direta do Plano.

A bacia do rio Paraguaçu – a maior bacia hidrográfica inteiramente em território estadual – situa-se totalmente fora dos domínios da Área de Intervenção do Plano, estabelecendo-se uma relação de dependência indireta no que diz respeito ao uso das águas deste manancial para abastecimento da RMS, face à necessidade de conciliar a sua disponibilidade hídrica com as demandas de múltiplos usos preconizados no âmbito da própria bacia, particularmente em relação ao aproveitamento da represa de Pedra do Cavalo utilizada pelo SIAA de Salvador. Neste aspecto, convém mencionar que o plano de alocação da vazão regularizada pela represa de Pedra do Cavalo, conforme seu projeto básico prevê a destinação de uma parcela de 21,0 m³/s para o SIAA de Salvador.

A seguir apresenta-se uma breve caracterização das bacias e respectivos mananciais utilizados no SIAA de Salvador.

1.2.1. Bacia do rio Joanes

Na bacia do rio Joanes, os aproveitamentos para abastecimento de água são feitos por meio de barramentos implantados em seu curso principal e no do rio Ipitanga, afluente do Joanes pela margem direita. Devido à importância desses mananciais para o abastecimento da RMS, a sua proteção está regulamentada pelo Decreto Estadual nº 7.596, de 1999, que criou a APA Joanes-Ipitanga, abrangendo uma área total de 64.463 ha, distribuída pelos municípios de Camacari, Simões Filho, Lauro de Freitas, São Francisco do Conde, Candeias, São Sebastião do Passé, Salvador e Dias D'Ávila.

Em 2002, a Resolução CEPRAM nº 2.974 aprovou o Plano de Manejo da APA - Zoneamento Ambiental (**Figura 1. 3**), cujo objetivo é a preservação das nascentes, das represas dos rios Joanes e Ipitanga, além da sua região estuarina, propiciando ainda a preservação, conservação e recuperação dos ecossistemas existentes na área da APA. Legislações posteriores acerca do uso e ocupação do solo no âmbito dessas bacias, tais como o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Salvador (PDDU) e Plano Diretor de Desenvolvimento Municipal de Lauro de Freitas (PDDM) preconizam em seus zoneamentos a observância das diretrizes do ZEE da APA Joanes-Ipitanga.

A seguir são apresentados os comentários pertinentes acerca desses mananciais.

1.2.1.1. Rio Ipitanga

O rio Ipitanga nasce no município de Simões Filho e o seu curso principal tem uma extensão de 30 quilômetros. Seus principais afluentes são os rios Cabuçu, Cururipe, Itinga e Caji e sua bacia abrange parte dos municípios de Salvador, Simões Filho e Lauro de Freitas, possuindo uma área de drenagem de 120 km². Sua foz deságua no rio Joanes a jusante da Barragem Joanes I. Em seu curso principal encontram-se as barragens e represas Ipitanga I, Ipitanga II e Ipitanga III, posicionadas de jusante para montante, respectivamente. O barramento de Ipitanga III resultou do aterro de trecho da Rodovia CIA-Aeroporto, interligando-se com Ipitanga II através bueiro existente nessa rodovia. Os aproveitamentos do rio Ipitanga para fins de abastecimento são feitos através captações nas represas Ipitanga I e II. Por meio de um recalque independente, a represa de Ipitanga I atende as ETA's do Parque Bolandeira, reforçando a vazão encaminhada pelas represas do rio Joanes a este parque. Na represa de Ipitanga II existem dois recalques independentes, que alimentam com água bruta a ETA Suburbana e a Usina Siderúrgica GERDAU.

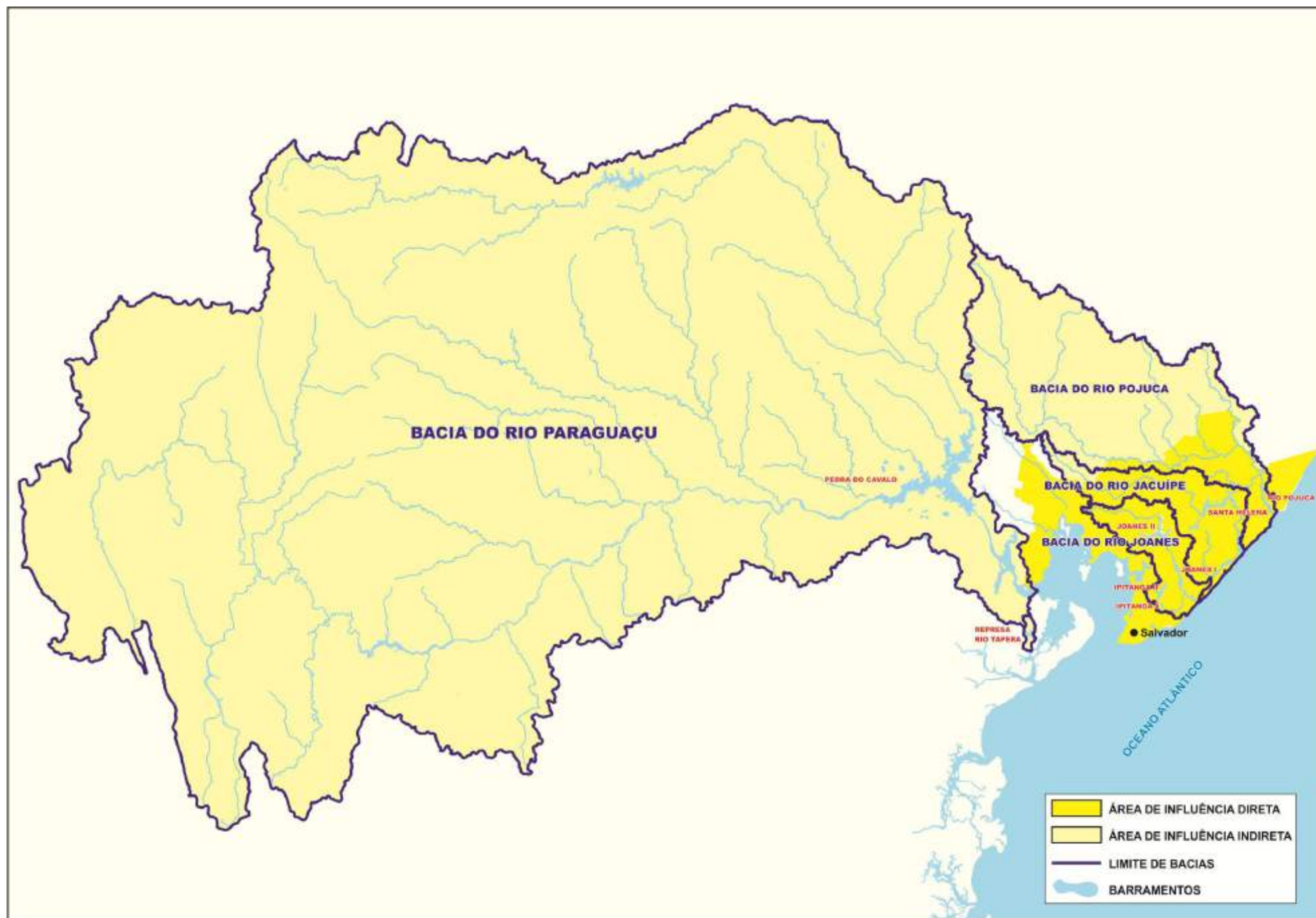


Figura 1.2 - Principais mananciais da RMS e suas bacias hidrográficas

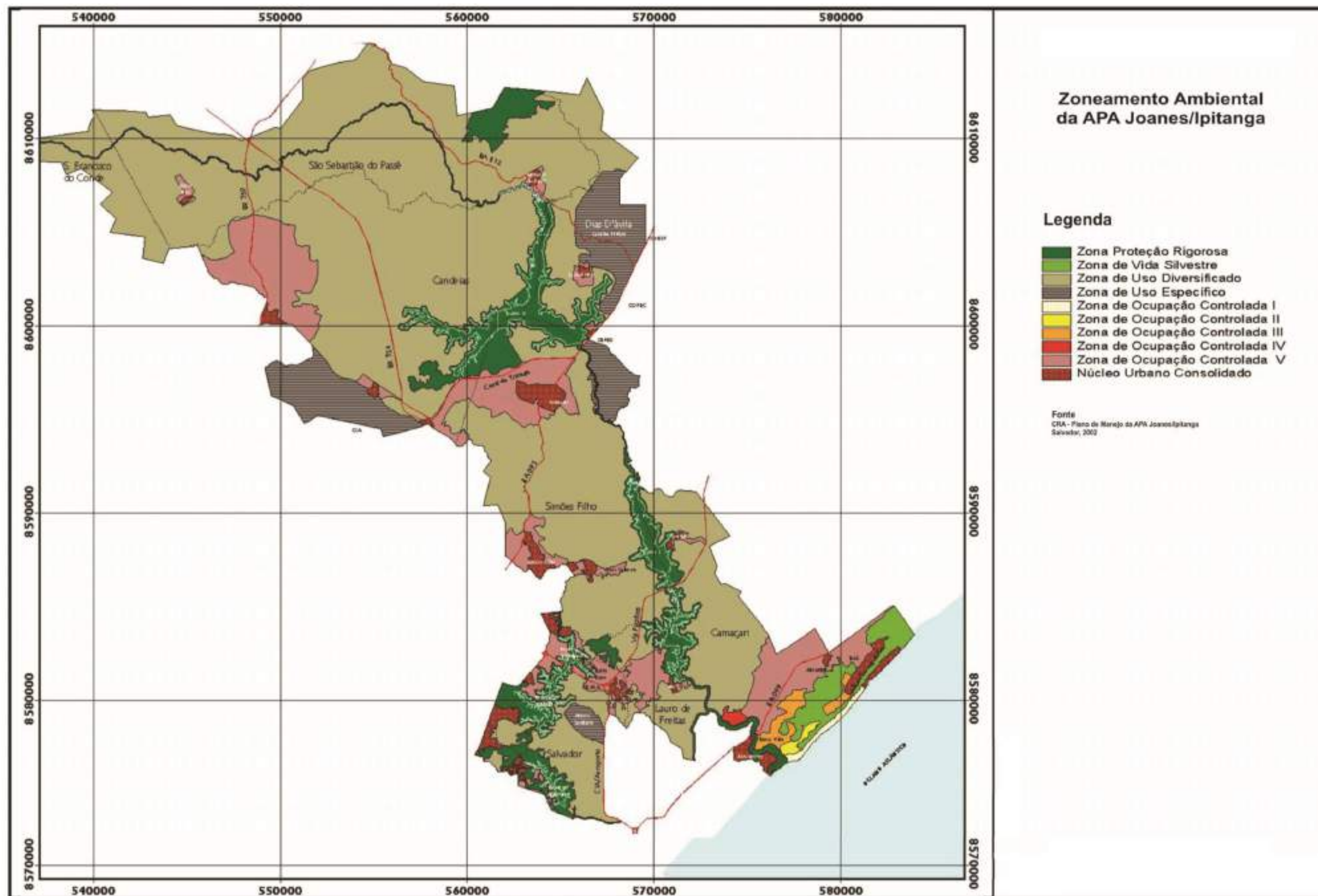


Figura 1. 3 - Zoneamento Ambiental da APA Joanes-Ipitanga

Fonte: SEDUR, 2014

Toda a área de drenagem das represas Ipitanga I e II inserida nos limites do município de Salvador é classificada pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU) de Salvador (Lei 7.400/2008) como Zona de Proteção Ambiental (ZPAM), classificação atribuída às áreas constituídas, predominantemente, por Unidades de Conservação e por áreas com grande restrição de ocupação, destinando-se à proteção de mananciais, à preservação e recuperação ambiental, bem como ao desenvolvimento econômico sustentável. Apesar dos atributos da ZPAM, observa-se um processo crescente de adensamento urbano na área, conforme pode ser visualizado na **Figura 1. 4**.

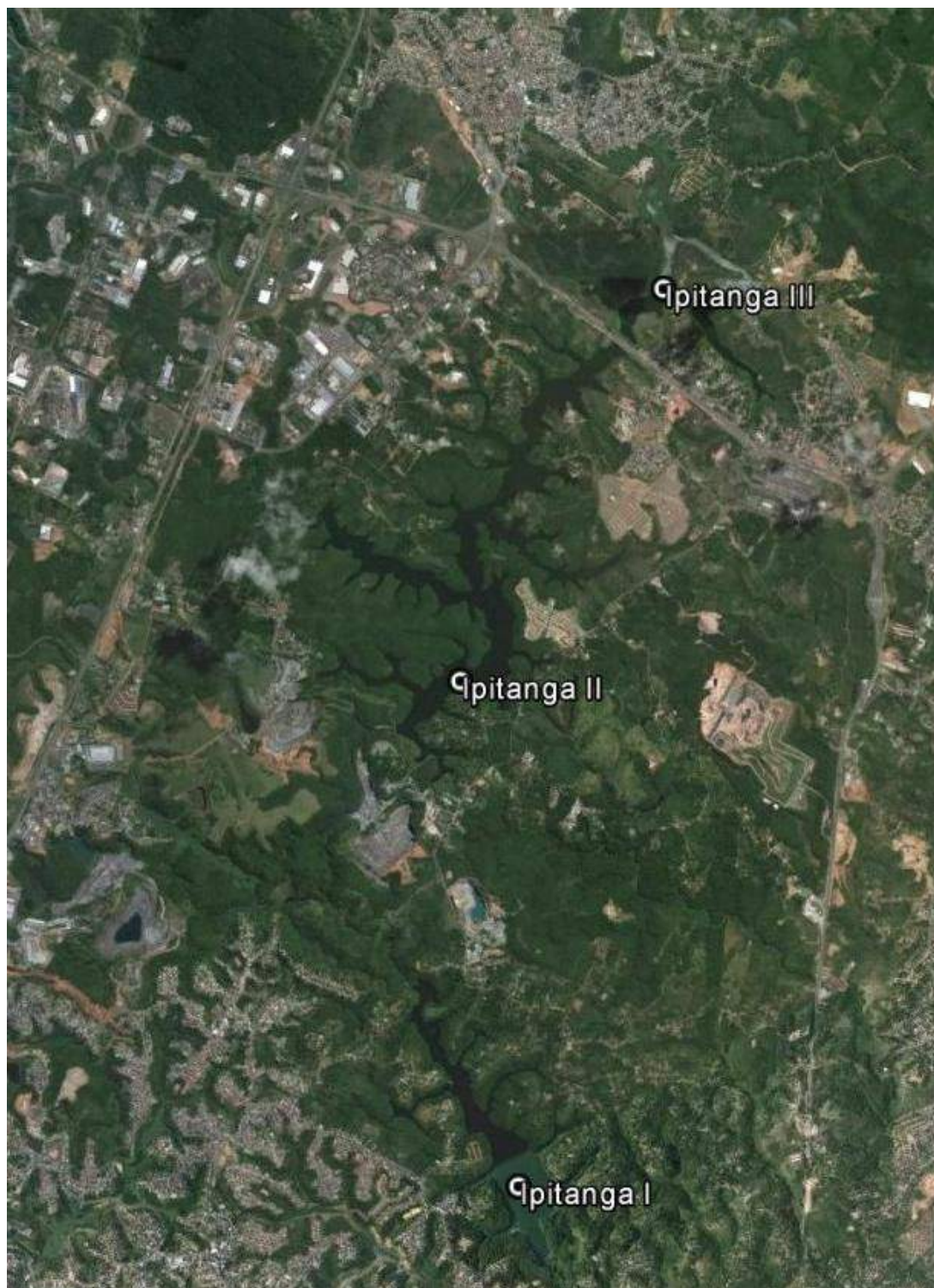


Figura 1. 4 - Ocupação atual na área de proteção de mananciais do rio Ipitanga

Fonte: Google, 2015

A bacia hidrográfica do rio Ipitanga possui uma área com características essencialmente rurais, onde se observa que a vegetação original, em muitos trechos, foi substituída por pastagens e pomares. Os problemas ambientais evidenciam a ação antrópica desenvolvida na região.

Na bacia de drenagem da represa Ipitanga III os impactos são oriundos, principalmente, da pressão urbana na área do entorno do reservatório, cuja ocupação residencial desordenada e sem infraestrutura adequada, potencializa a ocorrência de processos erosivos, assoreamento e, conseqüentemente, a redução da lâmina d'água da represa, além da degradação de suas águas em decorrência da contribuição de lixo e esgoto doméstico lançado "*in natura*". Contribui para isso a sua proximidade do Centro de Abastecimento de Salvador (CEASA), que propiciou o adensamento da população de baixa renda, atraída pela oferta de serviços no local. Levando em conta a situação existente, o PDDU/2008 estabeleceu três diferentes zonas na bacia da represa Ipitanga III. A porção norte foi mantida como ZPAM, onde prevalece a condição de ocupação restrita. A porção central foi classificada como Zona Especial de Interesse Social (ZEIS), contemplando os aglomerados de Nova Esperança e Barro Duro, que neste caso corresponde aos assentamentos precários ocupados por população de baixa renda, localizados em áreas de preservação permanente, nas quais haja interesse público em promover os meios para a regularização fundiária e urbanística e recuperação ambiental. A porção sul, no entorno das instalações da CEASA, foi classificada como zona predominantemente residencial categoria 3 (ZPR-3), considerando o aglomerado urbano existente no local.

Na bacia de drenagem da Represa Ipitanga II, classificada como ZPAM pelo PDDU/2008, destaca-se a existência de diversas pedreiras que dispõem resíduo resultante da extração mineral e lixo doméstico de maneira inadequada, às margens do manancial. Além das atividades de mineração, estão instaladas na área do entorno da Represa Ipitanga II pequenas unidades industriais, a exemplo de frigoríficos, curtumes e matadouros, conferindo à região elevado risco de contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos. Aliado a esse cenário, existe a proximidade do Centro Industrial de Aratu - CIA e do Aterro Metropolitano Centro, que se constituem noutras fontes potenciais de contaminação, em função do manejo dos efluentes líquidos, dos resíduos sólidos industriais e do chorume produzido pelo lixo depositado no Aterro.

A bacia de drenagem da Represa Ipitanga I também é classificada como ZPAM pelo PDDU/2008. As margens dessa represa, nas proximidades da barragem, apresentam-se com vegetação preservada, conservando as características da Mata Atlântica original. No entanto, na área norte se observa a existência de assoreamento e elevada turbidez das águas, em decorrência do processo de lavra e beneficiamento promovido pelas pedreiras ali existentes.

Entre a rodovia CIA-Aeroporto e a represa Ipitanga I, destaca-se a ocupação denominada Fazenda Cassange, motivo de conflito entre a População Local e o Poder Público. Nesse local, ao longo do tempo, foram construídas casas, condomínios e ruas, de forma clandestina e desordenada, havendo hoje cerca de 15 mil pessoas ali residentes, distribuídas em 11 comunidades. A partir de Inquérito Civil do Ministério Público do Estado da Bahia, a EMBASA foi instada a promover a implantação de Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário para atender a população residente na Fazenda Cassange. Entretanto, para a implantação destes sistemas, torna-se necessário um projeto de urbanização da área. Assim, o conflito ainda persiste, tendo sido adotadas, até o presente momento, apenas medidas paliativas a exemplo de abastecimento de água emergencial por meio de caminhões pipa.

Em resumo, constata-se na bacia do rio Ipitanga, nas áreas de drenagem das represas existentes, uma situação preocupante, pois os corpos hídricos se apresentam muito vulneráveis às atividades antrópicas desenvolvidas sem o devido planejamento, apesar da existência de legislação reguladora destinada à proteção desses mananciais. Essa situação sugere que o uso dos mesmos para fins de abastecimento público poderá inviabilizar-se futuramente, caso ações efetivas por parte das entidades competentes não

sejam executadas, visando coibir o avanço do adensamento urbano e controlar as atividades industriais desenvolvidas no local.

1.2.1.2. Rio Joanes

O rio Joanes nasce no município de São Francisco do Conde, localizado no Recôncavo Baiano, percorrendo 75 km até desembocar na praia de Buraquinho, no município de Lauro de Freitas. Os municípios que compõem a bacia hidrográfica do rio Joanes são: Lauro de Freitas, Camaçari, Simões Filho, São Sebastião do Passé, São Francisco do Conde, Candeias, Salvador e Dias d'Ávila. Com uma área de aproximadamente 755 Km², o rio Joanes faz limite com a bacia do rio Jacuípe, as bacias da área urbana de Salvador e, a sudeste, com o oceano Atlântico. Seus principais afluentes são os rios Ipitanga, Muriqueira, Itamboá, Jacarecanga, Bonessu, Bandeira, Petecada e Uberaba.

Em seu curso principal, encontram-se as barragens e respectivas represas de Joanes I e II, utilizadas para abastecimento público do SIAA de Salvador e do SIAA do Recôncavo. A partir da represa Joanes II, devidamente apoiada pela transposição proveniente da represa de Santa Helena, é feito o recalque de água bruta para a ETA Principal, reforçando o atendimento do Sistema de Pedra do Cavalo. Da represa Joanes I é feita a adução para o Parque Bolandeira, onde estão localizadas as Estações de Tratamento de Água (ETA's) Vieira de Melo e Teodoro Sampaio, que conjuntamente atendem uma população de aproximadamente 1.000.000 de habitantes em Salvador.

O atendimento do Complexo Petroquímico de Camaçari COPEC (atual Braskem) ocorria a partir de Joanes II. Apesar de o sistema de bombeamento não ter sido desativado, o abastecimento da Braskem encontra-se definido a partir da Estação Elevatória de Santa Helena (com capacidade de até 1,4 m³/s, porém atualmente tendo uma adução efetiva da ordem de 0,7m³/s). O sistema de Santa Helena tem também previsão de atender os Polos Logísticos de Camaçari.

Não é viável o retorno do abastecimento da Braskem através de Joanes II como alternativa devido à responsabilidade também já definida, da citada Represa, no seu abastecimento Populacional, prioritário, com destinação para a ETA Principal e reforço de Joanes I por intermédio da calha do próprio curso d'água.

O aproveitamento do Joanes para abastecimento de água do SIAA de Salvador é feito praticamente no limite de sua disponibilidade hídrica. Em consequência, a vazão de restituição ao rio após a barragem de Joanes I é inexpressiva, na maior parte do tempo, causando sérios prejuízos à qualidade ambiental na zona estuarina.

Os principais impactos ambientais na bacia originam-se do lançamento de efluentes domésticos e industriais; extração ou lavra de substâncias minerais; cultivos agrícolas sem técnicas adequadas; pecuária extensiva; disposição a céu aberto de lixo doméstico e outros resíduos de origem industrial; ocupação desordenada do solo; desmatamento; e eventuais acidentes associados ao transporte de cargas perigosas através de ferrovias, dutovias e rodovias. Apesar de regulamentada como Unidade de Conservação, visando à preservação dos mananciais que são utilizados para abastecimento humano e industrial da região, são reconhecidos os processos erosivos em grande parte da bacia.

De acordo com FIOCRUZ e FASE (2010)¹, denúncias de crimes ambientais contra diversos cursos d'água da bacia do rio Joanes se multiplicam ao longo dos anos. Ações esparsas e pontuais do Ministério Público Estadual da Bahia têm procurado frear esse processo e mitigar algumas de suas consequências. Entretanto, essas ações têm sido insuficientes para evitar que a bacia do Joanes sofra o mesmo processo de progressiva degradação ambiental verificado em outras bacias que atravessam áreas urbanas por todo o país.

¹ FIOCRUZ e FASE, 2010 - O **Mapa de conflitos envolvendo injustiça ambiental e Saúde no Brasil** foi iniciado em 2008 sob a responsabilidade da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) e da Federação dos Órgãos para Assistência Social e Educacional (FASE), com apoio do Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador do Ministério da Saúde.

1.2.2. Bacia do rio Jacuípe

O rio Jacuípe nasce no município de Conceição do Jacuípe, percorrendo aproximadamente 107 quilômetros até a sua foz no município de Camaçari. Sua bacia hidrográfica (**Figura 1. 5**) abrange uma área de 1.100 km² e seus principais afluentes são, na margem direita, os rios Capivara Grande, Capivara Pequeno, Jacumirim e Imbassaí e na margem esquerda, os rios Camaçari, Samburá, das Pedras e Bebedouro. Os municípios integralmente ou parcialmente inseridos na bacia do Jacuípe são: Amélia Rodrigues, Conceição do Jacuípe, Santo Amaro, Terra Nova, São Sebastião do Passé, Mata de São José, Dias d'Ávila e Camaçari. A bacia apresenta dois domínios climáticos, um úmido próximo do litoral e uma estreita faixa intermediária subúmida mais para o interior do continente. Desse modo, observa-se na bacia do rio Jacuípe um forte gradiente pluviométrico, com precipitação média anual variando de 1.900 mm junto ao litoral a menos de 1.000 mm na cabeceira do rio.

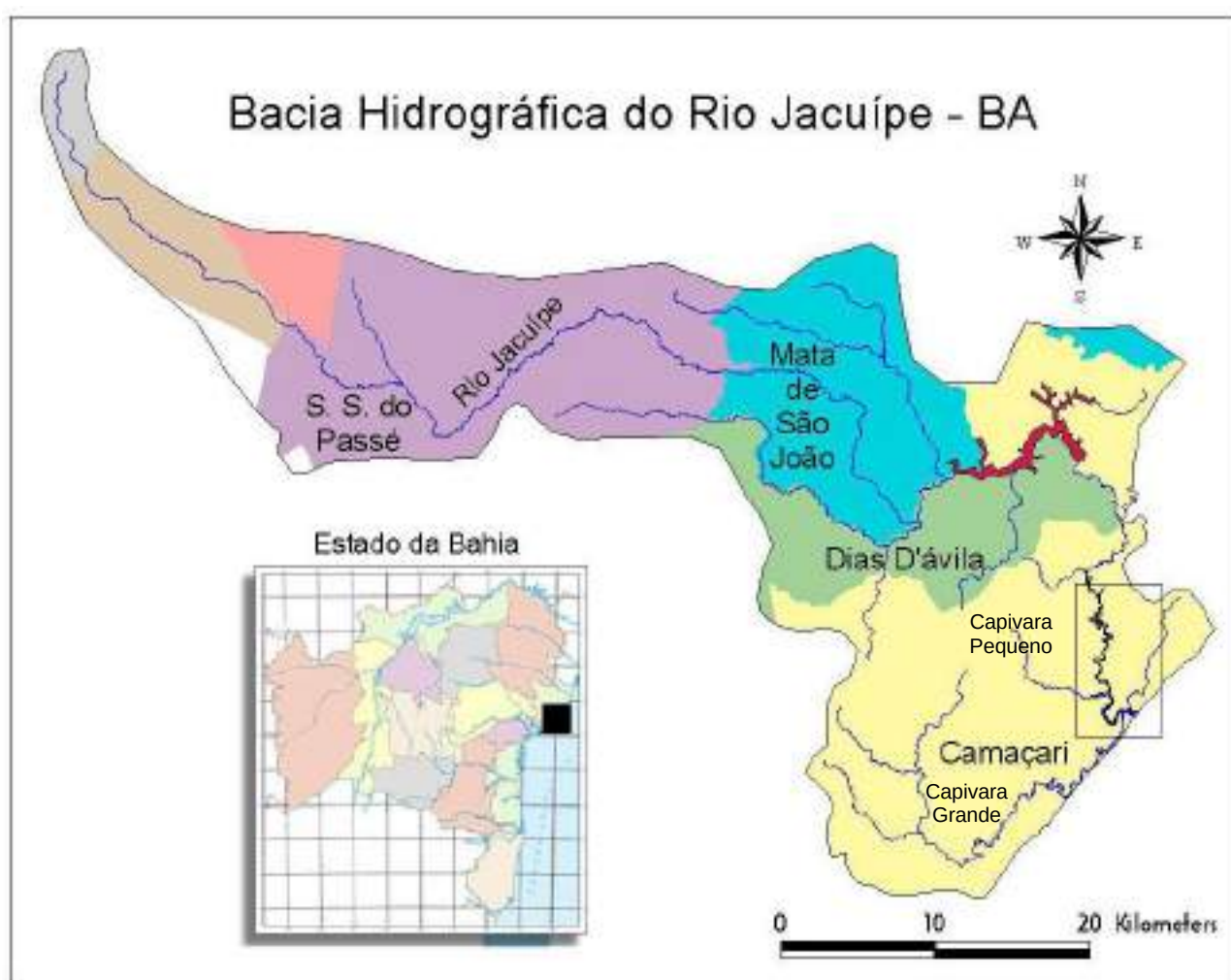


Figura 1. 5 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Jacuípe

Fonte: LIMA (2007)

O aproveitamento do rio Jacuípe para abastecimento de água dá-se por meio da barragem de Santa Helena (**Figura 1. 6**), localizada no município de Dias d'Ávila, cerca de 20 km da foz, sendo a água represada utilizada para reforço da barragem Joanes II, de cujo lago é captada e aduzida água bruta para a ETA Principal do SIAA de Salvador. A represa de Santa Helena também é utilizada para abastecimento da Braskem, através de uma adutora implantada em 2009 que substitui a função da antiga adutora abastecida a partir da represa Joanes II.

Os principais impactos sobre a qualidade da água do rio Jacuípe decorrem da falta de esgotamento sanitário nas áreas urbanas da bacia; da vulnerabilidade para contribuições de efluentes industriais, particularmente do Complexo Petroquímico de Camaçari; de efluentes de usinas de açúcar e destilarias de aguardente da região; além de possíveis efeitos da exploração de petróleo no município de São Sebastião do Passé.

Na região estuarina, o rio Jacuípe apresenta um passivo ambiental, fruto do lançamento de efluentes industriais no Rio Capivara Pequeno, afluente pela margem direita, provenientes do Complexo Petroquímico de Camaçari, instalado em 1978. Estudos realizados desde então confirmam a presença de Chumbo, Cobalto, Arsênio, Zinco e Cromo, incorporados aos sedimentos na zona estuarina. Com a implantação do emissário submarino da CETREL, em 1993, os efluentes industriais tratados passaram a ser lançados no oceano. Entretanto, as águas pluviais captadas na área do complexo petroquímico são ainda lançadas no rio Capivara Pequeno.

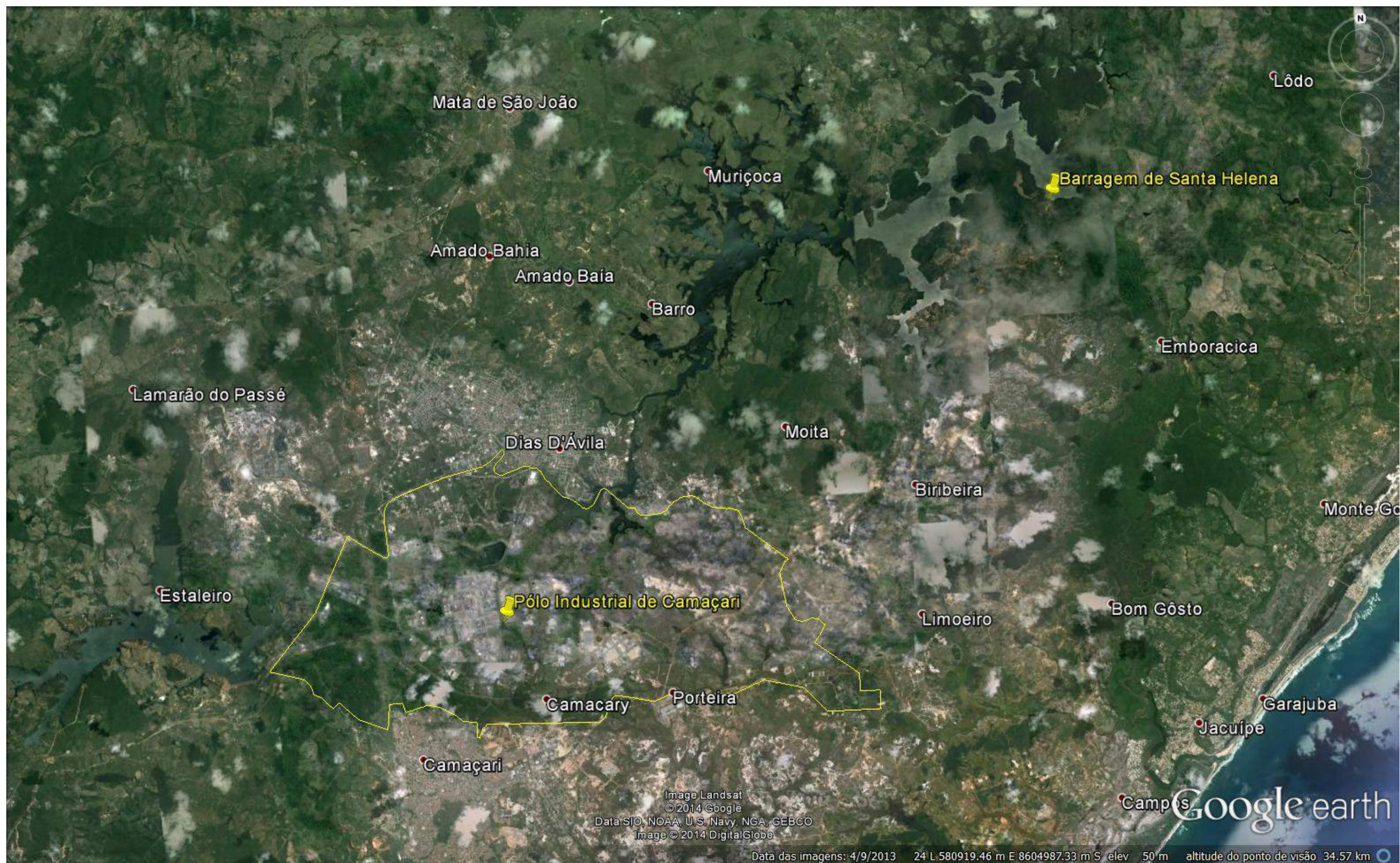


Figura 1. 6 - Represa de Santa Helena e ocupação atual no seu entorno

Fonte: Google, 2013

Desde 1994, a CETREL vem monitorando, com frequência semestral, a recuperação dos níveis de metais pesados nos rios Capivara Pequeno e Jacuípe, no trecho estuarino, porém os dados coletados pela empresa resumem-se à análise amostral qualitativa.

Estudo recente, relacionado à avaliação dos impactos da barragem de Santa Helena no trecho estuarino do rio Jacuípe (LIMA et al., 2010), sugere que a transposição de água para a bacia do Joanes deve ser analisada com cautela, considerando os possíveis impactos que poderão decorrer na zona estuarina. Na hipótese de aproveitamento pleno da capacidade de regularização da represa, a vazão ecológica (descarga fluvial necessária para que ocorra a manutenção do ambiente) para o estuário estaria severamente limitada, restringindo-se à captação da área a jusante do barramento. Este valor corresponde a menos de 25% do total de água doce que flui em média para a zona estuarina. O estudo conclui que no período úmido (abril a julho) poderia ocorrer uma pequena diluição da água marinha, nos quilômetros iniciais da embocadura. Porém, na primavera e verão, a vazão seria insuficiente para garantir a diluição da água marinha, o transporte de sedimentos de fundo e ajudar na ejeção dos efluentes industriais e esgotos domésticos ainda existentes na bacia de drenagem. Consequentemente, a salubridade do estuário seria comprometida.

1.2.3. Bacia do rio Paraguaçu

A bacia do rio Paraguaçu está localizada na região centro-leste do Estado da Bahia. O rio Paraguaçu nasce na Serra do Sincorá, no município de Barra da Estiva, sendo um dos rios mais estratégicos do Estado, responsável por cerca de 60% da água que abastece a RMS. A Bacia ocupa área aproximada de 55.300 km², que corresponde a cerca de 10% do território baiano. Dentro de seus afluentes, destacam-se os rios Jacuípe, Capivari, Cumbica, Cochó, Bonito, Santo Antônio, Utinga, Serrano, Preto, Una e do Peixe. Estão inseridos nessa região 81 municípios e as principais atividades econômicas na bacia baseiam-se na agropecuária, indústria e turismo.

A bacia pode ser dividida em três regiões distintas, de acordo com as suas características climáticas e geomorfológicas: Alto Paraguaçu, que compreende a região de formação dos rios que compõem a bacia, na Chapada Diamantina; Médio Paraguaçu, a maior porção da bacia, situada no semiárido; e Baixo Paraguaçu, trecho de clima úmido que faz parte do Recôncavo.

No baixo curso do Rio Paraguaçu encontra-se a represa de Pedra do Cavalo, cuja barragem está localizada à montante da sede dos municípios de Cachoeira e São Félix. Nessa represa está localizada a captação para o SIAA de Salvador, bem como diversas outras que abastecem municípios da região. O entorno da represa de Pedra do Cavalo abrange áreas dos municípios de Feira de Santana, Antônio Cardoso, Santo Estevão, Cabaceiras do Paraguaçu, Governador Mangabeira, Cachoeira, Conceição da Feira e São Gonçalo dos Campos (**Figura 1. 7**).

As principais fontes pontuais de poluição da represa de Pedra do Cavalo são provenientes de Feira de Santana, encaminhadas ao lago pelo Rio Jacuípe. Duas fontes de origem urbana se destacam – os esgotos sanitários da bacia Jacuípe, que apesar do andamento das expressivas obras de ampliação do sistema de esgoto, ainda são deficientes e o lixão de Feira de Santana, que apresenta risco de poluição devido à possibilidade de percolação da lixívia através do lençol freático. Além dessas fontes, também contribuem para a poluição as indústrias do Centro Industrial do Subaé localizadas no Pólo do Tomba, cujos efluentes drenam para a represa; a inexistência de sistema público de esgotamento sanitário e disposição inadequada de resíduos sólidos na grande maioria das localidades do entorno da represa e dos trechos médio e alto da bacia do Paraguaçu (ressalve-se que Feira de Santana conta com boa cobertura de esgotos na bacia do Jacuípe, mas ainda insuficiente em cobertura total e com necessidade de melhorias no tratamento); a ocorrência de áreas com forte declividade do relevo e acentuada morfodinâmica nas margens da represa, suscetíveis de erosão e consequente assoreamento do lago; a falta de vegetação ciliar na quase totalidade da represa; e as atividades agrícolas e de pastoreio praticadas no seu entorno.

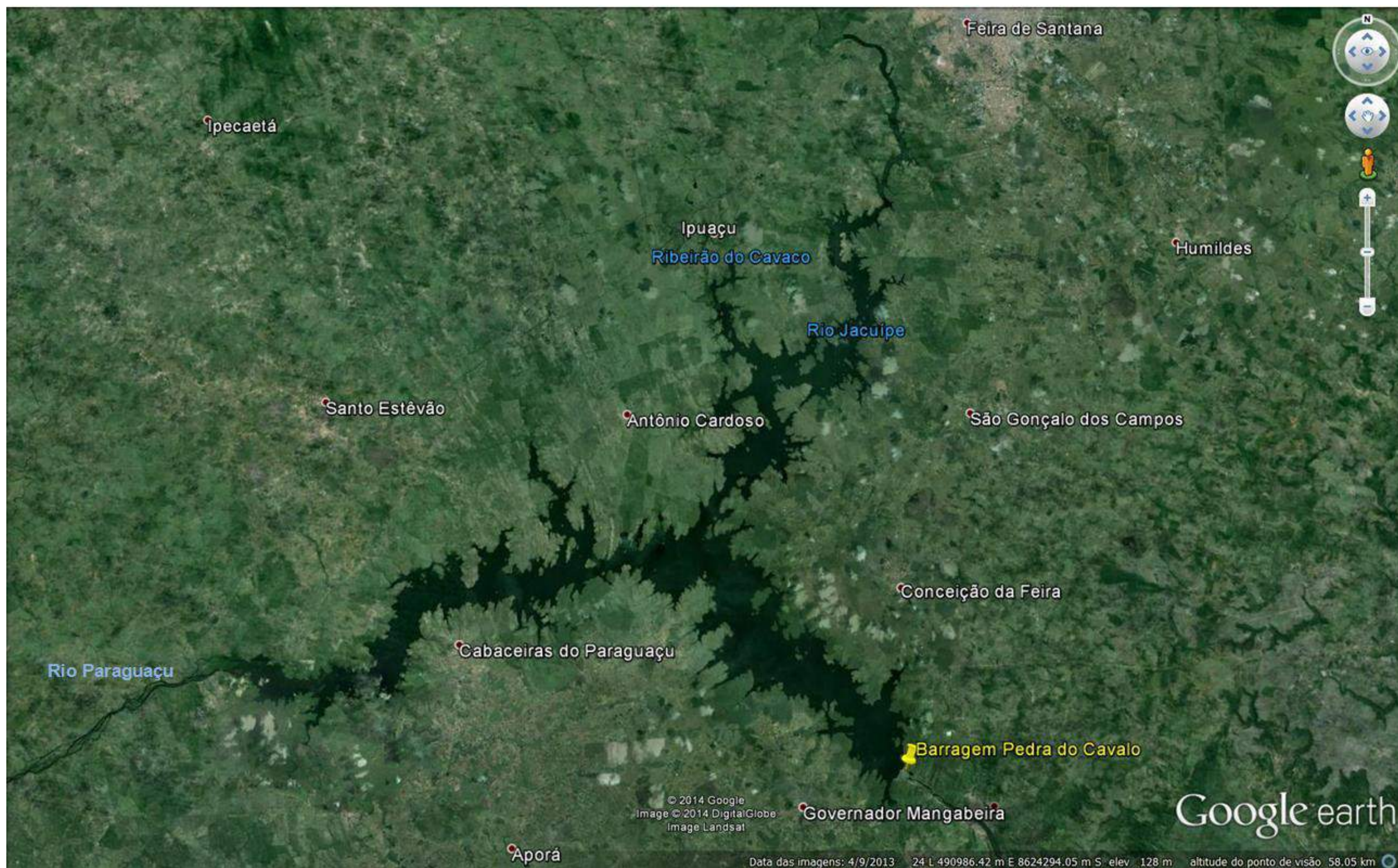


Figura 1. 7 - Baixo curso do Rio Paraguaçu, destacando-se a Barragem e Represa Pedra do Cavalo, e seu entorno

Fonte: Google, 2013

Considerando a necessidade da preservação da qualidade das águas da represa de Pedra do Cavalo, devido à sua importância regional como manancial de abastecimento humano regional, foi criada a APA do Lago de Pedra do Cavalo, através do Decreto nº 6.548, de 18 de julho de 1997. A APA abrange territórios dos Municípios de Conceição de Feira, Cachoeira, Antônio Cardoso, Santo Estevão, Governador Mangabeira, Castro Alves, Cruz das Almas, Feira de Santana, Muritiba, São Félix e São Gonçalo dos Campos, tendo como limite a faixa com largura de dois mil metros, medida a partir da faixa de proteção de 100 metros, estabelecida pela Resolução nº 004/85, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Embora criada em 1997, a APA do Lago de Pedra do Cavalo ainda não possui um Plano de Manejo. Em 2003 foi criado o Conselho Gestor da APA, responsável por algumas ações isoladas visando a preservação de seus recursos naturais.

A represa de Pedra do Cavalo foi projetada para usos múltiplos, que incluem geração de energia elétrica, irrigação, controle de cheias, melhoria das condições de navegação a jusante da barragem, melhoria das condições sanitárias do rio Paraguaçu, e, como finalidade de maior alcance social, o abastecimento de água da Grande Salvador, Feira de Santana, além de outras comunidades menores do Recôncavo e da Zona Fumageira. Atualmente a EMBASA opera e mantém diversos sistemas de abastecimento de água que são alimentados a partir de captações existentes na represa Pedra do Cavalo, entre eles: Sistema Integrado de Abastecimento de Água (SIAA) de Salvador e outros a ele associados (parte do SIAA do Recôncavo; SIAA de Amélia Rodrigues; SAA de Santo Amaro e SAA de Maragogipe), além de outros sistemas integrados ou isolados, e de outras localidades e complexos industriais de grande porte.

No **Quadro 1.2** são apresentados os outros sistemas abastecidos por Pedra do Cavalo, os quais demandam atualmente 2,7 m³/s, conforme a Agência Nacional de Águas (projeções de 2005 a 2025 obtidas do Atlas Brasil, 2010).

Quadro 1.2 – Outros Sistemas de abastecimento que se utilizam da represa de Pedra do Cavalo e suas Demandas.

SISTEMA	MUNICÍPIOS	DEMANDA MÉDIA (L/S)		
		2005	2015	2025
Integrado Feira de Santana	Conceição da Feira	33	40	44
	Feira de Santana	1.667	1.993	2.248
	Santa Bárbara	22	29	34
	Santanópolis	6	9	9
	São Gonçalo dos Campos	43	56	66
	Tanquinho	11	9	6
Integrado Muritiba	Cachoeira	49	62	69
	Governador Mangabeira	20	24	27
	Muritiba	57	73	82
	São Félix	26	31	34
Integrado Santo Estevão	Anguera	10	13	16
	Ipecaetá	14	22	26
	Santo Estevão	63	83	98
	Serra Preta	19	23	26
Integrado Zona Fumageira	Conceição do Almeida	26	33	37
	Cruz das Almas	124	146	160
	Sapeaçu	24	31	35
Isolado Antônio Cardoso	Antônio Cardoso	10	14	15
Isolado Cabaceiras do Paraguaçu	Cabaceiras do Paraguaçu	13	19	21
TOTAL		2.237	2.710	3.053

Fonte: Agência Nacional de Águas (projeções de 2005 a 2025 obtidas do Atlas Brasil, 2010)

A partir de 2005, o Grupo Votorantim Energia, mediante contrato de concessão com a Agência Nacional de Águas e Energia Elétrica (ANEEL), deu início à operação da Usina Hidrelétrica de Pedra do Cavalo, com potência instalada de 160 MW através de duas unidades geradoras de 80 MW. A Usina Hidrelétrica fornece energia para abastecimento de Salvador e Região Metropolitana, microrregião de Feira de Santana e região fumageira, e funciona sob restrições operativas do Operador Nacional do Sistema (ONS) quanto aos níveis operacionais do reservatório e descarga mínima à jusante da barragem. Desde a entrada em operação da usina, estabeleceram-se conflitos importantes entre os usos para geração de energia, abastecimento de água e conservação da Reserva Extrativista Marinha da Baía do Iguape (Unidade de Conservação criada pelo Governo Federal em 2000), localizada à jusante da barragem.

1.3. BARRAGENS E REPRESAS DO SIAA DE SALVADOR E SIAA DO RECÔNCAVO

1.3.1. Barragens Ipitanga I, II e III e Respectivas Represas

As represas formadas pelas barragens Ipitanga I, Ipitanga II e Ipitanga III, implantadas em série no curso principal do rio Ipitanga, respectivamente de jusante para montante, abrangem conjuntamente áreas dos municípios de Salvador e Simões Filho. Em suas bacias de drenagem encontram-se ocupações industriais, como o Centro Industrial de Aratu, e ocupações residenciais que se expandem no entorno das represas, de forma progressiva, desordenada e sem infraestrutura adequada, a exemplo da Fazenda Cassange, já comentada, configurando-se uma situação de elevada vulnerabilidade desses mananciais aos efeitos da poluição doméstica e industrial.

Em termos de aproveitamento hídrico, dispõe-se efetivamente das represas de Ipitanga I e Ipitanga II, uma vez que a represa de Ipitanga III tem pouco significado hidrológico (sua formação foi consequência da construção da rodovia CIA-Aeroporto, sendo o barramento um trecho resultante do aterro dessa via). Entretanto, essa represa cumpre um papel importante no controle da poluição das duas represas à jusante, onde se localizam aproveitamentos para fins de abastecimento público e industrial.

A barragem Ipitanga I foi construída em 1935, há cerca de 80 anos, conforme planejamento idealizado por Saturnino de Brito em 1926, tendo por finalidade a melhoria do abastecimento de água de Salvador. Construída com maciço em alvenaria de pedra argamassada, a barragem apresenta as características indicadas no **Quadro 1.3**. Com a represa de Ipitanga I, a Estação de Tratamento de Água da Bolandeira, idealizada por Theodoro Sampaio no início do século XX e concluída em 1910, passou a contar com importante reforço de água bruta através da adutora Ipitanga I – Bolandeira.

Quadro 1.3 - Características da Barragem Ipitanga I

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS		
Ano de construção	1935	
Localização	Salvador	
Rio	Ipitanga	
Bacia	Joanes	
Altura (m)	15	
Comprimento (m)	190	
Cota do N.A. máximo (m)	29,30	
Cota do N.A. mínimo (m)	23,00	
Cota da Crista (m)	30,65	
Volume (m³)	6.000.000	
Tipo	Alvenaria de Pedra	
Vertedouro	Incorporado	
Comprimento vertedouro (m)	22,40	
Número de comportas	5	
Largura da comporta (m)	3	
Altura da comporta (m)	2,35	
Cota da Soleira (m)	28,00	
Volume total acumulado (m³)	6.000.000	
Área da bacia hidráulica (ha)	87,80	
Vazão Captada (L/s)	800*	

Figura 1.8 - Barragem Ipitanga I

Fonte: EMBASA, 2014

* A vazão regularizada da Represa Ipitanga I é de 500 L/s que somado ao reforço proveniente da Represa Ipitanga II por meio da calha do próprio rio de 350L/s totaliza 850 L/s. A vazão captada média é de 800 L/s por intermédio do booster situado imediatamente à jusante da Barragem.

A barragem Ipitanga II foi construída 36 anos mais tarde, em 1971, com a função operacional de formar um lago destinado a receber a transposição de águas represadas pela barragem Joanes II, construída na mesma época. Com a superação de sua função original, a represa de Ipitanga II foi incorporada a uma nova concepção de aproveitamento, sendo atualmente utilizada para atender demandas de abastecimento humano e industrial, através retiradas para a ETA Suburbana, Usina Siderúrgica GERDAU e Fábrica da Coca-Cola. A barragem, executada em maciço de concreto, possui cerca de 40 anos, e apresenta a peculiaridade do seu sítio no rio Ipitanga não ter sido submetido a estudo hidrológico, em razão da função original para a qual foi concebida. Suas principais características são apresentadas no **Quadro 1.4**.

Quadro 1.4 - Características da Barragem Ipitanga II

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS		
Ano de construção	1971	
Localização	Salvador	
Rio	Ipitanga	
Bacia	Joanes	
Altura (m)	15	
Comprimento (m)	190	
Cota do N.A. máximo (m)	64,50	
Cota do N.A. mínimo (m)	48,43	
Cota da Crista (m)	64,13	
Volume acumulado (m³)	4.600.000	
Tipo	Alvenaria de Concreto	
Vertedouro	Incorporado	
Área da bacia hidráulica (ha)	72	
Vazão Captada (L/s)	450*	

Figura 1.9 - Barragem Ipitanga II

Fonte: EMBASA, 2014

* A vazão captada diz respeito à adução para a ETA Suburbana (0,30 m³/s); adução para a Usina Siderúrgica GERDAU (0,10 m³/s); e adução para a Fábrica da Norsa Refrigerantes (Coca-Cola) em Simões Filho (0,05 m³/s). Se somado a restituição à calha do rio para reforço de Ipitanga I (0,35 m³/s) a vazão retirada média da represa é de 800 L/s.

De acordo com informações da EMBASA, a represa de Ipitanga I regulariza uma vazão da ordem de 0,50 m³/s, dispondo ainda de uma contribuição de reforço proveniente da represa de Ipitanga II, de 0,35 m³/s, o que justifica a capacidade máxima de 0,85 m³/s do sistema adutor Ipitanga I – Bolandeira, através do qual é feito o aproveitamento dessa represa para o SIAA de Salvador.

A represa de Ipitanga II, segundo a EMBASA, tem operado nos últimos 15 anos com uma retirada média de 0,80 m³/s, composta das seguintes parcelas: restituição à calha do rio para reforço de Ipitanga I (0,35 m³/s); adução para a ETA Suburbana (0,30 m³/s); adução para a Usina Siderúrgica GERDAU (0,10 m³/s); e adução para a Fábrica da Norsa Refrigerantes (Coca-Cola) em Simões Filho (0,05 m³/s).

No regime operacional estabelecido pela EMBASA, o N.A. das represas de Ipitanga I e II tem-se mantido acima do N.A. médio na maior parte do tempo. A **Figura 1.10** e a **Figura 1.11** mostram o comportamento do N.A. no período de outubro/2011 a junho /2014 para as represas Ipitanga I e II, respectivamente. Nesse período, apenas em abril/2013 foram registrados níveis ligeiramente abaixo do médio.

Portanto, os aproveitamentos existentes nas represas de Ipitanga I e II podem atingir a máxima vazão de 1,30 m³/s (0,85 m³/s de Ipitanga I, sendo 0,35 m³/s proveniente da contribuição de reforço de Ipitanga II via calha do rio e 0,45 m³/s de Ipitanga II), condição utilizada eventualmente pela EMBASA conforme as necessidades de atendimento e volume de água acumulado nas represas. No formato de operação atual, as represas de Ipitanga I e II são aproveitadas praticamente no limite de suas disponibilidades, de modo que a jusante da

barragem Ipitanga I a vazão média no rio Ipitanga é pouco expressiva e depende essencialmente da bacia de drenagem à jusante, cuja sua maior parte situa-se em território de Lauro de Freitas e conta apenas com cursos d'água de menor expressão. Em razão disso, e da carência de esgotamento sanitário nesse município, o curso final do rio Ipitanga apresenta-se altamente poluído até a sua desembocadura no rio Joanes, contribuindo para agravar a degradação ambiental na região estuarina do rio Joanes.

Face à vulnerabilidade ambiental das represas do rio Ipitanga, conforme comentado no **item 1.2.1.1**, cogita-se que futuramente a água desses mananciais venha a atingir níveis de qualidade incompatíveis com seu uso para fins de abastecimento. Entretanto, do ponto de vista quantitativo, esses mananciais vem apresentando um potencial de aproveitamento muito favorável, pois no decorrer do seu longo tempo de operação a EMBASA tem confirmado a sua disponibilidade através da regularidade dos seus aproveitamentos, com manutenção dos níveis nos reservatórios acima dos níveis médios.

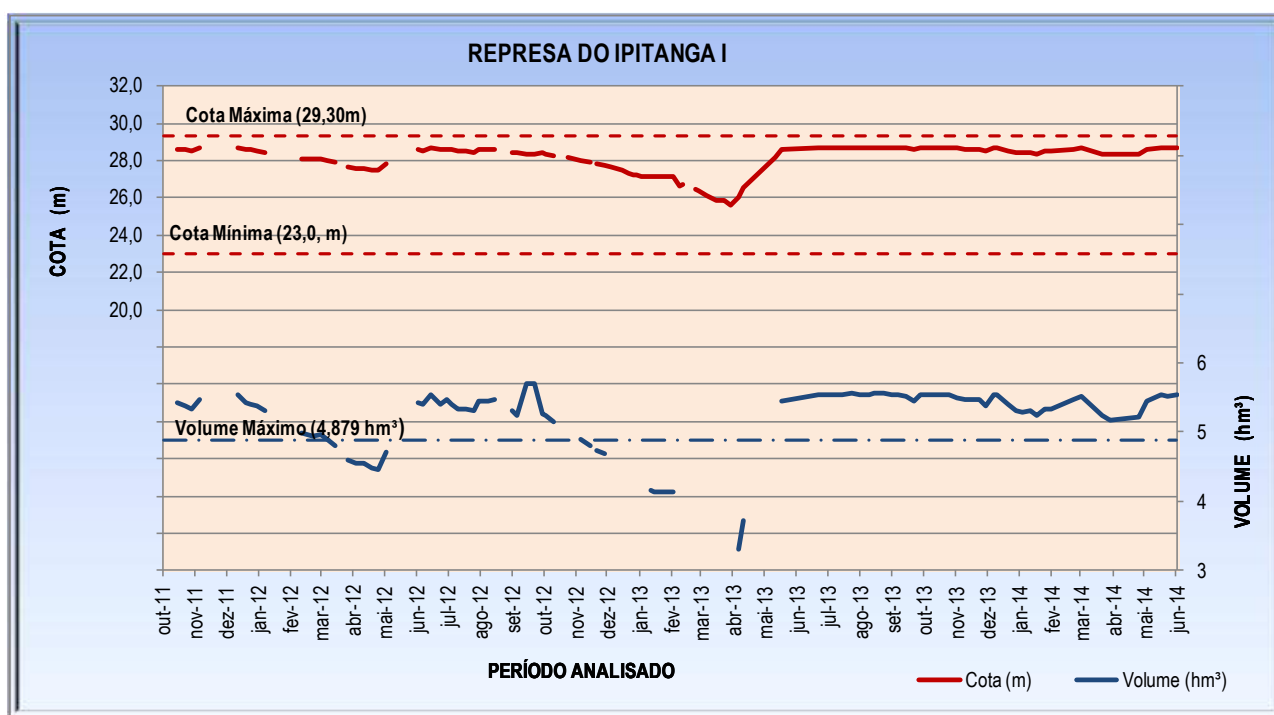


Figura 1. 10 - Variação do Nível de Água na Represa de Ipitanga I entre Outubro/2011 e Junho/2014

Fonte: INEMA, 2014

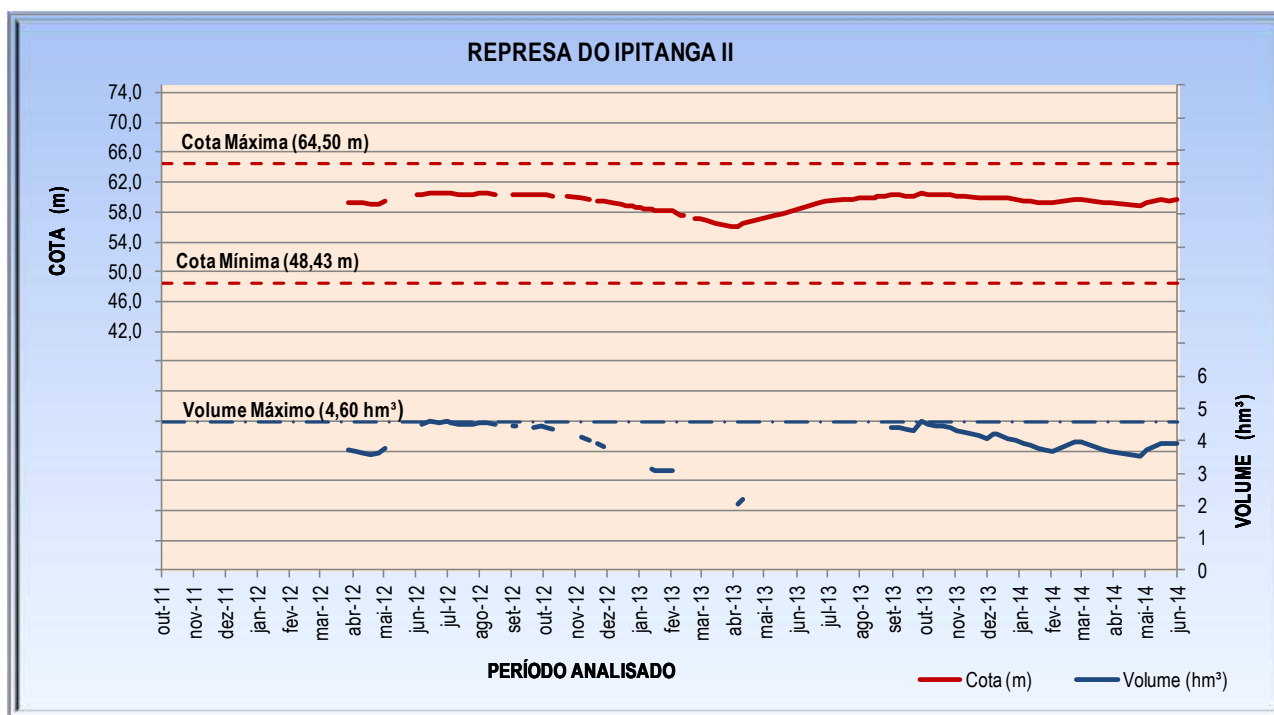


Figura 1. 11 - Variação do Nível de Água na Represa de Ipitanga II entre Outubro/2011 e Junho/2014

Fonte: INEMA, 2014

Cabe ressaltar, a título ilustrativo, que a vazão máxima considerada pela EMBASA no aproveitamento desses mananciais (1,3 m³/s) supera o acréscimo de demanda devido ao aumento da população prevista para Salvador no presente Plano, entre os anos de 2015 e 2040 ($\approx 1,1$ m³/s). Essa comparação evidencia a importância das represas Ipitanga, uma vez que a continuidade do seu aproveitamento poderá postergar a busca por novos mananciais, desde que mantidas condições satisfatórias da qualidade de suas águas.

A partir do início de operação do Sistema Principal (aproveitamento de Pedra do Cavalo), o SIAA de Salvador passou a contar com dois importantes centros de produção de água tratada (ETA Principal e Parque Bolandeira, onde se encontram as ETA's Theodoro Sampaio e Vieira de Melo), sendo a ETA Suburbana utilizada em caráter provisório, uma vez que sua contribuição para o SIAA de Salvador tende a representar uma parcela cada vez menos expressiva na configuração atual de operação do sistema.

Com as ampliações previstas no Sistema Principal (segunda etapa da Adutora Principal, derivações, reservatórios de distribuição e reforço de linhas-tronco), a ETA Suburbana assim, como a correspondente adução proveniente da represa de Ipitanga II, deverão ser reavaliadas quanto à continuidade do seu funcionamento. As possibilidades a serem consideradas na fase posterior do Plano, referente aos estudos de concepção e viabilidade, são as seguintes:

- Desativação da ETA Suburbana, gerando-se em consequência, uma disponibilidade hídrica de 0,30 m³/s na represa de Ipitanga II, equivalente à retirada atual para a ETA Suburbana. Esta disponibilidade poderia ser utilizada como vazão de restituição ao rio, visando à melhoria das condições sanitárias no seu baixo curso, em Lauro de Freitas, ou como reforço de Ipitanga I, possibilitando o funcionamento mais frequente do *booster* instalado na adutora Ipitanga I - Bolandeira, que possibilita maior retirada de vazão encaminhada para a ETA Bolandeira;
- Manter a ETA Suburbana na condição de unidade reserva, capaz de ser utilizada em situações emergenciais, de curta duração; e

- Restringir o uso da ETA Suburbana a uma determinada área no entorno do limite municipal entre Salvador e Simões Filho, avaliando-se a possibilidade de expansão do atendimento industrial com água bruta e abastecimento populacional em áreas próximas, a exemplo da Fazenda Cassange.

Quanto aos aproveitamentos da represa Ipitanga II por parte da Siderúrgica GERDAU e da fábrica da Coca-Cola (Norsa Refrigerantes), admite-se que suas condições operacionais atuais serão mantidas no decorrer do Plano por se tratarem de sistemas independentes entre si e do abastecimento populacional, dotados de instalações próprias.

Em relação ao aproveitamento da represa de Ipitanga I para atendimento ao Parque da Bolandeira, conforme já justificado, sua parcela de contribuição, ainda que menos expressiva em relação a outros mananciais integrados ao sistema de Salvador, deve ser considerada relevante no contexto atual de evolução das demandas, tendo em vista postergar-se a exploração de novos mananciais. As possibilidades a serem consideradas na fase de estudos de concepção e viabilidade dependerão, também, da análise do potencial de aproveitamento das instalações de tratamento das ETA's do Parque Bolandeira, hoje com limitações de espaço para instalação de melhorias necessárias como tratamento do lodo e da adutora de água bruta Ipitanga I – Bolandeira existente cuja análise de aproveitamento deve considerar a idade avançada da tubulação na maior parte de sua extensão e a possibilidade de adequações que favoreça seu uso adequado.

1.3.2. Barragem e Represa de Joanes I

A barragem Joanes I foi construída em 1955 com o objetivo de aproveitamento do rio Joanes para abastecimento de Salvador através adução Joanes I – Bolandeira. Está localizada na divisa entre os municípios de Lauro de Freitas e Camaçari, próximo à localidade de Jambeiro, em Lauro de Freitas. Sua bacia hidráulica (área inundada do reservatório) abrange áreas situadas nos municípios de Lauro de Freitas e Camaçari. A **Figura 1. 12** apresenta a vista geral da Represa Joanes I.



Figura 1. 12 - Vista Geral da Represa Joanes I

Fonte: Google Earth, 2014

A barragem Joanes I possui maciço em concreto e suas principais características estão indicadas no **Quadro 1.5**. Em 2005, a barragem passou por serviços de recuperação para corrigir problemas de infiltração devido à degradação do concreto estrutural nos encontros do maciço com a base da fundação em rocha e as ombreiras. Atualmente a barragem apresenta-se em bom estado de conservação.

Quadro 1.5 - Características da Barragem do Joanes I

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS		
Ano de construção	1955	
Localização	Lauro de Freitas	
Rio	Joanes	
Bacia	Recôncavo Norte	
Altura (m)	19	
Comprimento (m)	132	
Cota da Crista (m)	18,10	
Volume acumulável (m³)	19.000.000	
Tipo	Concreto	
Vertedouro	Tipo Creager	
Cota da Soleira (m)	16,00	
Área da bacia hidráulica (ha)	170 ha (cota 16m)	
Vazão Captada (L/s)	3.300	
N.A.min oper. adutora Aço (m)	14,50	
N.A.min oper. ad. Concreto (m)	12,50	

Figura 1. 13 - Barragem do Joanes I

Fonte: EMBASA, 2014

A barragem possui uma concepção funcional bastante simples, sem comportas e com vertedouro livre em toda a sua extensão, de modo que não há possibilidade de controle operacional do seu extravasamento.

A vazão máxima de captação de água na represa de Joanes I para aproveitamento no sistema de Salvador é 3.300 L/s, valor este correspondente à capacidade do sistema adutor existente. Parte da captação é feita por gravidade por meio de adutora de concreto armado moldado *in loco*, construída há mais de 50 anos, com diâmetro de 1.500 mm e extensão de 22,5 km, e parte por recalque através adutora de aço, de construção mais recente e com mesmo diâmetro e extensão, ambas aduzindo água para as ETA's Vieira de Melo e Theodoro Sampaio localizadas no Parque da Bolandeira.

As duas adutoras existentes têm captações independentes, em diferentes cotas. O N.A. mínimo de operação para funcionamento do sistema adutor com máxima vazão corresponde à cota 14,50 m, condicionado pela tomada de água da adutora de aço, instalada em cota mais alta do que a de concreto. Abaixo dessa cota, apenas a adutora de concreto tem condições de funcionamento, até atingir o nível operacional mínimo (12,50m). A EMBASA tem propósito de rebaixar a Captação da Adutora de Aço, atualmente na cota 14,50m, para a cota comum às duas adutoras (aço e concreto armado) de 12,50m, e deste modo permitindo plena segurança no aproveitamento das duas Adutoras.

De acordo com informações do INEMA, no período de outubro/2011 a junho/2014 o nível de água na represa de Joanes I variou conforme ilustrado na **Figura 1. 14**. Nesse período, os níveis máximo e mínimo registrados foram, respectivamente, 16,46 m (set/2013) e 14,43 m (mar/2013), possibilitando o funcionamento do sistema adutor em sua capacidade plena praticamente sem restrições. O extravasamento da represa verificou-se apenas no período chuvoso, entre os meses de maio e setembro, tanto em 2012 como em 2013, refletindo o padrão operacional atual. No restante do tempo, o nível de água permaneceu abaixo da cota do vertedor, portanto sem vazão de restituição ao rio – situação em que se intensificam os problemas ambientais na região estuarina do rio Joanes e praia de Buraquinho.

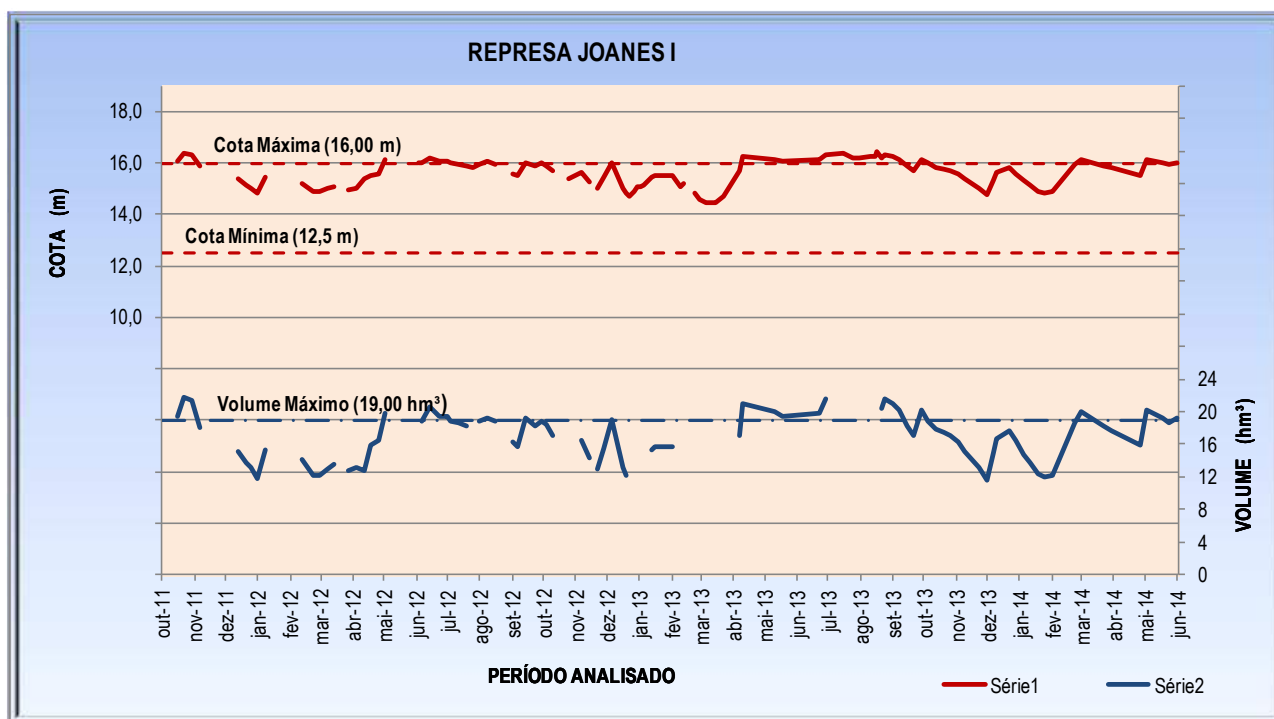


Figura 1. 14 - Variação do Nível de Água na Represa de Joanes I entre Outubro/2011 e Junho/2014

Fonte: INEMA, 2014

A capacidade de regularização atual da represa de Joanes I carece de estudos específicos para sua estimativa em bases precisas, incluindo, além de análise hidrológica considerando série histórica atualizada de dados de precipitação (tratada no presente Plano), a reavaliação da curva cota x área x volume do reservatório (dependente de investigação batimétrica não prevista no presente Plano), em razão do notório assoreamento do reservatório causado pelo lançamento de esgotos domésticos e ocupação desordenada do solo na área de proteção da represa.

A barragem Joanes I foi concebida para regularizar a vazão de 1,2 m³/s, mas devido aos problemas de assoreamento no reservatório, atualmente a EMBASA admite a vazão regularizada da ordem de 1,00 m³/s. Dessa forma, a adução de 3,20 m³/s para as ETA's do Parque Bolandeira, correspondente à capacidade máxima do sistema adutor existente, requer seja mantida na barragem Joanes II, localizada à montante, uma vazão de restituição ao rio de 2,20 m³/s.

Em relação ao aproveitamento da represa Joanes I no horizonte de alcance do presente Plano, os principais aspectos a serem considerados na fase dos estudos de concepção e viabilidade, além da necessidade de controle da ocupação e uso do solo na área de proteção do reservatório, são os seguintes:

- Otimização operacional do reservatório associada à funcionalidade do sistema adutor Joanes I – Bolandeira e das instalações de tratamento do Parque da Bolandeira, considerando as limitações operacionais dessas unidades e possibilidades de adequação; e
- Definição da vazão mínima de restituição ao rio à jusante da barragem Joanes I, a ser mantida no período de menor pluviosidade (entre outubro e maio, conforme comportamento mostrado na **Figura 1. 11**), tendo em vista minimizar impactos ambientais na região estuarina. Ressalte-se que tais impactos se refletem, também, na inibição de atividades econômicas regionais, a exemplo da pesca e do turismo.

1.3.3. Barragem Joanes II

A barragem Joanes II foi construída em 1971, a montante de Joanes I, tendo em vista atender o aumento da demanda de abastecimento de água de Salvador. A barragem está situada na divisa entre os municípios de

Simões Filho e Dias D'Ávila, proximidades da BA-093. A **Figura 1. 15** apresenta a vista geral da Barragem Joanes II.



Figura 1. 15 - Vista Geral da Barragem Joanes II

Fonte: Google Earth, 2014

Sua bacia hidráulica abrange áreas dos municípios de Candeias, Dias D'Ávila e Simões Filho. Possui maciço em terra homogênea e vertedouro em concreto, com descarga e controle de nível realizados por meio de quatro comportas do tipo segmento, com acionamento elétrico. Suas principais características estão indicadas no **Quadro 1.6**.

Em 1986, a barragem passou por serviços de recuperação, incluindo a construção de uma trincheira drenante à jusante do maciço, instalação de piezômetros Casagrande para controle da estabilidade do maciço, além de colmatação de trinca existente no muro direito. Em 1999, foi realizada manutenção nas comportas e na estrutura da soleira do vertedouro. Em 2003, foi reforçada a laje do vertedouro e executado um dreno longitudinal em toda a extensão dos seus muros direito e esquerdo. Atualmente a barragem se encontra em bom estado de conservação.

Quadro 1.6 - Características da Barragem do Joanes II

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS	
Ano de construção	1971
Localização	Camaçari
Rio	Joanes
Bacia	Recôncavo Norte
Altura (m)	12
Comprimento (m)	790
Cota do N.A. máximo (m)	30,5
Cota do N.A. mínimo (m)	24,9
Cota da Crista (m)	32
Volume total (m³)	129.000.000
Volume útil (m³)	85.000.000
Tipo	Terra Homogênea
Vertedouro	Concreto / 4 comportas
Largura do vertedor (m)	32
Vaz. máx. do vertedor (m³/s)	520
Cota da Soleira (m)	26
Largura da comporta (m)	6,9
Altura da comporta (m)	4,5
Vazão Captada (L/s)	3.200



Figura 1. 16 - Barragem do Joanes II

Fonte: EMBASA, 2014

A represa cumpre a função de reforçar a vazão regularizada em Joanes I pela manutenção de uma vazão regular na calha do rio a jusante do barramento, possibilitando a captação de 3,2 m³/s em Joanes I para atendimento das ETA's do Parque Bolandeira. Além dessa função, destacam-se dois outros aproveitamentos na represa Joanes II: a captação de água para atendimento da ETA Principal e a captação de água para atendimento da Braskem (atualmente preterida pela nova captação na represa de Santa Helena e respectiva adutora).

De acordo com sua concepção original, a represa Joanes II regularizaria uma vazão da ordem de 4,8 m³/s e proporcionaria, em conjunto com Joanes I (1,2 m³/s), uma disponibilidade de 6,0 m³/s.

No entanto, o comportamento das duas represas durante os últimos 40 anos não confirma essa disponibilidade, verificando-se em diversas oportunidades que, mesmo em condições de aproveitamento inferiores a 6,0 m³/s, os níveis de água em Joanes II apresentaram-se abaixo do N.A. mínimo, gerando graves situações de abastecimento que exigiram providências emergenciais, a exemplo de sifonamento da água abaixo do N.A. mínimo para a calha do rio a jusante da barragem, visando manter a vazão de reforço necessária em Joanes I e a alimentação de indústrias que eram abastecidas com água bruta do sistema.

Para contornar tais situações, foi previsto o reforço de Joanes II a partir de transposição de águas da represa de Santa Helena (rio Jacuípe), materializado pela construção do sistema adutor Santa Helena - Joanes II. Inicialmente, este sistema cumpria a função principal de garantir a segurança hídrica das represas Joanes I e II, sendo utilizado eventualmente, em períodos críticos, para cobrir o déficit de vazão.

No decorrer dos anos, a utilização desse reforço tornou-se cada vez mais frequente, determinando uma condição prioritária para o sistema adutor Santa Helena - Joanes II, que justificou a ampliação de sua capacidade inicial. Na **Figura 1. 17** pode-se observar o comportamento do nível de água na represa de Joanes II nos últimos dois anos e meio, constatando-se que durante o verão os níveis diminuem, tendendo a

se aproximar da cota mínima operacional antes do início do período chuvoso. Durante o verão há necessidade de maior contribuição do sistema adutor Santa Helena - Joanes II, que por vezes opera próximo de sua capacidade atual ($3,0 \text{ m}^3/\text{s}$).

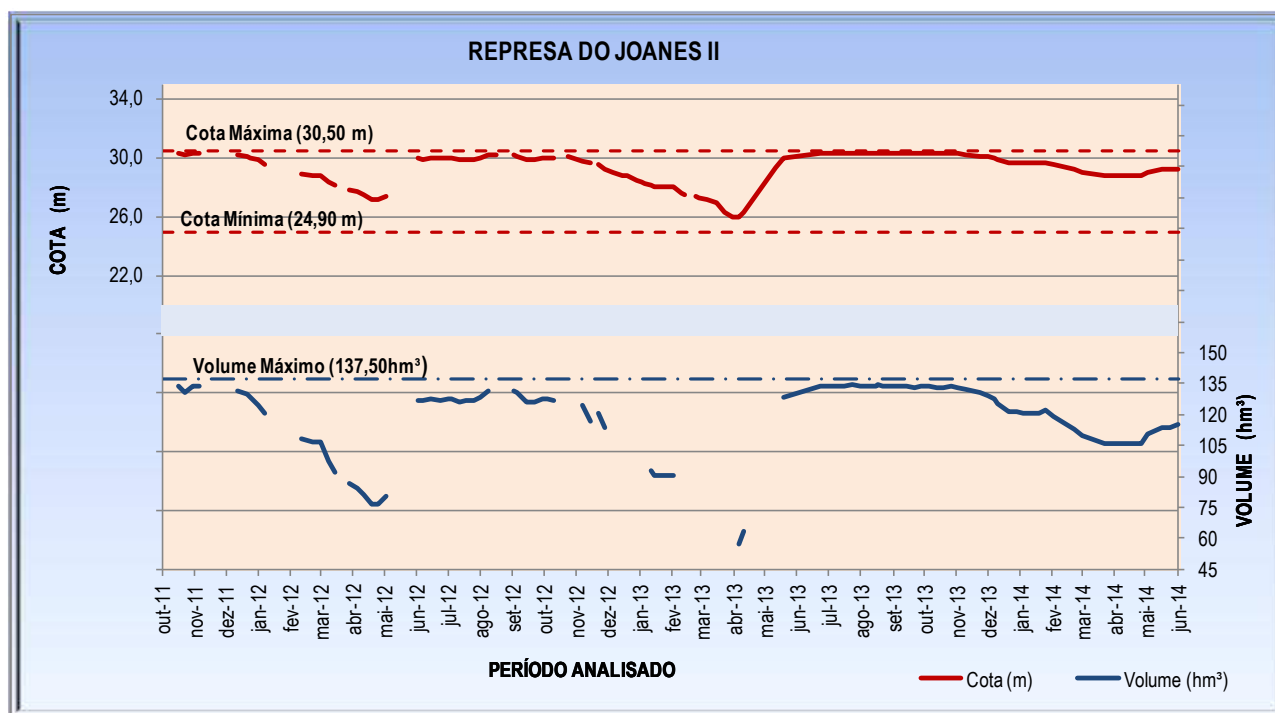


Figura 1. 17 - Variação do Nível de Água na Represa de Joanes II entre Outubro/2011 e Junho/2014

Fonte: INEMA, 2014

Assim como Joanes I, a capacidade de regularização da represa de Joanes II carece de estudos específicos para sua estimativa em bases precisas. Considerando que no período de maior demanda vêm sendo retirados em média desses reservatórios cerca de $6,0 \text{ m}^3/\text{s}$ (Bolandeira – $3,2 \text{ m}^3/\text{s}$, ETA Principal – $1,9 \text{ m}^3/\text{s}$, Braskem – $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$), com reforço a partir de Santa Helena de aproximadamente $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$, em média, resulta um saldo de $4,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ($6,0 - 2,0 = 4,0$) que pode ser admitido, em caráter preliminar, como a capacidade de regularização desses reservatórios (Joanes II - $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$; Joanes I - $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$). Esses valores deverão ser confirmados nos estudos hidrológicos do presente Plano.

A adução de Joanes II para a ETA principal verifica-se a partir de estação elevatória situada à margem da represa. Esta elevatória foi recentemente ampliada, contando a partir de dezembro de 2013 com a capacidade de bombeamento de $4,4 \text{ m}^3/\text{s}$, correspondente à 1ª etapa do projeto de ampliação. O aumento da vazão de recalque até a capacidade máxima de bombeamento prevista em 2ª etapa ($8,8 \text{ m}^3/\text{s}$) depende da instalação progressiva de conjuntos motobomba sobre a estrutura já construída.

Em relação ao aproveitamento da represa Joanes II no horizonte de alcance do presente Plano, o principal aspecto a ser considerado na fase dos estudos de concepção e viabilidade refere-se à otimização operacional do reservatório considerando o seu comportamento hidrológico e o de Santa Helena que lhe serve de reforço.

Do ponto de vista ambiental, a represa de Joanes II carece de planejamento no que diz respeito ao controle de fontes poluidoras de diversas naturezas existentes em sua bacia de drenagem, principalmente na porção situada no município de Camaçari.

Os efeitos das contribuições a montante de Joanes II, diretamente no curso d'água principal ou provenientes dos seus mais expressivos afluentes são, até certo grau, atenuados pelos processos de diluição e autodepuração decorrentes do elevado volume de água acumulado na represa. Entretanto, isto não exime a adoção de medidas de controle na área de proteção do reservatório.

Em relação à qualidade da água, as represas do rio Joanes apresentam como característica relevante a turbidez elevada, porém compatível com a redução por tratamento convencional, praticado pela EMBASA.

Cotas dos níveis de água operacionais da represa Joanes II: N.A. máximo na cota de 30,5 m e N.A. mínimo na cota 24,90 m, podendo, portanto, proporcionar uma depleção de 5,10 m.

1.3.4. Barragem e Represa de Pedra do Cavalo

A barragem Pedra do Cavalo, inaugurada em 1983, localiza-se no rio Paraguaçu, a cerca de 40 km de sua foz na Baía de Todos os Santos, entre os municípios de Cachoeira e Governador Mangabeira.

O reservatório é formado pela barragem principal e dois diques auxiliares. A barragem principal é constituída de enrocamento com núcleo de argila, tem altura máxima de 142 m e comprimento de 470 m. Os dois diques foram construídos em solo compactado e têm altura máxima de 26,5 m e 20,0 m e comprimento de 435 m e 200 m, respectivamente. O vertedouro de superfície conta com cinco comportas tipo segmento, de 18 m de altura por 15 m de largura. A soleira das comportas está na cota 106,00 m. A capacidade máxima de descarga é de 12.000 m³/s. A barragem tem as características principais indicadas no **Quadro 1.7** a seguir.

Os usos mais relevantes da represa de Pedra do Cavalo são abastecimento populacional, abastecimento industrial, geração de energia elétrica e controle de enchentes para evitar inundações nas cidades de Cachoeira e São Félix, localizadas a jusante da barragem.

No plano de alocação da vazão regularizada pela barragem (79,0 m³/s, permanência 90%) foi prevista uma parcela de 21,0 m³/s destinada ao atendimento das demandas de água do Sistema Adutor de Pedra do Cavalo, valor a ser atingido, segundo relatório de projeto básico da barragem, após a implantação de três etapas de 7,0 m³/s. Atualmente, a vazão destinada para o Sistema Adutor de Pedra do Cavalo corresponde à 1ª etapa (7,0 m³/s), em funcionamento desde 1987.

Em 2002, a Agência Nacional de Águas e Energia Elétrica (ANEEL) e a empresa Votorantin Cimentos Ltda. firmaram um contrato de concessão para a construção e exploração do aproveitamento hidrelétrico (AHE) Pedra do Cavalo, com vigência de 35 anos (cópia apresentada no **Anexo I**). De acordo com esse contrato, a operação do reservatório deve respeitar, entre outros, os seguintes elementos: N.A. máximo maximorum à cota 124,00 m; N.A. máximo normal à cota 114,50 m; N.A. mínimo operacional à cota 106,00 m; e descarga mínima de 10,0 m³/s.

Com a entrada em funcionamento da Usina Hidrelétrica (UHE) Pedra do Cavalo, a partir de 2005, a barragem passou a ser operada pela Votorantim Energia, que se reporta à Companhia de Engenharia Ambiental da Bahia (CERB), empresa de economia mista vinculada à Secretaria do Meio Ambiente, encarregada da gestão da barragem e Área de Preservação Permanente (APP) do respectivo reservatório.

A vazão demandada para a geração de energia elétrica em cada uma das duas turbinas da UHE é da ordem de 80 m³/s, razão pela qual o volume da barragem pode ser reduzido significativamente, mesmo quando a usina opera com apenas uma turbina.

Quadro 1.7 - Características da Barragem Pedra do Cavalo

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS	
Ano de construção	1983
Localização	Cachoeira e São Félix
Rio	rio Paraguaçu
Bacia	Paraguaçu
Altura (m)	142
Comprimento (m)	470
Área de Drenagem (barragem)	53.108 km ²
Cota do N.A. máximo maximum	124,00 m
Cota do N.A. máximo normal, período úmido (dezembro a março)	114,50 m
Cota do N.A. máximo normal de projeto, período seco (maio a outubro)	120,00 m
Cota do N.A. máximo normal (novembro)	119,00 m
Cota do N.A. máximo normal (abril)	119,50 m
Cota do N.A. mínimo (comportas)	106,00 m
Cota do N.A. mínimo minimum (NA mínimo de captação para RMS)	105,00 m
Volume total, na El. 124,00m	4.836 hm ³
Área do reservatório, na El. 124,00 m	185,9 km ²
Área do reservatório, na El. 120,00 m	157,5 km ²
Área do reservatório, na El. 114,50 m	132,0 km ²
Número de comportas	5
Largura da comporta (m)	15
Altura da comporta (m)	18
Cota da Soleira (m)	106
Vazão Média de Longo Termo	106 m ³ /s
Vazão Mínima Mensal	5,2 m ³ /s
Vazão Máxima Diária	5.198 m ³ /s
Vazão regularizada de projeto (90% de permanência)	79,0 m ³ /s
Vazão alocada para abastecimento da RMS	21,0 m ³ /s
Vazão atual captada para abastecimento da RMS	7,0 m ³ /s



Figura 1. 18 - Barragem Pedra do Cavalo

Fonte: INEMA, 2014, EMBASA, 2014

A derivação de vazões e os níveis operacionais que podem decorrer dos critérios adotados na operação da UHE Pedra do Cavalo passaram a ser alvo de preocupações da EMBASA quanto à segurança operacional dos seus sistemas de abastecimento de água. Até o advento da UHE, a EMBASA operou o reservatório procurando manter o nível d'água à cota média 116,00 m, condição que propiciava bom desempenho operacional das instalações de captação para abastecimento de água.

Após a entrada em operação da UHE, reduziram-se os níveis d'água no reservatório, passando a elevatória de captação a funcionar sob condição mais desfavorável e, como seria de esperar, com menor desempenho operacional dos conjuntos motor bomba em relação à condição anterior, face ao aumento da altura manométrica de recalque. Na nova condição, as vazões para abastecimento são obtidas com maior consumo de energia, refletindo-se em acréscimo dos custos operacionais. Além desse aspecto, de acordo com a EMBASA, a captação em alturas de sucção mais profundas propicia o arraste de algas, que dificultam as operações de tratamento da água.

Na tentativa de equacionar o conflito gerado pelo aproveitamento hidrelétrico Pedra do Cavalo, desde a sua concessão vem sendo discutido um Plano Operativo da UHE, até o presente momento não concretizado.

No processo de negociação, o Estado da Bahia cumpre o papel de Permitente, a Votorantim Cimentos Ltda. de Permissionária, a EMBASA de Interveniente e a ANEEL de Anuente. Nas funções de fiscalização e gerenciamento da negociação, o Estado tem sido representado por sua entidade encarregada da gestão dos recursos hídricos, inicialmente Superintendência de Recursos Hídricos – SRH (extinta), depois Instituto de Gestão das Águas e Clima – INGÁ (extinto) e atualmente Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – INEMA.

Destacam-se no processo de negociação os seguintes fatos históricos relevantes, enfatizando-se a questão do nível mínimo operacional para a geração de energia, de interesse ao abastecimento de água, tendo em vista a segurança dos sistemas operados da EMBASA:

- I. Em 2007, houve a tentativa de um acordo provisório através do TERMO DE PERMISSÃO PROVISÓRIA DE USO E OPERAÇÃO QUE DISCIPLINA O USO, A OPERAÇÃO E A MANUTENÇÃO DA BARRAGEM DA UHE PEDRA DO CAVALO (cópia apresentada no **Anexo II**), sendo o Estado representado pela extinta Superintendência de Recursos Hídricos (SRH).
A Cláusula 3 do documento, informa que o Termo Provisório teria vigência de 6 (seis) meses, e que, em sua seqüência, seria assinado o Termo Definitivo, quando já teriam sido atendidos alguns fatores condicionantes listados no Parágrafo Segundo dessa mesma Cláusula.
Acompanhou o documento o trabalho “SIMULAÇÃO DA OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE PEDRA DO CAVALO – BA, PARA MÚLTIPLOS USOS, CONSIDERANDO-SE NÍVEIS DE ALERTA: contribuições para balizamento do Termo de Permissão de Uso e Operação do Aproveitamento Hidrelétrico”, de autoria do Engº Paulo Roberto Guimarães Serrano de Andrade (cópia apresentada no **Anexo III**), tendo como finalidade precípua, como diz o próprio subtítulo, balizar o Termo de Permissão acima citado.
O referido Termo estabelecia, com base nos elementos disponíveis, a cota 113,00 m como o NA mínimo operacional para geração de energia objetivando preservar a segurança operacional dos sistemas de abastecimento de água.
No Parágrafo Segundo da Cláusula 3 foram estabelecidos fatores condicionantes para elaboração do TERMO DE OPERAÇÃO DE USO E OPERAÇÃO de caráter definitivo.
O Termo Provisório não chegou a ser oficializado, mas desde então existe uma restrição operativa da UHE Pedra do Cavalo para a cota 113,00 m, conforme consta no “*Inventário das Restrições Operativas Hidráulicas dos Aproveitamentos Hidrelétricos*”, publicado pelo Operador Nacional do Sistema (ONS) – entidade responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN), sob a fiscalização e regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).

De acordo com o inventário da ONS (“ONS DPP-REL-0013/2013”, na íntegra disponível na Internet em: <http://www.ons.org.br/download/operacao/hidrologia/Invent%C3%A1rio%20das%20Restri%C3%A7%C3%B5es%20Hidr%C3%A1ulicas-Revis%C3%A3o-4-2013.pdf> – cópia das páginas que tratam da UHE Pedra do Cavalo apresentadas no **Anexo IV**), atualmente não existe a definição de um nível mínimo de restrição operacional permanente da UHE. Somente para o período de janeiro a março (período úmido) está prevista a **Restrição 4** que determina a interrupção do funcionamento da UHE na hipótese de ocorrência de níveis de água igual ou inferior à cota 113,00 m, visando preservar o armazenamento para assegurar o abastecimento de água, pois ao final desse período tem-se a transição para o período seco.

- II. Em 2009 a Votorantim Energia submeteu à aprovação do Instituto de Gestão das Águas e Clima – INGÁ (atual INEMA) a proposta de um Plano Operativo da UHE Pedra do Cavalo.

Para consideração de aspectos complementares a serem incorporados ao Plano Operativo, sucederam-se diversas reuniões e troca de correspondências entre representantes das partes interessadas, as quais culminaram na elaboração da Nota Técnica NT-007-12-COSEB-DIRAG (cópia apresentada no **Anexo V**), datada de 29 de junho de 2012, contendo uma proposição de Diretrizes para elaboração do Plano Operativo da UHE de Pedra do Cavalo. A Nota Técnica expressa as recomendações da Diretoria de Águas (DIRAG) do INEMA, através da sua Coordenação de Segurança de Barragens (COSEB), elaboradas com base no conhecimento até então disponível acerca do problema, para subsidiar decisões do INEMA. Na forma de Minuta, a Nota Técnica apresenta entre seus anexos o documento DIRETRIZES PARA O PLANO OPERATIVO PROVISÓRIO DA UHE DE PEDRA DO CAVALO, que sugere, em relação ao nível mínimo operacional para a geração de energia, os procedimentos operacionais apresentados nos itens I e V, reproduzidos a seguir.

I. A operação do reservatório de Pedra do Cavalo deverá buscar o atendimento aos usos múltiplos e ser conduzida de modo a não comprometer o abastecimento humano, ou seja, não deverá atingir a cota de 110,0 m (cento e dez metros) correspondendo ao nível de segurança 1 (NS1).

V. Nos meses de janeiro a março, quando o reservatório atingir valores inferiores a cota de restrição de 113,0 m (cento e treze metros) a vazão turbinada média diária deverá ser de 10 m³/s (dez metros cúbicos por segundo), sendo que a vazão máxima diária não deverá superar os 80 m³/s (oitenta metros cúbicos por segundo).

A respeito da cota 110,00 m (nível de segurança 1 – NS1), mencionada no item I, e cota de restrição 113,00 m, mencionada no item V, a Nota Técnica NT-007-12-COSEB-DIRAG, em seus itens 10, 11 e 12, apresenta os seguintes esclarecimentos na descrição **DOS FATOS** antecedentes:

10. Em 05/03/2012, o INEMA solicitou a Empresa Baiana de Águas e Saneamento – EMBASA, através do ofício DIRAG nº 00699/2012, o Estudo Técnico que definiu a cota de 113,0 m (cento e treze metros) como N.A. mínimo operacional para geração de energia.

11. Em 12/04/2012, a EMBASA encaminhou para o INEMA a Nota Técnica nº 002/12-MAP informando que a cota de 113 m foi definida pela extinta SRH e apresentada na correspondência CE-042/05-DE, reiterando que a cota 106 m é o nível de água mínimo operacional do reservatório de Pedra do Cavalo e informando que a operação do reservatório deverá ser conduzida para nunca atingir a cota de 110,0 m (cento e dez metros).

12. Em 07/05/2012 foi realizada reunião com representantes das seguintes instituições: INEMA, VENERGIA, SEMA, EMBASA, CASA CIVIL, ANA, ONS e CERB. Nesta reunião foram definidos 3 (três) níveis de segurança, visando o abastecimento humano, para a operação da UHE de Pedra do Cavalo, a saber: (i) Nível de Segurança 1 = 110,0 m; (ii) Nível de Segurança 2 = 109,0 m e (iii) Nível de Segurança 3 = 108,0 m.

Embora o processo de negociação do acordo operacional ainda não tenha evoluído para um Plano Operativo definitivo da UHE até o presente momento, as diretrizes propostas na Nota Técnica NT-007-12-COSEB-DIRAG, referentes aos níveis operacionais da barragem, são as adotadas pela Votorantim Energia na operação da barragem. Em seu boletim de controle, constam como referência os três níveis de segurança a serem observados para abastecimento de água (NS1=110,00 m; NS2=109,00 m; NS3=108,00 m), sendo que

o nível NS1=110,00 m também é referido como meta da EMBASA, indicando que a operação deverá ser conduzida para evitar atingi-lo.

Com base na análise pormenorizada dos documentos citados no processo de negociação acima descrito, (apresentados nos **Anexos II, III, IV e V**), e considerando também informações obtidas em contatos mantidos com o INEMA e a EMBASA durante a elaboração do presente Plano, conclui-se que o acordo para aprovação do Plano Operativo da UHE em caráter definitivo ainda depende de condicionantes, dentre os quais o mais importante é a realização de um novo estudo hidrológico para avaliação da capacidade da barragem nas condições atuais de aproveitamento da bacia.

Outro aspecto importante a ser considerado para a definição do Plano Operativo da UHE diz respeito à vazão ecológica à jusante da barragem, que possibilite o resgate e manutenção de ecossistemas aquáticos fortemente impactados pela elevação dos índices de salinidade na Baía do Iguape. Este aspecto determinou a contratação pelo INEMA do *Estudo do Regime de Vazões Ambientais à jusante da UHE de Pedra do Cavalo/ Baía do Iguape* (Universidade Federal da Bahia, 2013).

Esse estudo foi motivado pela alteração do regime de vazões do rio Paraguaçu ao longo dos anos, próximo à Baía do Iguape, com maior evidência para as alterações resultantes da implantação da barragem Pedra do Cavalo (1985) e da implantação da UHE (2005), considerando ainda que as vazões afluentes ao reservatório de Pedra do Cavalo também vêm sendo alteradas com a implantação de barragens a montante, como Apertado e Bandeira de Melo. Essas intervenções resultaram na redução das vazões de pico características do período úmido e na variabilidade da magnitude das vazões mensais (inclusive com alteração na sazonalidade das vazões) e diárias, estas últimas de particular importância para manutenção dos ecossistemas aquáticos locais.

A partir da caracterização das condições ambientais do trecho à jusante da UHE Pedra do Cavalo, e considerando uma ampla avaliação dos aspectos hidrológicos e bióticos envolvidos, o estudo em pauta apresenta uma proposta operacional para atendimento das vazões ambientais, tendo em vista a preservação dos ecossistemas aquáticos. Essencialmente, as vazões ambientais à jusante da barragem devem obedecer a um Hidrograma Ambiental, adequado para as condições médias de ano seco e normal.

Face aos esclarecimentos ainda necessários, permanece indefinida a questão do nível de água mínimo no reservatório, que deverá condicionar a operação da UHE Pedra do Cavalo para a garantia operacional dos sistemas de abastecimento de água da EMBASA.

De acordo com o Boletim de Monitoramento das Barragens, elaborado pelo Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia (INEMA) com base nos dados fornecidos pelas entidades operadoras das principais barragens do Estado, no período de janeiro/2004 a maio/2014 o nível de água na represa de Pedra do Cavalo apresentou o comportamento ilustrado na **Figura 1. 19**. Observa-se que até 2006, que retrata o período anterior e logo após a entrada em operação da UHE, o nível médio mantinha-se em torno da cota 116,00 m prevalecendo as condições mais desejáveis para a operação dos sistemas de abastecimento de água da EMBASA; entre 2007 e 2012 o nível médio oscilou em torno da cota 113,00 m, sugerindo aumento da produção de energia na UHE em decorrência da redução do nível mínimo operacional da barragem para a cota 113,00 m, resultante de acordo provisório entre Votorantim e SRH; a partir de 2012 o nível de água na represa aproxima-se, em boa parte do tempo, da cota 110,00 m, indicando intensificação da operação da UHE e refletindo as negociações expressas na Nota Técnica do INEMA que sugerem esta cota como nível mínimo a ser mantido na represa.

Com base no histórico de negociações, considera-se no presente Plano que o atendimento dos usos múltiplos previstos para a barragem Pedra do Cavalo (em particular para abastecimento humano, geração de energia e manutenção dos ecossistemas à jusante da barragem), embora dependente de estudos adicionais, poderá ser viabilizado a partir da cota 110,00 metros.

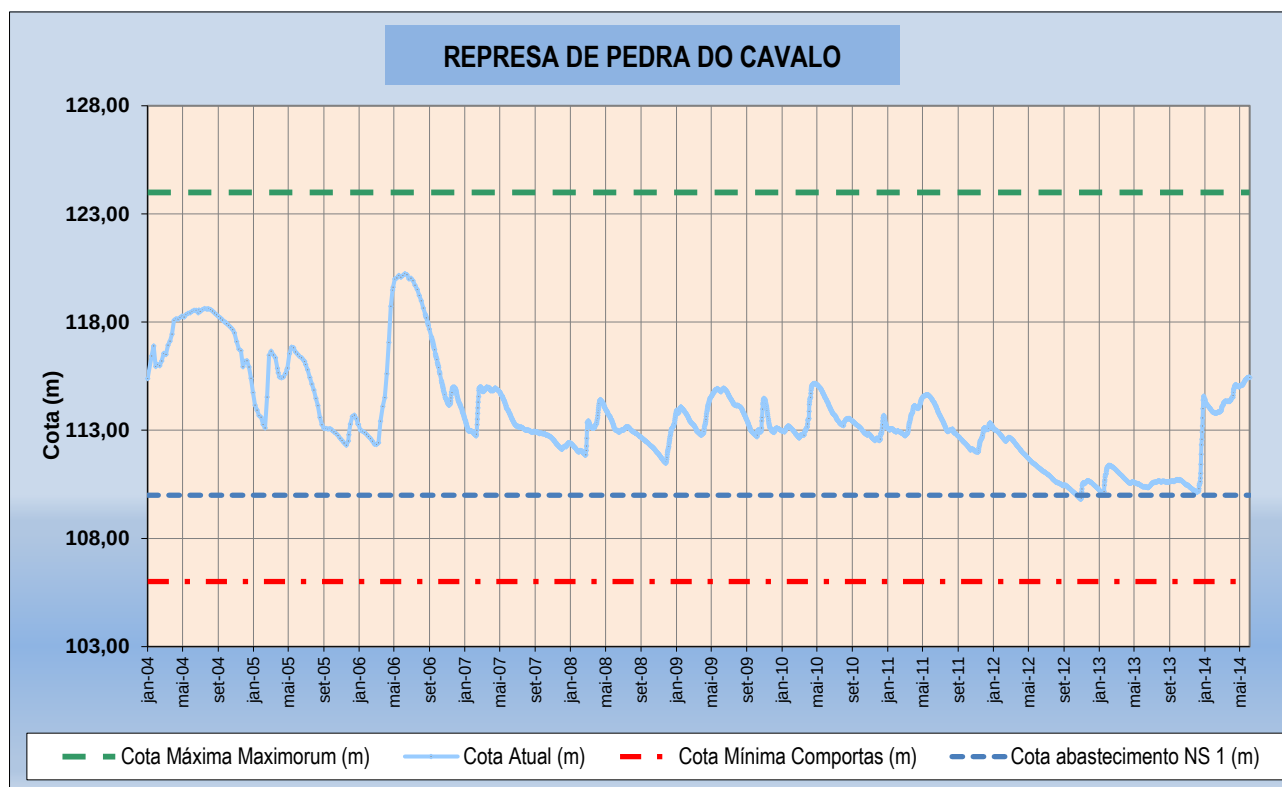


Figura 1. 19 - Variação do Nível de Água na Represa de Pedra do Cavalo entre Janeiro/2004 e Maio/2014

Fonte: INEMA, 2014

Dois aspectos importantes acerca do aproveitamento de Pedra do Cavalo referem-se ao Volume Útil Não Aproveitado e ao Volume Morto do reservatório. Ambos são ilustrados na **Figura 1. 20**, onde estão indicados os níveis operacionais do reservatório e a variação do nível de água no período entre Janeiro/2004 e Maio/2014, sendo possível caracterizar o volume de contenção de cheia, o volume útil aproveitado, o volume útil não aproveitado e o volume morto do reservatório.

Considerou-se duas hipóteses para o volume armazenado no reservatório: uma admitindo a curva Cota x Área x Volume antiga (de projeto da barragem); e a outra admitindo a curva Cota x Área x Volume esperada para 30 anos de operação (o que pode ser considerado como representativo para os dias atuais), conforme estudos existentes do operador da barragem, informados pelo INEMA. Esta última curva reflete o efeito de assoreamento do reservatório ao longo do tempo para os dias atuais.

O Volume Útil Não Aproveitado deve-se ao estabelecimento de Níveis de Segurança (NS1 = 110,00 m; NS2 = 109,00 m; NS3 = 108,00 m) para garantia do abastecimento da RMS através da captação existente, cujo NA mínimo operacional corresponde à cota 105,00 m. Com isto, o critério atual de operação da barragem busca evitar que a cota 110,00 m (referida pelo operador da barragem como Meta da EMBASA) seja atingida, resultando entre a cota 110,00 e o Nível Mínimo controlado pelas comportas (cota 106,00 m) um Volume Útil Não Aproveitado superior a 400 milhões de m³, em ambas as hipóteses, conforme **Figura 1. 20**. A título ilustrativo, este volume corresponde a quase o dobro da capacidade do reservatório de Santa Helena.

Ainda na **Figura 1. 20**, observa-se que em ambas as hipóteses o Volume Morto do reservatório é muito expressivo, superior a 2.000 milhões de m³, situando-se em torno de 50% do Volume Total. Em relação ao Volume Útil (aproveitado + não aproveitado), o Volume Morto representa 148% para a curva antiga e 127% para a curva atual.

Do acima exposto, fica evidente que o Volume Útil Não Aproveitado (entre as cotas 106,00 m e 110,00 m) e o Volume Morto de Pedra do Cavalo são disponibilidades consideráveis, que deverão ser avaliadas nos estudos de concepção do presente Plano.

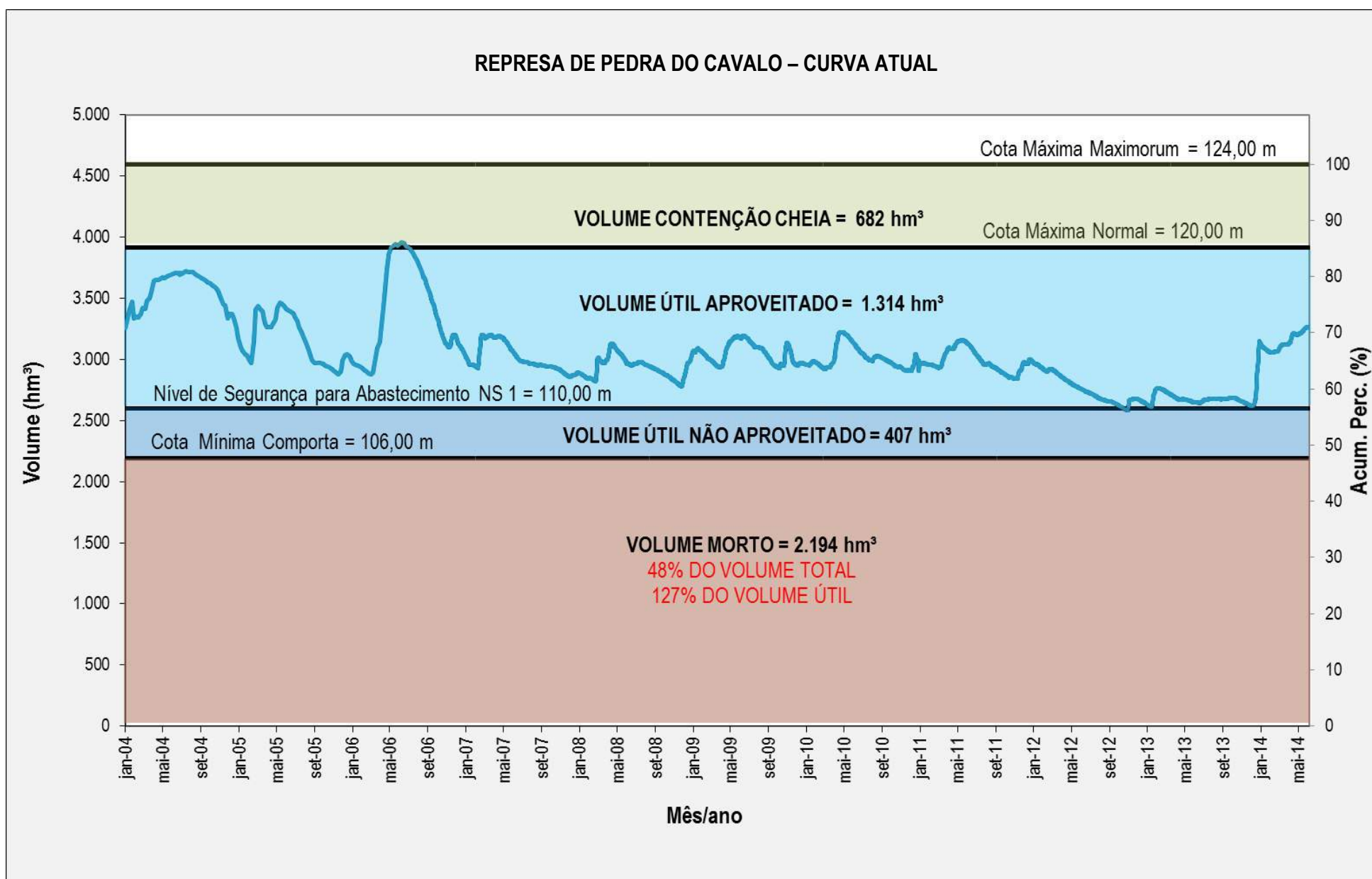
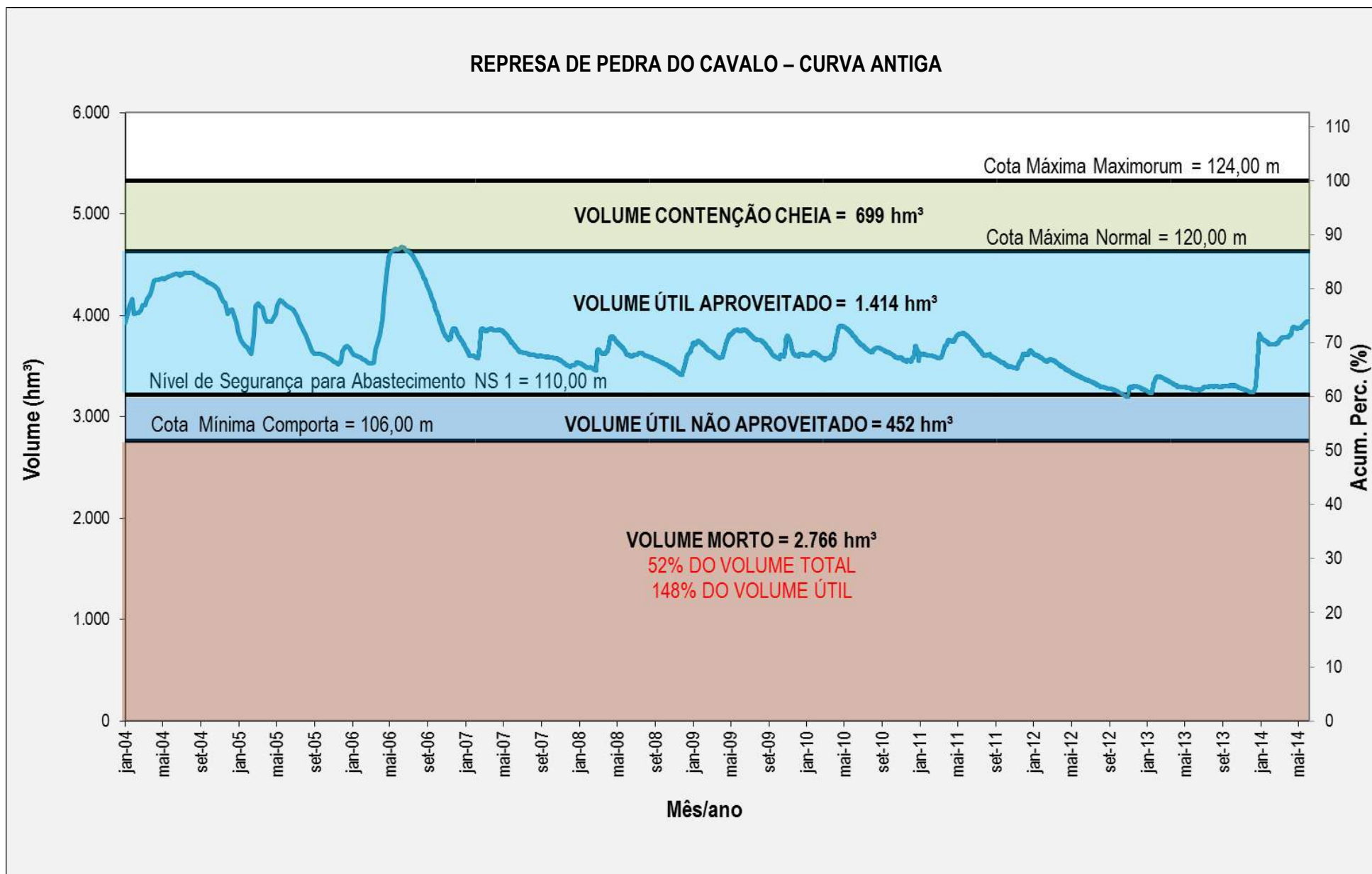


Figura 1. 20 - Situação de Aproveitamento da Disponibilidade do Reservatório de Pedra do Cavalo (Curva Antiga e Curva Atual)

Fonte: INEMA, 2014 (dados operacionais da barragem). Elaboração da Geohidro.

1.3.5. Barragem e Represa de Santa Helena

A barragem Santa Helena está localizada no rio Jacuípe entre os municípios de Dias D'Ávila e Camaçari, a cerca de 20 km da foz. A barragem, inaugurada em 1981, foi construída para atender o crescimento das demandas do SIAA de Salvador, demais localidades dela dependentes e consumo industrial através de reforço ao sistema Joanes, mediante transposição de águas do rio Jacuípe para a represa de Joanes II. O vertedouro da barragem cedeu durante enchente ocorrida em 1985, sendo posteriormente reconstruído e a barragem reinaugurada no ano 2000.

Com o rompimento do primeiro barramento de Santa Helena, foram construídas, em caráter provisório para manter a captação e o abastecimento da RMS, duas pequenas barragens nos rios Jacumirim e Jacuípe (neste último à montante da confluência com o Jacumirim), ambas implantadas em 1987. Na barragem provisória do Jacuípe foi implantada uma elevatória que transpunha as águas do rio Jacuípe para o reservatório do Jacumirim. Com a reconstrução da barragem de Santa Helena, o aproveitamento de emergência do Rio Jacuípe ficou submerso e a barragem do Jacumirim teve sua ombreira direita removida parcialmente, para permitir a alimentação da elevatória do Jacumirim pelo reservatório de Santa Helena, tornando-a operacional. Desta forma, a elevatória do Jacumirim ficou conhecida como elevatória de Santa Helena.

Na reconstrução da barragem os aterros de terra foram substituídos por aterros de concreto rolado. Na nova concepção, o canal do extravasor foi alargado de forma a ter a mesma largura do bacia de dissipação. O vertedouro passou a ter três comportas, em vez das duas do projeto original.

Em 2001, a barragem passou por serviços de recuperação para corrigir uma fissura no talude de jusante junto ao muro direito do vertedouro, além da execução de retaludamento na ombreira esquerda, devido à ruptura e escorregamento do talude natural.

Em 2005, foram executadas obras de recuperação do talude da ombreira esquerda e correção de problema de surgência d'água no talude devido à colmatagem da saída do dreno de pé.

Atualmente a barragem apresenta-se em bom estado de conservação. Suas principais características estão indicadas no **Quadro 1.8** apresentado a seguir.

Quadro 1.8 - Características da Barragem Santa Helena

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS		
Localização	Dias D'Ávila	
Rio	Jacuípe	
Bacia	Recôncavo Norte	
Altura (m)	25,5	
Comprimento (m)	302	
Cota da Crista (m)	23,00	
Volume (m³)	241.000.000	
Área drenagem (km²)	880	
Tipo	Concreto rolado	
Vertedouro	Concreto, com três comportas do tipo segmento, com acionamento hidráulico	
Cota N.A. máximo (m)	20,00	
Cota da Soleira (m)	8,00	
Vazão Captada (L/s)	2.100	

Figura 1. 21 - Barragem Santa Helena

Fonte: EMBASA, 2014

A barragem conta com os equipamentos instalados indicados no **Quadro 1.9** a seguir:

Quadro 1.9 - Equipamentos da barragem Santa Helena

EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	CARACTERÍSTICAS
Comportas-segmento	3	LxH = 9,00m X 12,15m, completas, com painéis de vedação e guias laterais, braços, mancais de articulação, cilindros hidráulicos, unidade de pressão, indicador local de posição e painel elétrico.
Comporta-ensecadeira (stop-log)	1	LxH = 9,00m x 12,90m, completa, com 6 painéis intercambiáveis de L x H = 9,00m x 2,15m com vedação e guias laterais, 3 conjuntos de peças fixas e 1 viga pescadora.
Pórtico rolante	1	Capacidade para 10 tf, vão = 5,50m, altura de elevação = 20,0m, completo, com caminhos de rolamento em trilhos TR 25 com comprimento de 40,0m e vigas metálicas de sustentação do caminho de rolamento.

Fonte: EMBASA, 2014

De acordo com a reavaliação dos estudos hidrológicos constantes no projeto de reconstrução da barragem, elaborado para a EMBASA em 1996, a represa de Santa Helena pode regularizar uma vazão de:

- 6,75 m³/s, com 100% de garantia (incluída aí a vazão ecológica), com a operação do reservatório entre as cotas 20,00 m e 17,00 m (condição operacional possível para a atual captação existente junto à barragem do Rio Jacumirim). O aproveitamento dessa vazão requer a construção de nova adutora (desde a elevatória do Jacumirim, até o reservatório da barragem do Joanes), em paralelo com as duas existentes;
- 8,80 m³/s (incluída aí a vazão ecológica), com 100% de garantia, com operação do reservatório entre as cotas 20,00 m e 10,00 m. Ressalte-se que a operação do reservatório abaixo da cota 17,00 m, demandará a construção de nova captação, mais próxima da barragem de Santa Helena e nova adutora (da nova captação até imediações da elevatória do Jacumirim), com extensão aproximada de 8,5 km.

Em razão da disponibilidade existente e de sua proximidade da ETA Principal, em comparação com a represa de Pedra do Cavalo, o reservatório de Santa Helena pode ser admitido como reserva imediata para atendimento das demandas futuras, até o limite de sua capacidade de regularização.

Atualmente, o aproveitamento de Santa Helena para abastecimento do SIAA de Salvador está limitado à capacidade atual da adutora existente, que transpõe águas para a represa de Joanes II, a qual possibilita veicular a vazão máxima de 3,0 m³/s. A retirada de vazões maiores depende da ampliação dessa adutora.

Na **Figura 1. 22** apresenta-se o comportamento do nível de água na represa de Santa Helena, durante o período de outubro/2011 a junho/2014, conforme dados publicados pelo INEMA no seu Boletim de Monitoramento das Barragens.

No período retratado, o nível de água no reservatório manteve-se, na maior parte do tempo, próximo à cota máxima operacional (20,00 m). O gráfico mostra que nos meses de verão os níveis de água no reservatório tendem a diminuir, coincidindo com o período de maior demanda do SIAA de Salvador. No período considerado, o nível mínimo de água registrado no reservatório foi em abril/2013 (cota 18,64 m), seguindo um padrão de comportamento similar ao verificado nas represas de Joanes I e II, possivelmente em razão da menor pluviosidade no período úmido. Mesmo assim os níveis registrados mantiveram-se, com folga, sempre acima do N.A. mínimo operacional da elevatória existente (cota 17,00 m).

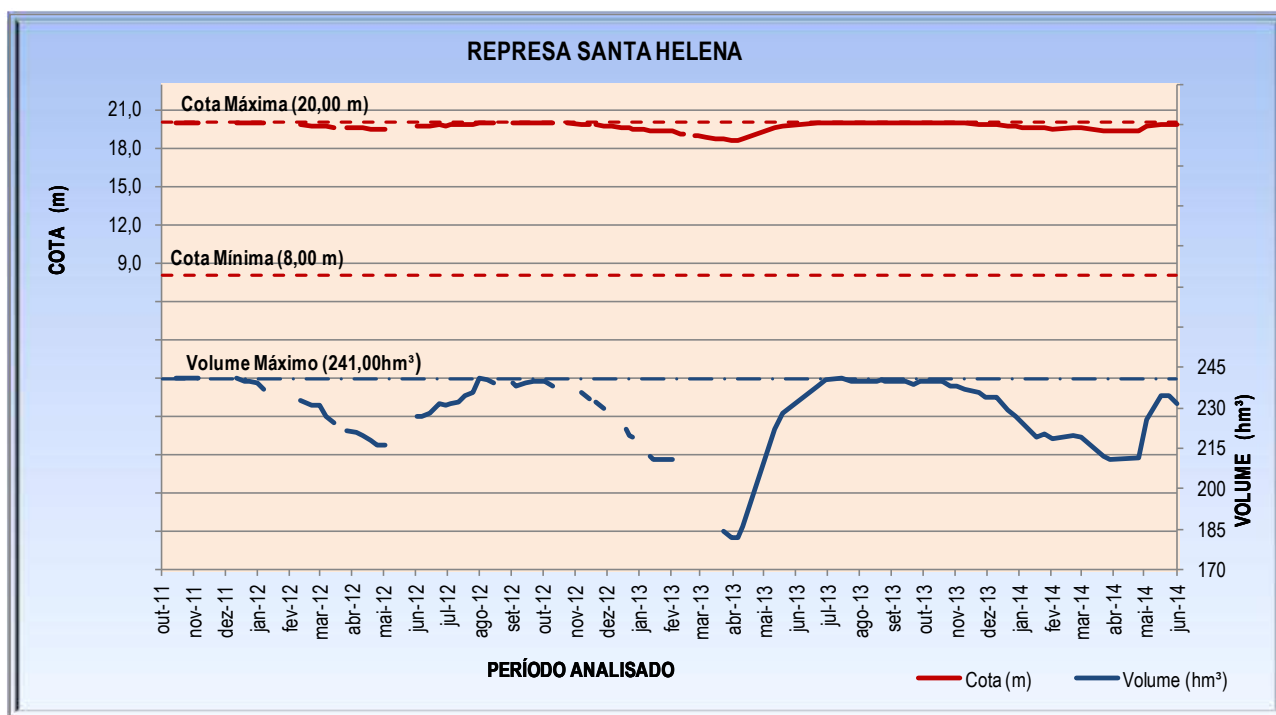


Figura 1. 22 - Variação do Nível de Água na Represa de Santa Helena entre Outubro/2011 e Junho/2014

Fonte: INEMA, 2014

1.4. QUALIDADE DA ÁGUA DOS MANANCIAIS QUE ATENDEM O SIAA DE SALVADOR E O SIAA DO RECÔNCAVO

1.4.1. Monitoramento Realizado pelo INEMA

O INEMA mantém o registro sistemático de avaliação da qualidade das águas das principais bacias hidrográficas do estado da Bahia, incluindo-se entre elas as bacias dos mananciais que abastecem a RMS, por meio do Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas do Estado da Bahia (Programa MONITORA).

Entre os critérios de avaliação da qualidade da água, o INEMA utiliza o Índice de Qualidade das Águas (IQA), índice consagrado internacionalmente que expressa, de forma simples, a condição da qualidade da água considerando os parâmetros mais significativos de contaminação dos recursos hídricos.

O IQA utiliza nove parâmetros: três físicos (sólidos totais, turbidez, temperatura), cinco químicos (oxigênio dissolvido, DBO₅, pH, nitrogênio total, fósforo total) e um biológico (coliformes termotolerantes). O seu valor é calculado pelo produto ponderado das qualidades de água individuais correspondentes aos parâmetros que integram o índice, sendo a importância de cada parâmetro, quanto ao efeito sobre a qualidade da água, definida através de um peso relativo. O resultado pode assumir valores de 0 a 100, sendo este intervalo dividido em 5 níveis, os quais expressam, em ordem decrescente, qualidades ótima, boa, regular, ruim e péssima, respectivamente. Essas faixas são representadas pela matriz de cores, ilustrada no quadro a seguir.

Quadro 1.10 - Classes do Índice de Qualidade da Água (IQA)

CLASSIFICAÇÃO DO IQA		
CATEGORIA		PONDERAÇÃO
	ÓTIMA	$79 < IQA \leq 100$
	BOA	$51 < IQA \leq 79$
	REGULAR	$36 < IQA \leq 51$
	RUIM	$19 < IQA \leq 36$
	PÉSSIMA	$IQA \leq 19$

Fonte: CETESB, 2014.

O **Quadro 1.11** mostra os resultados obtidos pelo Programa MONITORA nos principais mananciais de abastecimento do SIAA de Salvador, em campanhas de amostragem realizadas em 2012 e 2013.

Excetuando-se o resultado registrado para a represa de Joanes I na 2ª campanha de 2013, que indicou qualidade de água “RUIM” nesse manancial, todos os demais pontos amostrados apresentaram qualidade de água variando entre boa e ótima.

Convém ressaltar que o IQA é um índice que reflete a alteração da qualidade da água, principalmente por efeito do lançamento de esgotos sanitários, que se constitui em importante fonte de contaminação dos recursos hídricos na área de intervenção do Plano. Entretanto, os parâmetros envolvidos neste índice não refletem os efeitos de outras fontes de contaminação, tais como emissões industriais e contaminação por agrotóxicos.

No item seguinte será considerado o monitoramento realizado pela EMBASA nos mananciais do SIAA de Salvador, onde se apresenta uma avaliação mais ampla da qualidade das águas, particularmente próximo às captações destinadas ao abastecimento de água, considerando diversos parâmetros de interesse preconizados pela legislação pertinente.

Quadro 1.11 - IQA dos Mananciais do SIAA de Salvador conforme Programa MONITORA do INEMA

RESERVATÓRIOS	PONTOS DE MONITORAMENTO	LOCALIZAÇÕES DOS PONTOS DE MONITORAMENTO	COORDENADAS	RESULTADOS			
				2012		2013	
			LATITUDE / LONGITUDE	1ª Campanha	2ª Campanha	1ª Campanha	2ª Campanha
JOANES I	RCN-BJN-001	Na represa, próximo à barragem, imediações do povoado de Jambeiro.	12° 50' 11,1"	78	81	72	34
			38° 19' 37,4"				
JOANES II	RCN-BJO-001	No meio da represa, próximo à captação para a ETA Principal.	12° 40' 2,0"	80	79	81	69
			38° 25' 10,0"				
	RCN-BJO-004	No meio da represa, próximo à barragem.	12° 39' 50,0"	78	78	72	80
			38° 23' 22,0"				
IPITANGA	RCN-BIP-001	No meio da represa IPitanga II, próximo ao povoado de Fazenda Cassange.	12° 51' 19,0"	80	65	83	88
			38° 23' 23,0"				
SANTA HELENA	RCN-BSH-001	Na represa, próximo à barragem.	12° 32' 53,0"	85	82	67	83
			38° 10' 6,0"				
	RCN-BSH-003	No meio da represa, entre os pontos RCN-BSH-001 e RCN-BSH-050.	12° 34' 16,0"	68	82	71	84
			38° 14' 16,0"				
	RCN-BSH-050	Na represa, próximo de Dias D'Ávila.	12° 37' 47,0"	56	61	71	-
			38° 16' 54,0"				
PEDRA DO CAVALO	PRG-BCV -001	Na margem da represa (braço leste), próximo a foz do Riacho Ingaí.	12° 25' 45,0"	83	70	-	63
			39° 2' 60,0"				
	PRG-BCV -002	Na margem da represa, pouco próximo de Porto Castro Alves.	12° 30' 12,0"	83	66	-	77
			39° 11' 1,0"				
	PRG-BCV -003	Na margem da represa oposta ao povoado de Timbora.	12° 32' 29,0"	84	70	-	64
			39° 15' 51,0"				
	PRG-BCV -004	Na margem da represa, ponto mais próximo da barragem, próximo de Conceição da Feira.	12° 32' 12,0"	82	73	63	82
			39° 1' 48,0"				

Fonte: INEMA (dados do Programa MONITORA), 2014.

1.4.2. Monitoramento Realizado pela EMBASA

A EMBASA realiza o monitoramento da qualidade da água dos mananciais explorados para o abastecimento de água do SIAA de Salvador através do Programa de Monitoramento Georreferenciado de Mananciais de Abastecimento (PMG), executado pelo Departamento de Gestão Ambiental (TMA), subordinado à Superintendência de Meio Ambiente e Responsabilidade Social da Diretoria Técnica e de Sustentabilidade.

Os pontos de amostragem constituem uma rede de monitoramento abrangente, que possibilita avaliar a qualidade da água ao longo do tempo e detectar a origem de eventuais alterações visando estabelecer medidas de controle e conservação da qualidade da água.

A rede atual de monitoramento compõe-se dos pontos de amostragem indicados no **Quadro 1.12**, com sua localização definida pelas respectivas coordenadas geográficas.

Quadro 1.12 - Localização dos pontos de coleta de amostras nos reservatórios

MANANCIAL	PONTO DE AMOSTRAGEM	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
		GRAUS, MINUTOS E SEGUNDOS	UTM
JOANES I	JO I - 1	12° 41' 13" – S	567 022 E
		38° 22' 59" - W	8 597 472 N
	JO I - 2	12° 41' 14" – S	575 672 E
		38° 18' 13" - W	8 597 747 N
	JO I - 3	12° 43' 08" – S	570 148 E
		38° 21' 14" - W	8 593 911 N
	JO I - 4	12° 44' 04" – S	571 027 E
		38° 20' 46" - W	8 592 197 N
	JO I - 5	12° 46' 40" – S	570 430 E
		38° 21' 09" - W	8 587 362 N
	JOI - 6	12° 46' 18" – S	572 288 E
		38° 20' 02" - W	8 588 017 N
	JO I - 7	12° 47' 33" – S	572 668 E
		38° 19' 50" - W	8 585 790 N
JOANES II	JO I - 8	12° 48' 39" – S	571 592 E
		38° 20' 25" - W	8 583 689 N
	JO I - Represa	12° 50' 05" – S	573 317 E
		38° 19' 26" - W	8 580 897 N
	JO II - 1	12° 35' 48" – S	560 845 E
		38° 24' 45" - W	8 606 122 N
	JO II - 2	12° 36' 21" – S	562 152 E
		38° 25' 40" - W	8 606 369 N
	JO II - 3	12° 36' 30" – S	563 814 E
		38° 26' 24" - W	8 607 379 N
	JO II - 4	12° 38' 38" – S	569 555 E
		38° 21' 34" - W	8 602 164 N
	JO II - 5	12° 39' 27" – S	557 382 E
		38° 28' 18" - W	8 600 664 N
	JOII - 6	12° 40' 00" – S	557 605 E
		38° 28' 10" - W	8 599 667 N
	JO II - 7	12° 42' 35" – S	559 583 E
		38° 27' 03" - W	8 594 897 N
	JO II - 7A	12° 42' 40" – S	558 926 E
		38° 27' 26" - W	8 594 757 N
	JO II - 8	12° 40' 21" – S	562 837 E
		38° 25' 17" - W	8 599 015 N
	JO II - Represa	12° 40' 29" – S	567 927 E
		38° 22' 28" - W	8 598 737 N

Quadro 1.12 - Localização dos pontos de coleta de amostras nos reservatórios (continuação)

MANANCIAL	PONTO DE AMOSTRAGEM	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
		GRAUS, MINUTOS E SEGUNDOS	UTM
IPITANGA I	IP I - 1	12° 53' 20" – S	566 347 E
		38° 23' 18" - W	8 575 082 N
	IP I - Represa	12° 53' 50" – S	566 935 E
		38° 22' 59" - W	8 574 145 N
IPITANGA II	IP II-1	12° 49' 50" – S	566 905 E
		38° 23' 00" - W	8 581 516 N
	IP II -2	12° 50' 31" – S	563 199 E
		38° 25' 03" - W	8 580 264 N
	IP II - 3	12° 50' 30" – S	564 516 E
		38° 24' 20" - W	8 580 291 N
	IP II – 4	12° 50' 33" – S	564 439 E
		38° 24' 22" - W	580 188 N
	IP II - 5	12° 51' 10" – S	566 535 E
		38° 23' 12" - W	8 579 083 N
	IP II - 6	12° 51' 24" – S	566 234 E
		38° 23' 23" - W	8 578 627 N
	IP II - 7	12° 51' 50" – S	565 498 E
		38° 23' 47" - W	8 577 845 N
	IP II - Represa	12° 51' 32" – S	565 433 E
		38° 23' 49" - W	8 578 376 N
IPITANGA III	IP III - 1	12° 48' 93" – S	567 356 E
		38° 22' 76" - W	8 583 174 N
	IP III - 2	12° 49' 57" S	568 470 E
		38° 22' 07" W	8 581 324 N
	IP III - Represa	12° 49' 43" – S	566 966 E
		38° 22' 57" - W	8 581 731 N
PEDRA DO CAVALO	PCJA – 01	12° 17' 00" - S	500 006 E
		39° 00' 00" - W	8 642 119 N
	PCJA – 02	12° 25' 14" – S	496 126 E
		39° 02' 07" - W	8 626 897 N
	PCPA – 03	12° 30' 48" – S	479 676 E
		39° 11' 13" - W	8 616 682 N
	PC – 04	12° 32' 25" – S	500 555 E
		38° 59' 41" - W	8 613 705 N
	PC – 05	12° 31' 32" – S	526 203 E
		38° 45' 32" - W	8 615 328 N
SANTA HELENA	Captação	n.i.	n.i.
		n.i.	n.i.
	Vertedouro	n.i.	n.i.
		n.i.	n.i.

Fonte: EMBASA, 2014 (Nota: n.i. – não informado)

Dentre os pontos acima indicados, serão avaliados os de maior interesse ao diagnóstico dos sistemas de abastecimento de água, representativos da qualidade da água dos reservatórios e próximo às captações da EMBASA, os quais são relacionados a seguir:

- IP I – Represa: ponto localizado na represa de Ipitanga I, próximo ao barramento e à captação existente para o Parque da Bolandeira;
- IP II – Represa: ponto localizado na represa de Ipitanga II próximo ao barramento;
- IP III – Represa: ponto localizado na represa de Ipitanga III próximo ao barramento (rodovia CIA-Aeroporto);
- JO I – Represa: ponto localizado na represa de Joanes I, próximo ao barramento e à captação existente para o Parque da Bolandeira;
- JO II – Represa: ponto localizado na represa de Joanes II, próximo ao barramento;
- JO II – 8: ponto localizado na represa de Joanes II, próximo à captação existente para a ETA Principal;
- PC – 04: ponto localizado na represa de Pedra do Cavalo, próximo à captação existente para a ETA Principal;
- Santa Helena – Captação: ponto localizado na represa de Santa Helena, próximo à elevatória de captação para Joanes II.

1.4.2.1. Critério de Avaliação da Qualidade da Água

A qualidade da água dos mananciais de superfície atualmente utilizados no abastecimento populacional dos municípios de Salvador, Lauro de Freitas, Simões Filho, Candeias, Madre de Deus, São Francisco do Conde, Santo Amaro e Saubara, será avaliada com base no que estabelece a Resolução nº 357, de 17.03.2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.

Essa Resolução dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece os padrões de qualidade das águas requeridos para cada classe de enquadramento, em conformidade com os usos previstos.

Considerando que os mananciais em questão carecem de enquadramento oficial em conformidade com as diretrizes da Resolução CONAMA nº 357, os mesmos serão provisoriamente enquadrados na categoria “Águas Doces Classe 2”, conforme preconiza o Artigo 42 da referida resolução. A Classe 2 prevê, entre outros usos, a destinação da água para consumo humano, depois de tratamento convencional. Neste aspecto, convém lembrar que as atuais Estações de Tratamento de Água envolvidas no SIAA de Salvador (ETA Principal e ETA da Bolandeira) são de “concepção convencional”.

1.4.2.2. Parâmetros Avaliados

Entre o elenco de parâmetros constantes da Resolução CONAMA 357/2005, para a Classe 2 de Águas Doces, foram relacionados os parâmetros monitorados pela EMBASA mais suscetíveis de ocorrência nos mananciais em análise e, por isso, mais frequentemente monitorados.

O **Quadro 1.13** apresentado a seguir contém a relação destes parâmetros, legendados conforme são referidos nas planilhas de resultados que compõem os quadros apresentados na sequência. Entre eles, encontram-se os parâmetros específicos, destinados principalmente à avaliação da qualidade da água por efeito da contaminação orgânica causada por esgotos sanitários (principal fonte de contaminação dos mananciais da RMS); inorgânicos, indicadores de contaminação industrial e, no caso da série nitrogenada

(Nitrogênio Amoniacal, nitrito e nitrato), também de contribuições sanitárias; e orgânicos, indicadores de contaminação industrial ou por agrotóxicos.

Quadro 1.13 - Parâmetros Avaliados

LEGENDA	ESPECIFICAÇÃO
PARÂMETROS ESPECÍFICOS:	
Contagem Cel/mL	Densidade de Cianobactérias
CLF "a" (µg/L)	Clorofila "a"
Cor Real (mg Pt/L)	Cor Verdadeira
Turbidez NTU	Turbidez
Temp. Am. (°C)	Temperatura da Amostra
DBO5 (mg/L)	Demanda Bioquímica de Oxigênio de 5 dias
OD (mg OD/L)	Oxigênio Dissolvido
F.TOT (mg P/L)	Fósforo Total
C.TE. (UFC/100mL)	Coliformes Termotolerantes
PARÂMETROS INORGÂNICOS:	
Al.Dis. (µg Aldis/L)	Alumínio Dissolvido
Pb (µg Pb/L)	Chumbo Total
Cloreto (mg Cl/L)	Cloreto Total
Cu.Dis. (µg Cudis/L)	Cobre Dissolvido
Fe.Dis. (µg Fedis/L)	Ferro Dissolvido
Fluoreto (mg F/L)	Fluoreto Total
Mn (µg Mn/L)	Manganês Total
Hg (µg Hg/L)	Mercúrio Total
Nitrato (mg NO ₃ -N/L)	Nitrato
Nitrito (mg NO ₂ -N/L)	Nitrito
Amônia (mg NH ₃ /L)	Nitrogênio Amoniacal
pH	Potencial Hidrogeniônico
Sulfato (mg SO ₄ /L)	Sulfato Total
Zn (µg Zn/L)	Zinco Total
PARÂMETROS ORGÂNICOS:	
ACL (µg/L)	Acrilamida
A&D (µg/L)	Aldrin e Dieldrin
BENZ (µg/L)	Benzeno
CLDN (µg/L)	Clordano
CH ₂ Cl ₂ (µg/L)	Diclorometano
END (µg/L)	Endrin
ETBZ (µg /L)	Etilbenzeno
LIND (µg/L)	Lindano
PCLF (µg/L)	Pentaclorofenol
CCl ₄ (µg/L)	Tetracloroeto de Carbono
TOL (µg/L)	Tolueno
TRCLEE (µg/L)	Tricloroeteno
XILS (µg/L)	Xilenos Totais

Fonte: EMBASA, 2014

1.4.2.3. Análise dos Resultados Registrados nos Últimos Dois Anos

Nas planilhas seguintes (**Quadro 1.15 a Quadro 1.22**) são apresentados os resultados das análises realizadas pela EMBASA entre março de 2012 e março de 2014, considerando os parâmetros acima indicados e os pontos de monitoramento destacados ao final do **item 1.4.2**, que incluem represas e captações do SIAA de Salvador.

Na base de cada planilha são indicados os valores médios e máximos registrados nesse período e os correspondentes valores limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357.

O **Quadro 1.23**, elaborado com base nas planilhas de resultados individuais, sintetiza a avaliação da qualidade da água, apresentando para cada ponto de monitoramento o número total de análises realizadas no período, o número de resultados em desconformidade com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 e os valores médios de cada parâmetro no período, por ponto monitorado, e sua condição quanto à conformidade com os padrões legais.

Entre os parâmetros analisados, os que apresentaram pelo menos uma análise com resultado em desacordo com os padrões estabelecidos para Águas Doces Classe 2 foram os seguintes:

- Específicos: DBO₅, Fósforo Total, Oxigênio Dissolvido, Cor Real, Densidade de Cianobactérias e Clorofila “a”;
- Inorgânicos: Alumínio Dissolvido, Chumbo Total, Cobre Dissolvido, Ferro Dissolvido, Manganês Total, Nitrogênio Amoniacal, pH, Zinco Total;
- Orgânicos: nenhum.

O parâmetro DBO₅, indicador de contaminação orgânica, que pode ser associada na área de análise à presença de contribuições sanitárias, apresentou valor médio em desacordo com a Resolução CONAMA 357 na represa de Ipitanga III, sendo registradas oito determinações, entre dez realizadas, acima do Valor Máximo Permitido (VMP). Entretanto, nas represas de Ipitanga II e I, situadas à jusante, e onde se localizam as captações para abastecimento de água, o parâmetro DBO₅ manteve-se em conformidade com o limite legal, sugerindo que a matéria orgânica é parcialmente reduzida na represa de Ipitanga III através do processo de autodepuração. Nas demais represas, esse parâmetro manteve-se em conformidade com o limite legal.

Nas represas de Ipitanga I, II e III e na represa de Santa Helena foram registrados diversos resultados de Oxigênio Dissolvido em desconformidade com o limite mínimo preconizado para Águas Doces Classe 2. Entretanto, os valores médios desse parâmetro, no período considerado, mantiveram-se em conformidade com o limite legal, em todos os pontos monitorados.

Em relação ao parâmetro Fósforo Total, a maioria das análises realizadas se apresentaram em desconformidade com o limite legal, sendo que as concentrações médias desse parâmetro resultaram, em todos os pontos monitorados, acima do VMP estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05. Essa condição sugere que em todos os mananciais ocorrem expressivos aportes de fósforo, destacando-se como fontes mais prováveis as contribuições de ordem sanitária e o uso de fertilizantes em cultivos agrícolas praticados nas bacias de drenagem dos reservatórios.

Com base nos valores médios registrados para os parâmetros Fósforo Total e Clorofila “a”, calculou-se o Índice do Estado Trófico (IET) dos reservatórios, conforme metodologia preconizada pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

O IET tem por finalidade classificar os cursos d'água em diferentes níveis de trofia, ou seja, avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas.

As fórmulas utilizadas para o cálculo variam em função do corpo hídrico (rios ou reservatórios). No presente caso utilizou-se as fórmulas para reservatórios que são as seguintes:

- Índice do Estado Trófico relativo ao Fósforo: $IET (PT) = 10 \times [6 - ((1,77 - 0,42 \times (\ln PT)) / \ln 2)]$
Onde PT = Fósforo Total expresso em $\mu\text{g/L}$
- Índice do Estado Trófico relativo à Clorofila: $IET (CL) = 10 \times [6 - ((-0,92 - 0,34 \times (\ln CL)) / \ln 2)]$
Onde CL = Clorofila “a” expressa em $\mu\text{g/L}$

O resultado do Índice do Estado Trófico (IET) será a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo e à clorofila, segundo a equação:

$$IET = [IET (PT) + IET (CL)] / 2$$

Os limites estabelecidos para os diferentes níveis de trofia, conforme a metodologia da CETESB, são os seguintes:

Quadro 1.16 – Classes de estado trófico

Categoria	Níveis do IET	Ponderação
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$	0,5
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	1
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	2
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	3
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	4
Hipereutrófico	$IET > 67$	5

Fonte: CETESB, 2014

Os resultados obtidos para os pontos de monitoramento considerados nesta avaliação são apresentados no quadro a seguir.

Quadro 1. 14 – Resumo de Cálculo do Índice do Estado Trófico nos reservatórios do SIAA de Salvador

Represas	IET (CI)	IET (PT)	IET (média)	Estado Trófico	
				Categoria	Ponderação
Ipitanga III – Represa	66	72	69	Hipereutrófico	5
Ipitanga II – Represa	55	63	59	Mesotrófico	2
Ipitanga I – Represa / Captação	56	63	60	Eutrófico	3
Joanes II – Captação ETA Principal	54	70	62	Eutrófico	3
Joanes II - Represa	54	67	61	Eutrófico	3
Joanes I – Represa / Captação	62	70	66	Supereutrófico	4
Santa Helena – Captação	60	65	63	Eutrófico	3
Pedra do Cavalo – Captação	60	67	63	Eutrófico	3

Considerando como referência o IET médio entre os limites extremos definidores dos níveis de trofia (47 e 67), ou seja, $IET = 57$, constata-se que todos os mananciais do SIAA de Salvador assumem valores do IET acima da condição média, indicando níveis importantes de enriquecimento por nutrientes. As represas de Ipitanga III ($IET = 69$) e Joanes I ($IET = 66$) apresentam as condições de estado trófico mais críticas, sendo conveniente ressaltar que Joanes II ($IET = 62$), Santa Helena ($IET = 63$) e Pedra do Cavalo ($IET = 63$) posicionam-se no limite entre os níveis Eutrófico e Supereutrófico.

O problema agrava-se pelo fato do fenômeno da eutrofização estar associado à floração de cianobactérias, micro-organismo de interesse sanitário e potencialmente tóxico. Constata-se nas planilhas de resultados (mais facilmente visualizável na planilha síntese – **Quadro 1.23**) que em todos os pontos monitorados houve registro de resultados acima do limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/05, inclusive os valores médios registrados no período, à exceção de Joanes II.

Em tais circunstâncias, a interferência da presença de algas impõe dificuldades ao tratamento da água do tipo convencional, empregado pela EMBASA, uma vez que este apresenta limitações em relação à remoção de algas e cianobactérias. As principais dificuldades operacionais se relacionam com a redução da eficiência da sedimentação dos flocos, propiciando a colmatação mais rápida dos filtros e, conseqüentemente, a diminuição das carreiras de filtração; o aumento na dosagem de produtos químicos; a elevação da demanda de cloro, com maior possibilidade de formação de subprodutos da cloração, ocasionando maiores riscos à saúde humana e maior geração de lodo. Ainda que tais dificuldades sejam superadas no tratamento convencional, este não se mostrará confiável para a produção de água potável, uma vez que não envolve tecnologias adequadas para a remoção de metabólitos secundários dissolvidos, liberados durante a lise celular, tais como as cianotoxinas.

Entre os parâmetros inorgânicos merecem comentários as ocorrências de Alumínio Dissolvido, Ferro Dissolvido e Chumbo Total.

Concentrações elevadas de Alumínio Dissolvido, com valores acima do limite de referência da Resolução CONAMA 357/05, foram registradas nas represas de Ipitanga II, Joanes II, Joanes I e Santa Helena. Na represa de Ipitanga II os valores fora do padrão podem ser atribuídos à falta de tratamento do lodo gerado na ETA Suburbana, localizada nas proximidades da represa, possibilitando que o sulfato de alumínio empregado como agente coagulante aporte à represa através das descargas de lodo. Da mesma forma, as elevadas concentrações de Alumínio Dissolvido nas represas de Joanes II e I decorrem da ausência de tratamento do lodo produzido na ETA Principal, sendo o lodo acumulado nos decantadores e os efluentes da lavagem dos filtros lançados em curso d'água tributário da represa de Joanes II. Tanto em Ipitanga II como em Joanes II e I, a remediação do problema depende da implantação de instalações de tratamento do lodo gerado nos processos de tratamento da água, para minimizar as concentrações de alumínio lançadas aos corpos de água receptores. A ocorrência em Santa Helena refere-se a um único resultado fora do padrão, mas em grandeza suficientemente alta para elevar a média acima do limite preconizado pelo CONAMA. Neste caso, seria conveniente pesquisar as possíveis fontes de contaminação e aumentar a frequência de análise desse parâmetro durante algum tempo para avaliar a relevância da ocorrência e, se necessário, identificar a causa do problema.

Outro parâmetro de ocorrência anormal, com registros acima do limite estabelecido na Resolução CONAMA 357/05, é o Ferro Dissolvido na represa de Joanes II. Também nesse caso, atribui-se as elevadas concentrações à ausência de tratamento do lodo gerado na ETA Principal, possibilitando que o sulfato férrico empregado como coagulante no tratamento de água retorne ao rio Joanes através descarte inadequado. Portanto, o tratamento dos lodos da ETA Principal torna-se uma medida urgente para eliminar os resíduos de ferro e alumínio lançados no rio Joanes.

Chamam a atenção as concentrações de Chumbo Total nos mananciais de abastecimento do SIAA de Salvador. Em todos os pontos monitorados foram registrados valores acima do limite estabelecido pelo CONAMA, inclusive para as médias do período considerado na presente avaliação. Concentrações médias entre 106 e 62 µg/L foram registradas nas represas de Ipitanga II, Joanes I, Ipitanga III e Santa Helena. Nas demais represas os valores médios situaram-se em torno de 20 µg/L, que representa o dobro do padrão estabelecido pelo CONAMA para Águas Doces Classe 2, ou seja, 10 µg/L. Embora as represas em análise estejam sujeitas, em certa medida, à contribuições de origem industrial, a simultaneidade de ocorrência de resultados de Chumbo Total em desconformidade com a legislação, em todas as represas, merece ser investigada pela EMBASA, incluindo-se nesse processo a avaliação da metodologia analítica empregada.

Em síntese, os principais problemas identificados em relação à qualidade da água dos mananciais de abastecimento do SIAA de Salvador, com base no monitoramento realizado pela EMBASA, dizem respeito à eutrofização dos reservatórios utilizados e à presença de Alumínio e Ferro resultantes dos próprios processos de tratamento de água utilizados, além de Chumbo, cuja origem deve ser investigada.

Quadro 1.15 - Parâmetros de Qualidade da Água da Represa Ipitanga III

DATA	PARÂMETROS ESPECÍFICOS									DATA	PARÂMETROS ORGÂNICOS												
	Contagem Cel/mL	C.TE. UFC/100mL	Clf"a" (µg/L)	Cor Real (mg Pt/L)	DBO ₅ (mg/L)	F.TOT (mg P/L)	OD (mg OD/L)	TEMP..AM °C	Turbidez (NTU)		ACL (µg/L)	A&D (µg/L)	BENZ (µg/L)	CLDN (µg/L)	CH ₂ Cl ₂ (µg/L)	END (µg/L)	ETBZ (µg/L)	LIND (µg/L)	PCLF (µg/L)	CCl ₄ (µg/L)	TOL (µg/L)	TRCLEE (µg/L)	XILS (µg/L)
23/03/09	453.419	-	-	-	-	0,141	11	25	-	23/03/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31/03/09	447.009	470,0	48,41	93,0	7	0,05	11	28	51,20	31/03/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17/08/09	5.746	54,0	33,12	15,0	5	0,06	4	23	17,20	17/08/09	-	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	-	< 1	< 1	< 1	< 1
29/12/09	159.103	-	-	-	-	0,02	6	32	-	29/12/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25/03/10	3.115	210,0	17,84	13,0	2	0,03	-	26	5,04	25/03/10	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1
13/10/10	1.096	900,0	42,77	9,0	7	0,11	3	27	10,20	13/10/10	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	1,2	< 1	< 1
17/03/11	-	72,0	92,82	14,0	5	-	7	31	34,00	17/03/11	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	-	< 1	< 1	< 1	< 1
08/09/11	6.962	2,0	89,18	14,0	7	0,15	6	25	9,55	08/09/11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07/03/12	132.051	48,0	47,87	17,0	11	< 0,009	6	23	20,10	07/03/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09/08/12	126.923	600,0	99,74	21,0	26	0,79	2	26	48,30	09/08/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17/06/13	45.940	110,0	8,372	14,0	15	0,26	2	25	4,65	17/06/13	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1
30/09/13	89.744	500,0	68,07	17,0	5	0,18	2	27,2	11,50	30/09/13	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1
Valor Médio	133.737	296,6	54,82	22,7	9	0,14	5	26,52	21,17	Valor Médio	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1
Valor Máximo	453.419	900,0	99,74	93,0	26	0,79	11	32,00	51,20	Valor Máximo	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	1,2	< 1	< 1
Valor Máximo Permitido *	50.000 Cel/mL	1000 UFC/100mL	30 µg/L	75 mg Pt/L	5 mg/L O₂	0,03 mg/L	5 mg/L O₂		100 UNT	Valor Máximo Permitido	0,5 µg/L	0,005 µg/L	5 µg/L	0,04 µg/L	20 µg/L	0,004 µg/L	90 µg/L	0,02 µg/L	9 µg/L	2 µg/L	2 µg/L	10 µg/L	300 µg/L

* Valor Máximo Permitido, exceto para o Parâmetro OD (Oxigênio Dissolvido), o qual não deve ser inferior a 5 mg/L de O₂.

Fonte: Adaptado de Embasa, 2014. (EMBASA (dados) e Geohidro (elaboração))

Quadro 1.15 - Parâmetros de Qualidade da Água da Represa Ipitanga III (Continuação)

DATA	PARÂMETROS INORGÂNICOS													
	Al.Dis. (µg Aldis/L)	Pb (µg Pb/L)	Cloreto (mg Cl/L)	Cu.Dis. (µg Cudis/L)	Fe.Dis. (µg Fedis/L)	Fluoreto (mg F/L)	Mn (µg Mn/L)	Hg (µg Hg/L)	Nitrato (mg NO ₃ -N/L)	Nitrito (mg NO ₂ -N/L)	Amônia (mg NH ₃ /L)	pH	Sulfato (mg SO ₄ /L)	Zn (µg Zn/L)
23/03/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31/03/09	174	17,1	63	< 2	127	0,2	110	0,18	< 0,5	< 0,1	< 0,1	9,92	< 5	< 3
17/08/09	< 10	< 2	26,8	< 2	< 10	< 0,1	88,5	< 0,05	< 0,5	< 0,1	0,35	7,34	7,53	211
29/12/09	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25/03/10	74,2	< 2	28,3	< 2	55,1	0,1	36,4	< 0,05	< 0,5	< 0,1	0,3	6,83	6,7	3,76
13/10/10	15,6	64,7	44,6	< 2	66,9	< 0,1	48	< 0,05	< 0,5	< 0,1	-	7,48	6,77	70,4
17/03/11	10,7	105	54,5	< 2	< 10	0,3	46,7	< 0,05	< 0,5	< 0,1	-	8,47	< 5	< 3
08/09/11	-	1	44,9	-	-	0,1	-	-	0,8	< 0,1	0,39	8,14	6,29	-
07/03/12	-	23,6	40,7	-	-	0,2	128	-	< 0,5	< 0,1	0,81	8,41	< 5	108
09/08/12	33	222	40,8	< 2	16,3	0,2	73,3	0,06	< 0,5	< 0,1	0,68	7,11	7,85	59,4
17/06/13	58,7	50	33,6	< 2	44	0,2	148	0,17	< 0,5	< 0,1	2,76	7,24	< 5	11,4
30/09/13	57,3	207	39,2	< 2	60,7	0,1	106	< 0,05	< 0,5	< 0,1	0,79	7,01	< 5	< 3
Valor Médio	54,19	63,22	38,04	< 2	48,75	0,15	87,21	0,03	0,53	< 0,1	0,69	7,80	6,01	52,55
Valor Máximo	174	222	63	< 2	127	0,30	148	0,18	0,8	< 0,1	2,76	9,92	8	211
Valor Máximo Permitido	100 µg/L Al	10 µg/L Pb	250 mg/L Cl	9 µg/L Cu	300 µg/L Fe	1,4 mg/L F	100 µg/L Mn	0,2 µg/L Hg	10 mg/L N	1 mg/L N	2 mg/L N	6,0 ≤ pH ≤ 9,0	250 mg/L SO₄	180 µg/L Zn

Fonte: Adaptado de Embasa, 2014. (EMBASA (dados) e Geohidro (elaboração))

Quadro 1.16 - Parâmetros de Qualidade da Água da Represa Ipitanga II

DATA	PARÂMETROS ESPECÍFICOS									DATA	PARÂMETROS ORGÂNICOS												
	Contagem Cel/mL	C.TE. UFC/100mL	Clf"a" (µg/L)	Cor Real (mg Pt/L)	DBO ₅ (mg/L)	F.TOT (mg P/L)	OD (mg OD/L)	TEMP..AM °C	Turbidez (NTU)		ACL (µg/L)	A&D (µg/L)	BENZ (µg/L)	CLDN (µg/L)	CH ₂ Cl ₂ (µg/L)	END (µg/L)	ETBZ (µg/L)	LIND (µg/L)	PCLF (µg/L)	CCl ₄ (µg/L)	TOL (µg/L)	TRCLEE (µg/L)	XILS (µg/L)
07/03/12	2.122	11,0	-	-	-	< 0,009	5	22	-	07/03/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/04/12	1.135	1,0	-	-	-	< 0,009	6	29	-	19/04/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16/05/12	735	7,0	5,28	5,0	2	0,01	6	30	3,88	16/05/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/06/12	37.778	3,0	-	-	-	0,02	6	27	-	20/06/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/07/12	1.841	3,0	-	-	-	0,03	6	25	-	19/07/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09/08/12	98.718	4,0	-	-	-	0,04	6	26	-	09/08/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/09/12	1.010	2,0	15,47	9,0	3	< 0,009	8	25	5,24	19/09/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25/10/12	1.171	4,0	-	-	-	0,03	6	29	-	25/10/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08/11/12	349	30,0	-	-	-	0,03	7	25	-	08/11/12	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	-	< 1	< 1	< 1	< 1
13/12/12	278	35,0	-	-	-	< 0,009	7	26	-	13/12/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15/01/13	336	130,0	-	-	-	0,03	6	29	-	15/01/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14/02/13	9.402	9,0	-	-	-	0,09	6	31	-	14/02/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07/03/13	30.342	2,0	-	-	-	0,05	7	30	-	07/03/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24/04/13	27.641	4,0	-	-	-	0,10	5	26	-	24/04/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27/05/13	30.556	12,0	5,46	8,0	4	0,11	4	24	7,08	27/05/13	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1
07/06/13	115.385	-	2,00	-	-	-	-	27	-	07/06/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/06/13	210.256	-	5,64	-	-	-	-	26	-	10/06/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17/06/13	41.239	66,0	4,19	-	-	-	-	25	-	17/06/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/07/13	32.479	5,0	-	-	-	< 0,009	7	25	-	22/07/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/08/13	69.658	2,0	-	-	-	< 0,009	7	26	-	12/08/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02/09/13	27.137	5,0	1,64	11,0	2	< 0,009	6	25	4,69	02/09/13	-	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1
03/10/13	33.333	-	-	-	1	-	-	28	-	03/10/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23/10/13	42.308	11,0	-	-	-	-	-	25	-	23/10/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/11/13	32.479	10,0	-	-	-	< 0,009	7	29	-	12/11/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/12/13	33.504	5,0	-	-	-	0,02	7	26	-	12/12/13	< 0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15/01/14	59.494	1,0	-	-	-	0,01	7	25	-	15/01/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06/02/14	679.378	17,0	-	-	-	0,02	6	25	-	06/02/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18/03/14	807.563	9,0	-	-	-	0,08	7	27	-	18/03/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor Médio	86.701	15,5	5,67	8,3	2	0,03	6	26,54	5,22	Valor Médio	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1
Valor Máximo	807.563	130,0	15,47	11,0	4	0,11	8	31,00	7,08	Valor Máximo	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1
Valor Máximo Permitido *	50.000 Cel/mL	1000 UFC/100mL	30 µg/L	75 mg Pt/L	5 mg/L O ₂	0,03 mg/L	5 mg/L O ₂		100 UNT	Valor Máximo Permitido	0,5 µg/L	0,005 µg/L	5 µg/L	0,04 µg/L	20 µg/L	0,004 µg/L	90 µg/L	0,02 µg/L	9 µg/L	2 µg/L	2 µg/L	10 µg/L	300 µg/L

* Valor Máximo Permitido, exceto para o Parâmetro OD (Oxigênio Dissolvido), o qual não deve ser inferior a 5 mg/L de O₂.

Fonte: Adaptado de Embasa, 2014. (EMBASA (dados) e Geohidro (elaboração))

Quadro 1.16 - Parâmetros de Qualidade da Água da Represa Ipitanga II (Continuação)

DATA	PARÂMETROS INORGÂNICOS													
	Al.Dis. (µg Aldis/L)	Pb (µg Pb/L)	Cloreto (mg Cl/L)	Cu.Dis. (µg Cudis/L)	Fe.Dis. (µg Fedis/L)	Fluoreto (mg F/L)	Mn (µg Mn/L)	Hg (µg Hg/L)	Nitrato (mg NO ₃ -N/L)	Nitrito (mg NO ₂ -N/L)	Amônia (mg NH ₃ /L)	pH	Sulfato (mg SO ₄ /L)	Zn (µg Zn/L)
07/03/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/04/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16/05/12	-	176,00	35,90	-	-	0,20	9,95	-	< 0,5	< 0,1	0,32	7,16	6,78	248,00
20/06/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/07/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09/08/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/09/12	< 10	126,00	37,60	< 2	< 10	0,20	< 4	< 0,05	< 0,5	< 0,1	0,12	8,05	5,91	< 3
25/10/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08/11/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13/12/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15/01/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14/02/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07/03/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24/04/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27/05/13	14,10	88,90	34,30	< 2	34,20	0,20	42,30	0,07	< 0,5	< 0,1	0,40	7,70	7,95	64,90
07/06/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/06/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17/06/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/07/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/08/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02/09/13	412,00	34,20	30,00	< 2	75,00	0,30	21,20	0,05	< 0,5	< 0,1	0,39	7,16	54,40	65,90
03/10/13	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0,5	< 0,1	0,13	-	-	-
23/10/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/11/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/12/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15/01/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06/02/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18/03/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor Médio	145,33	106,28	34,45	< 2	39,70	0,23	19,34	0,06	< 0,5	< 0,1	0,27	7,52	18,76	95,43
Valor Máximo	412,00	176,00	37,60	< 2	75,00	0,30	42,30	0,07	< 0,5	< 0,1	0,40	8,05	54,40	248,00
Valor Máximo Permitido	100 µg/L Al	10 µg/L Pb	250 mg/L Cl	9 µg/L Cu	300 µg/L Fe	1,4 mg/L F	100 µg/L Mn	0,2 µg/L Hg	10 mg/L N	1 mg/L N	2 mg/L N	6,0 ≤ pH ≤ 9,0	250 mg/L SO ₄	180 µg/L Zn

Fonte: Adaptado de Embasa, 2014. (EMBASA (dados) e Geohidro (elaboração))

Quadro 1.17 - Parâmetros de Qualidade da Água da Represa Ipitanga I

DATA	PARÂMETROS ESPECÍFICOS									DATA	PARÂMETROS ORGÂNICOS												
	Contagem Cel/mL	C.TE. UFC/100mL	Clf"a" (µg/L)	Cor Real (mg Pt/L)	DBO ₅ (mg/L)	F.TOT (mg P/L)	OD (mg OD/L)	TEMP..AM °C	Turbidez (NTU)		ACL (µg/L)	A&D (µg/L)	BENZ (µg/L)	CLDN (µg/L)	CH ₂ Cl ₂ (µg/L)	END (µg/L)	ETBZ (µg/L)	LIND (µg/L)	PCLF (µg/L)	CCl ₄ (µg/L)	TOL (µg/L)	TRCLEE (µg/L)	XILS (µg/L)
07/03/12	3.628	480,00	8,55	8,0	3	< 0,009	6	23	3,18	07/03/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/04/12	1.317	12,00	-	-	-	0,02	6	27	-	19/04/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16/05/12	1.839	540,00	-	-	-	0,06	7	28	-	16/05/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/06/12	970	10,00	-	-	-	0,03	6	26	-	20/06/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/07/12	961	6,00	-	-	-	< 0,009	3	26	-	19/07/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09/08/12	472	17,00	7,28	7,0	2	0,03	6	25	1,89	09/08/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27/09/12	168	20,00	-	-	-	< 0,009	8	28	-	27/09/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25/10/12	486	< 1	-	-	-	0,03	2	28	-	25/10/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08/11/12	787	31,00	-	-	-	0,05	8	25	-	08/11/12	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	-	< 1	< 1	< 1	< 1
13/12/12	451	34,00	-	-	-	0,03	7	27	-	13/12/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15/01/13	68.697	58,00	-	-	-	0,05	5	30	-	15/01/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14/02/13	44.872	57,00	-	-	-	0,08	4	29	-	14/02/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07/03/13	46.154	210,00	-	-	-	0,03	7	29	-	07/03/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24/04/13	38.718	86,00	-	-	-	0,02	4	26	-	24/04/13	-	-	-	-	-	-	-	< 9	-	-	-	-	-
06/05/13	1.258	9,00	-	-	-	0,07	5	29	-	06/05/13	-	-	-	-	-	-	-	< 9	-	-	-	-	-
17/06/13	38.462	16,00	1,27	4,0	2	< 0,009	5	25	2,02	17/06/13	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	-	< 1	< 1	< 1	< 1
22/07/13	1.008	160,00	-	-	-	0,02	7	24	-	22/07/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/08/13	93	12,00	-	-	-	0,05	7	27	-	12/08/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02/09/13	1.803	100,00	-	-	-	< 0,009	7	25	-	02/09/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30/09/13	64.103	30,00	4,73	10,0	1	0,04	8	27,7	1,60	30/09/13	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	-	< 1	< 1	< 1	< 1
23/10/13	41.026	200,00	-	-	-	-	-	25	-	23/10/13	-	-	-	-	-	-	-	< 9	-	-	-	-	-
12/11/13	5.127	40,00	-	-	-	< 0,009	8	27	-	12/11/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/12/13	221	38,00	-	-	-	0,03	6	26	-	12/12/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15/01/14	1.650.377	5,00	-	-	-	0,05	4	26	-	15/01/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06/02/14	640.923	230,00	10,56	6,0	2	0,02	1	25	2,24	06/02/14	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	-	< 1	< 1	< 1	< 1
18/03/14	1.730.492	92,00	-	-	-	0,05	6	27	-	18/03/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor Médio	168.631	119,35	6,48	7,0	2	0,03	6	26,57	2,19	Valor Médio	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1
Valor Máximo	1.730.492	540,00	10,56	10,0	3	0,08	8	30,00	3,18	Valor Máximo	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1
Valor Máximo Permitido *	50.000 Cel/mL	1000 UFC/100mL	30 µg/L	75 mg Pt/L	5 mg/L O ₂	0,03 mg/L	5 mg/L O ₂		100 UNT	Valor Máximo Permitido	0,5 µg/L	0,005 µg/L	5 µg/L	0,04 µg/L	20 µg/L	0,004 µg/L	90 µg/L	0,02 µg/L	9 µg/L	2 µg/L	2 µg/L	10 µg/L	300 µg/L

* Valor Máximo Permitido, exceto para o Parâmetro OD (Oxigênio Dissolvido), o qual não deve ser inferior a 5 mg/L de O₂.

Fonte: Adaptado de Embasa, 2014. (EMBASA (dados) e Geohidro (elaboração))

Quadro 1.17 - Parâmetros de Qualidade da Água da Represa Ipitanga I (Continuação)

DATA	PARÂMETROS INORGÂNICOS													
	Al.Dis. (µg Aldis/L)	Pb (µg Pb/L)	Cloreto (mg Cl/L)	Cu.Dis. (µg Cudis/L)	Fe.Dis. (µg Fedis/L)	Fluoreto (mg F/L)	Mn (µg Mn/L)	Hg (µg Hg/L)	Nitrato (mg NO ₃ -N/L)	Nitrito (mg NO ₂ -N/L)	Amônia (mg NH ₃ /L)	pH	Sulfato (mg SO ₄ /L)	Zn (µg Zn/L)
07/03/12	-	-	37,20	-	-	0,20	26,80	-	< 0,5	< 0,1	< 0,1	8,13	10,70	< 3
19/04/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16/05/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/06/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/07/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09/08/12	20,90	-	42,80	< 2	< 10	0,20	11,60	< 0,05	1,24	< 0,1	0,14	7,73	12,90	101,00
27/09/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25/10/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08/11/12	-	32,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13/12/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15/01/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14/02/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07/03/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24/04/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06/05/13	-	14,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17/06/13	33,60	-	33,70	< 2	18,50	0,20	54,00	0,12	< 0,5	< 0,1	0,45	7,46	11,10	3,97
22/07/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/08/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02/09/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30/09/13	45,90	-	46,70	4,43	17,70	0,20	7,12	< 0,05	< 0,5	< 0,1	0,19	8,06	11,30	< 3
23/10/13	-	14,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/11/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/12/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15/01/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06/02/14	-	-	67,00	-	-	0,20	-	0,20	< 0,5	< 0,1	0,27	7,51	8,64	-
18/03/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor Médio	33,47	20,43	45,48	2,74	15,37	0,20	24,88	0,10	0,28	< 0,1	0,23	7,78	10,93	26,37
Valor Máximo	45,90	32,40	67,00	4,43	18,50	0,20	54,00	0,20	1,24	< 0,1	0,45	8,13	12,90	101,00
Valor Máximo Permitido	100 µg/L Al	10 µg/L Pb	250 mg/L Cl	9 µg/L Cu	300 µg/L Fe	1,4 mg/L F	100 µg/L Mn	0,2 µg/L Hg	10 mg/L N	1 mg/L N	2 mg/L N	6,0 ≤ pH ≤ 9,0	250 mg/L SO ₄	180 µg/L Zn

Fonte: Adaptado de Embasa, 2014. (EMBASA (dados) e Geohidro (elaboração))

[illegible]

Fonte: Adaptado de Embasa, 2014. (EMBASA (dados) e Geohidro (elaboração))

Quadro 1.18 - Parâmetros de Qualidade da Água da Represa Joanes II (JO II - 8) (Continuação)

DATA	PARÂMETROS INORGÂNICOS													
	Al.Dis. (µg Aldis/L)	Pb (µg Pb/L)	Cloreto (mg Cl/L)	Cu.Dis. (µg Cudis/L)	Fe.Dis. (µg Fedis/L)	Fluoreto (mg F/L)	Mn (µg Mn/L)	Hg (µg Hg/L)	Nitrato (mg NO ₃ -N/L)	Nitrito (mg NO ₂ -N/L)	Amônia (mg NH ₃ /L)	pH	Sulfato (mg SO ₄ /L)	Zn (µg Zn/L)
10/01/12	-	-	15,3	-	-	0,3	-	-	< 0,5	< 0,1	0,12	7,14	7,63	-
09/02/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
01/03/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30/03/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09/04/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/04/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/05/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14/06/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/06/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26/06/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16/07/12	377	32,4	14,6	4,89	556	0,3	92,2	-	1,01	< 0,1	0,33	6,74	11,6	151
23/08/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13/09/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/10/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05/11/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06/12/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21/01/13	119	14,8	22,8	4,46	72,8	0,6	55	0,06	< 0,5	< 0,1	0,25	7,43	8,51	7,73
14/02/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21/03/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25/04/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23/05/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06/06/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16/07/13	326	14,1	16,6	10,3	969	0,4	160	0,09	0,59	< 0,1	1,19	6,61	10,1	12,2
08/08/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/09/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07/10/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07/11/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03/12/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21/01/14	-	-	22,2	-	48,5	0,3	32,6	< 0,05	< 0,5	< 0,1	0,46	7,62	7,84	< 3
04/02/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13/02/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17/02/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25/02/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11/03/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17/03/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24/03/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor Médio	274,00	20,43	18,30	6,55	411,58	0,38	84,95	0,08	0,59	< 0,1	0,47	7,11	9,14	42,80
Valor Máximo	377,00	32,40	22,80	10,30	969,00	0,60	160,00	0,09	1,01	< 0,1	1,19	7,62	11,60	151,00
Valor Máximo Permitido	100 µg/L Al	10 µg/L Pb	250 mg/L Cl	9 µg/L Cu	300 µg/L Fe	1,4 mg/L F	100 µg/L Mn	0,2 µg/L Hg	10 mg/L N	1 mg/L N	2 mg/L N	6,0 ≤ pH ≤ 9,0	250 mg/L SO ₄	180 µg/L Zn

Fonte: Adaptado de Embasa, 2014. (EMBASA (dados) e Geohidro (elaboração))

Quadro 1.19 - Parâmetros de Qualidade da Água da Represa Joanes II

DATA	PARÂMETROS ESPECÍFICOS									DATA	PARÂMETROS ORGÂNICOS												
	Contagem Cel/mL	C.TE. UFC/100mL	Clf"a" (µg/L)	Cor Real (mg Pt/L)	DBO ₅ (mg/L)	F.TOT (mg P/L)	OD (mg OD/L)	TEMP..AM °C	Turbidez (NTU)		ACL (µg/L)	A&D (µg/L)	BENZ (µg/L)	CLDN (µg/L)	CH ₂ Cl ₂ (µg/L)	END (µg/L)	ETBZ (µg/L)	LIND (µg/L)	PCLF (µg/L)	CCl ₄ (µg/L)	TOL (µg/L)	TRCLEE (µg/L)	XILS (µg/L)
27/01/09	1.080	160,00	6,73	13,0	1	0,03	7	-	1,89	27/01/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30/06/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30/06/09	-	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	-	< 1	< 1	< 1	< 1
29/07/09	129	< 1	3,64	101,0	1	0,06	6	26	13,30	29/07/09	-	< 0,005	-	< 0,04	-	< 0,004	-	< 0,02	-	-	-	-	-
30/07/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30/07/09	-	-	< 1	-	< 1	-	< 1	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1
27/01/10	1.344	< 1	8,55	18,0	1	< 0,02	6	29	3,66	27/01/10	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1
25/05/10	318	180,00	-	-	-	-	-	27	-	25/05/10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/07/10	155	28,00	2,00	92,0	3	0,15	6	26	29,10	20/07/10	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	-	< 1	< 1	< 1	< 1
26/01/11	387	60,00	9,46	12,0	1	0,03	6	29	3,48	26/01/11	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	-	< 1	< 1	< 1	< 1
12/07/11	665	15,00	8,92	53,0	< 1	< 0,02	7	28	6,59	12/07/11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26/07/11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26/07/11	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	-	< 1	< 1	< 1	< 1
10/01/12	147	250,00	2,37	56,0	1	0,21	7	29	8,51	10/01/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16/07/12	106	7,00	2,00	43,0	1	< 0,02	7	29	8,14	16/07/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21/01/13	239	55,00	1,46	5,0	2	< 0,02	7	28	4,10	21/01/13	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1
16/07/13	71	5,00	1,27	80,0	1	< 0,02	6	25	12,80	16/07/13	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1
21/01/14	40.823	47,00	4,55	10,0	< 1	0,08	6	25	2,96	21/01/14	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1
07/03/14	68.987	-	1,46	-	-	-	-	26	-	07/03/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor Médio	8.804	67,40	4,37	43,9	1	0,06	6	27,25	8,59	Valor Médio	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1
Valor Máximo	68.987	250,00	9,46	101,0	3	0,21	7	29,00	29,10	Valor Máximo	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1
Valor Máximo Permitido *	50.000 Cel/mL	1000 UFC/100mL	30 µg/L	75 mg Pt/L	5 mg/L O ₂	0,03 mg/L	5 mg/L O ₂		100 UNT	Valor Máximo Permitido	0,5 µg/L	0,005 µg/L	5 µg/L	0,04 µg/L	20 µg/L	0,004 µg/L	90 µg/L	0,02 µg/L	9 µg/L	2 µg/L	2 µg/L	10 µg/L	300 µg/L

* Valor Máximo Permitido, exceto para o Parâmetro OD (Oxigênio Dissolvido), o qual não deve ser inferior a 5 mg/L de O₂.

Fonte: Adaptado de Embasa, 2014. (EMBASA (dados) e Geohidro (elaboração))

Quadro 1.19 - Parâmetros de Qualidade da Água da Represa Joanes II (Continuação)

DATA	PARÂMETROS INORGÂNICOS														
	Al.Dis. (µg Aldis/L)	Pb (µg Pb/L)	Cloreto (mg Cl/L)	Cu.Dis. (µg Cudis/L)	Fe.Dis. (µg Fedis/L)	Fluoreto (mg F/L)	Mn (µg Mn/L)	Hg (µg Hg/L)	Nitrato (mg NO3-N/L)	Nitrito (mg NO2-N/L)	Amônia (mg NH3/L)	pH	Sulfato (mg SO4/L)	Zn (µg Zn/L)	
27/01/09	45,9	7,3	26,2	4,66	33,6	0,2	282,0	0,16	< 0,5	< 0,1	0,11	7,43	10,20	24,70	
30/06/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
29/07/09	990,0	8,1	14,7	9,64	1.050,0	0,2	53,3	0,14	< 0,5	< 0,1	0,15	6,72	10,40	107,00	
30/07/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
27/01/10	132,0	9,6	19,1	5,50	53,0	0,3	43,5	< 0,05	< 0,5	< 0,1	0,19	7,57	12,40	349,00	
25/05/10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20/07/10	1.410,0	6,7	15,4	11,10	659,0	0,3	81,3	0,17	0,68	< 0,1	-	6,49	11,10	4,49	
26/01/11	20,7	< 2	31,5	5,31	< 10	0,3	16,9	0,07	< 0,5	< 0,1	0,43	7,33	< 5	3,82	
12/07/11	-	-	10,3	-	-	0,3	-	-	< 0,5	< 0,1	0,19	6,74	6,80	-	
26/07/11	192,0	30,4	-	7,87	487,0	-	5,7	< 0,05	-	-	-	-	-	< 3	
10/01/12	-	-	13,6	-	-	0,3	-	-	0,51	< 0,1	< 0,1	7,32	7,54	-	
16/07/12	441,0	45,1	11,9	< 2	498,0	0,2	47,5	-	0,95	< 0,1	0,17	6,78	9,73	6,75	
21/01/13	45,9	15,5	20,5	4,81	32,4	0,4	32,0	< 0,05	< 0,5	< 0,1	0,28	7,47	7,92	4,83	
16/07/13	362,0	18,4	15,0	16,40	732,0	0,3	97,5	0,10	< 0,5	< 0,1	0,27	6,80	10,60	4,74	
21/01/14	-	-	20,2	-	75,2	0,3	23,5	0,10	< 0,5	< 0,1	0,21	7,57	8,03	5,51	
07/03/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Valor Médio	404,4	17,6	18,0	8,16	402,2	0,3	68,3	0,12	0,55	< 0,1	0,21	7,11	9,47	51,11	
Valor Máximo	1.410,0	45,1	31,5	16,40	1.050,0	0,4	282,0	0,17	0,95	< 0,1	0,43	7,57	12,40	349,00	
Valor Máximo Permitido	100 µg/L Al	10 µg/L Pb	250 mg/L Cl	9 µg/L Cu	300 µg/L Fe	1,4 mg/L F	100 µg/L Mn	0,2 µg/L Hg	10 mg/L N	1 mg/L N	3,7 mg/L N	6,0 ≤ pH ≤ 9,0	250 mg/L SO4	180 µg/L Zn	

Fonte: Adaptado de Embasa, 2014. (EMBASA (dados) e Geohidro (elaboração))

Quadro 1.20 - Parâmetros de Qualidade da Água da Represa Joanes I

DATA	PARÂMETROS ESPECÍFICOS									DATA	PARÂMETROS ORGÂNICOS												
	Contagem Cel/mL	C.TE. UFC/100mL	Clf"a" (µg/L)	Cor Real (mg Pt/L)	DBO ₅ (mg/L)	F.TOT (mg P/L)	OD (mg OD/L)	TEMP..AM °C	Turbidez (NTU)		ACL (µg/L)	A&D (µg/L)	BENZ (µg/L)	CLDN (µg/L)	CH ₂ Cl ₂ (µg/L)	END (µg/L)	ETBZ (µg/L)	LIND (µg/L)	PCLF (µg/L)	CCl ₄ (µg/L)	TOL (µg/L)	TRCLEE (µg/L)	XILS (µg/L)
28/03/12	174.359	-	43,86	-	-	0,15	6	25	-	28/03/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03/04/12	162.991	72,00	-	-	-	0,10	6	25	-	03/04/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/04/12	305.427	-	60,06	-	-	0,11	3	27	-	12/04/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/04/12	96.795	-	44,59	-	-	0,07	6	29	-	19/04/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03/05/12	137.949	69,00	45,86	-	-	0,04	4	30	-	03/05/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21/05/12	1.693	-	-	-	-	0,12	5	24	-	21/05/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14/06/12	628	-	9,65	-	-	0,10	3	27	-	14/06/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/06/12	6.091	7,00	-	-	-	0,04	6	26	-	20/06/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16/07/12	628	9,00	-	-	-	0,07	3	26	-	16/07/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23/08/12	159	12,00	-	-	-	0,04	4	23	-	23/08/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13/09/12	1.635	4,00	-	-	-	0,03	6	27	-	13/09/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/10/12	655	5,00	14,38	15,00	2	0,16	6	24	3,49	10/10/12	< 0,5	< 0,005	-	< 0,04	-	< 0,004	-	< 0,02	-	-	-	-	-
05/11/12	1.545	8,00	-	-	-	0,05	6	24	-	05/11/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06/12/12	670	62,00	-	-	-	0,18	7	24	-	06/12/12	-	-	< 1	-	< 1	-	< 1	-	-	< 1	< 1	< 1	< 1
22/01/13	141.026	18,00	-	-	-	0,18	-	23	-	22/01/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14/02/13	9.829	20,00	-	-	-	0,13	5	30	-	14/02/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21/03/13	52.778	56,00	-	-	-	0,03	7	30	-	21/03/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/04/13	160.043	-	6,73	-	-	-	-	25	-	19/04/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25/04/13	35.470	220,00	14,74	19,00	7	0,10	5	25	14,60	25/04/13	-	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1
03/05/13	64.957	-	8,37	-	-	-	-	27	-	03/05/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23/05/13	60.043	7,00	7,28	-	-	0,04	6	27	-	23/05/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27/05/13	10.727	-	1,82	-	-	-	-	25	-	27/05/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06/06/13	33.654	53,00	0,91	-	-	0,17	4	24	-	06/06/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27/06/13	150	-	1,46	-	-	-	-	25	-	27/06/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/07/13	371	-	1,27	-	-	-	-	26	-	10/07/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17/07/13	-	30,00	-	-	-	0,20	5	-	-	17/07/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08/08/13	550	37,00	-	-	-	-	3	-	-	08/08/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/09/13	203	27,00	-	-	-	0,10	3	24	-	12/09/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07/10/13	875	62,00	9,83	17,00	4	0,04	6	27	2,24	07/10/13	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1
07/11/13	354	9,00	-	-	-	0,06	7	30	-	07/11/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03/12/13	112.479	17,00	-	-	-	0,05	7	25	-	03/12/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/12/13	26.282	-	13,10	-	-	-	6	26	-	12/12/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/12/13	44.304	35,00	5,82	-	-	0,05	4	29	-	20/12/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13/01/14	84.810	-	25,12	-	-	-	-	30	-	13/01/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21/01/14	1.041.500	62,00	16,20	-	-	-	-	29	-	21/01/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04/02/14	833.200	320,00	41,86	-	-	0,06	8	29	-	04/02/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13/02/14	10.366.928	-	24,57	-	-	-	-	28	-	13/02/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25/02/14	3.102.067	-	44,59	-	-	-	-	29	-	25/02/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07/03/14	3.637.238	-	61,15	-	-	-	-	27	-	07/03/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17/03/14	1.406.826	46,00	47,32	-	-	-	-	29	-	17/03/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31/03/14	-	> 600	-	13,00	-	-	6	30	5,43	31/03/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor Médio	567.125	71,85	22,94	16,00	4	0,09	5	27	6,44	Valor Médio	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1
Valor Máximo	10.366.928	> 600	61,15	19,00	7	0,20	8	30	14,60	Valor Máximo	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1
Valor Máximo Permitido *	50.000 Cel/mL	1000 UFC/100mL	30 µg/L	75 mg Pt/L	5 mg/L O ₂	0,03 mg/L	5 mg/L O ₂		100 UNT	Valor Máximo Permitido	0,5 µg/L	0,005 µg/L	5 µg/L	0,04 µg/L	20 µg/L	0,004 µg/L	90 µg/L	0,02 µg/L	9 µg/L	2 µg/L	2 µg/L	10 µg/L	300 µg/L

* Valor Máximo Permitido, exceto para o Parâmetro OD (Oxigênio Dissolvido), o qual não deve ser inferior a 5 mg/L de O₂.

Fonte: Adaptado de Embasa, 2014. (EMBASA (dados) e Geohidro (elaboração))

Quadro 1.20 - Parâmetros de Qualidade da Água da Represa Joanes I (Continuação)

DATA	PARÂMETROS INORGÂNICOS													
	Al.Dis. (µg Aldis/L)	Pb (µg Pb/L)	Cloreto (mg Cl/L)	Cu.Dis. (µg Cudis/L)	Fe.Dis. (µg Fedis/L)	Fluoreto (mg F/L)	Mn (µg Mn/L)	Hg (µg Hg/L)	Nitrato (mg NO ₃ -N/L)	Nitrito (mg NO ₂ -N/L)	Amônia (mg NH ₃ /L)	pH	Sulfato (mg SO ₄ /L)	Zn (µg Zn/L)
28/03/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03/04/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/04/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/04/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03/05/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21/05/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14/06/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/06/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16/07/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23/08/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13/09/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/10/12	280,00	21,90	28,30	< 2	50,90	0,30	32,50	< 0,05	< 0,5	< 0,1	0,52	6,98	8,02	< 3
05/11/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06/12/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/01/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14/02/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21/03/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/04/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25/04/13	16,90	111,00	25,60	< 2	84,50	0,20	80,00	< 0,05	< 0,5	< 0,1	0,49	8,02	5,61	19,20
03/05/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23/05/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27/05/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06/06/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27/06/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/07/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17/07/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08/08/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/09/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07/10/13	53,90	78,30	21,40	2,35	122,00	0,20	45,70	0,09	< 0,5	< 0,1	0,45	7,02	7,49	< 3
07/11/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03/12/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/12/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/12/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13/01/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21/01/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04/02/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13/02/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25/02/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07/03/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17/03/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31/03/14	-	-	-	-	-	0,20	-	-	-	-	0,47	6,81	-	-
Valor Médio	116,93	70,40	25,10	2,05	85,80	0,23	52,73	0,09	< 0,5	< 0,1	0,48	7,21	7,04	8,33
Valor Máximo	280,00	111,00	28,30	2,35	122,00	0,30	80,00	0,09	< 0,5	< 0,1	0,52	8,02	8,02	19,20
Valor Máximo Permitido	100 µg/L Al	10 µg/L Pb	250 mg/L Cl	9 µg/L Cu	300 µg/L Fe	1,4 mg/L F	100 µg/L Mn	0,2 µg/L Hg	10 mg/L N	1 mg/L N	3,7 mg/L N	6,0 ≤ pH ≤ 9,0	250 mg/L SO4	180 µg/L Zn

Fonte: Adaptado de Embasa, 2014. (EMBASA (dados) e Geohidro (elaboração))

Quadro 1.21 - Parâmetros de Qualidade da Água da Represa Santa Helena

DATA	PARÂMETROS ESPECÍFICOS								
	Contagem Cel/mL	C.TE. UFC/100mL	Clf"a" (µg/L)	Cor Real (mg Pt/L)	DBO ₅ (mg/L)	F.TOT (mg P/L)	OD (mg OD/L)	TEMP..AM °C	Turbidez (NTU)
26/03/12	67.094	-	14,74	-	-	-	-	24,00	-
12/04/12	41.197	-	19,84	-	-	-	-	28,00	-
18/04/12	71.496	-	20,57	-	-	-	-	25,00	-
23/04/12	-	126,0	28,21	-	-	-	-	26,00	-
02/05/12	70.684	-	22,02	-	-	-	-	26,00	-
10/05/12	-	51,0	19,66	-	-	-	-	26,00	-
22/05/12	32.051	-	17,84	-	-	-	-	24,00	-
12/06/12	833	-	14,38	-	-	-	-	25,00	-
20/06/12	76.496	-	40,95	-	-	-	-	26,00	-
10/07/12	68.590	-	38,95	-	-	-	-	25,00	-
19/07/12	-	29,0	27,48	29,00	3	0,03	7	26,00	3,49
30/07/12	28.889	-	25,30	-	-	-	-	24,00	-
13/08/12	88.248	62,0	39,68	-	-	-	-	26,00	-
28/08/12	41.709	-	27,30	-	-	-	-	26,00	-
19/09/12	33.120	5,0	15,29	-	-	-	-	26,00	-
25/09/12	187.265	-	27,12	-	-	-	-	25,00	-
01/10/12	146.154	-	8,92	-	-	-	-	26,00	-
29/10/12	557	-	7,46	-	-	-	-	25,00	-
06/11/12	809	-	2,73	-	-	-	-	25,00	-
14/11/12	4.060	-	-	-	-	-	-	24,00	-
19/11/12	698	42,0	1,27	-	-	-	-	25,00	-
27/11/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05/12/12	31.624	45,0	7,46	-	-	-	-	24,00	-
21/12/12	292	-	3,46	-	-	-	-	25	-
02/01/13	508	-	2,55	-	-	-	-	26	-
23/01/13	17.949	31,0	-	-	-	-	-	29	-
15/02/13	21.197	-	3,46	-	-	-	-	26	-
20/02/13	3.807	-	3,46	-	-	-	-	24	-
04/03/13	17.778	-	2,00	-	-	-	-	31	-
26/03/13	72.949	-	6,19	-	-	-	-	26	-
18/04/13	15.128	58,0	4,19	15,00	3	0,01	6	25	6,55
23/04/13	26.068	-	7,64	-	-	-	-	24	-
13/05/13	66.026	-	6,55	-	-	-	-	24	-
27/05/13	15.256	-	2,18	-	-	-	-	26	-
12/06/13	52.564	-	2,55	-	-	-	-	27	-
26/06/13	25.641	-	2,55	-	-	-	-	24	-
04/07/13	2.136	-	-	-	-	-	-	26	-
15/07/13	888	-	1,27	-	-	-	-	25	-
05/08/13	1.856	53,0	-	-	-	-	-	26	-
17/09/13	53.205	46,0	-	-	-	-	-	25	-
26/09/13	19.231	-	16,56	-	-	-	-	24	-
10/10/13	13.462	-	-	-	-	-	-	25	-
17/10/13	21.581	< 1	32,03	14,00	1	0,12	9	24	5,58
22/10/13	23.974	-	20,93	-	-	-	-	24	-
06/11/13	35.256	90,0	28,21	-	-	-	-	24	-
13/11/13	19.017	-	16,74	-	-	-	-	24	-
09/12/13	16.880	-	15,11	-	-	-	-	29	-
16/12/13	1.544.624	-	23,84	-	-	-	-	25	-
13/01/14	1.041.500	-	8,19	-	-	-	-	26	-
22/01/14	99.241	-	6,55	-	-	-	-	26	-
05/02/14	1.262.618	37,0	10,37	14,00	4	0,02	7	29,5	2,84
18/02/14	801.154	-	7,10	-	-	-	-	28	-
26/02/14	72.278	-	10,19	-	-	-	-	26	-
10/03/14	705.015	-	22,39	-	-	-	-	24	-
26/03/14	17.722	-	8,55	-	-	-	-	26	-
Valor Médio	138.792	51,9	14,62	18,00	3	0,05	7	25,56	4,62
Valor Máximo	1.544.624	126,0	40,95	29,00	4	0,12	9	31,00	6,55
Valor Máximo Permitido *	50.000 Cel/mL	1000 UFC/100mL	30 µg/L	75 mg Pt/L	5 mg/L O ₂	0,03 mg/L	5 mg/L O ₂		100 UNT

DATA	PARÂMETROS ORGÂNICOS													
	ACL (µg/L)	A&D (µg/L)	BENZ (µg/L)	CLDN (µg/L)	CH ₂ Cl ₂ (µg/L)	END (µg/L)	ETBZ (µg/L)	LIND (µg/L)	PCLF (µg/L)	CCl ₄ (µg/L)	TOL (µg/L)	TRCLEE (µg/L)	XILS (µg/L)	
26/03/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12/04/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
18/04/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
23/04/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02/05/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10/05/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
22/05/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12/06/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20/06/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10/07/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
19/07/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
30/07/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13/08/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
28/08/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
19/09/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
25/09/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
01/10/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
29/10/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
06/11/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
14/11/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
19/11/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
27/11/12	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1	
05/12/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
21/12/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02/01/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
23/01/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15/02/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20/02/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
04/03/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
26/03/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
18/04/13	-	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1	
23/04/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13/05/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
27/05/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12/06/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
26/06/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
04/07/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15/07/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
05/08/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
17/09/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
26/09/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10/10/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
17/10/13	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1	
22/10/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
06/11/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13/11/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
09/12/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
16/12/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13/01/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
22/01/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
05/02/14	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1	
18/02/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
26/02/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10/03/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
26/03/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Valor Médio	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1	
Valor Máximo	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1	
Valor Máximo Permitido	0,5 µg/L	0,005 µg/L	5 µg/L	0,04 µg/L	20 µg/L	0,004 µg/L	90 µg/L	0,02 µg/L	9 µg/L	2 µg/L	2 µg/L	10 µg/L	300 µg/L	

* Valor Máximo Permitido, exceto para o Parâmetro OD (Oxigênio Dissolvido), o qual não deve ser inferior a 5 mg/L de O₂.

Fonte: Adaptado de Embasa, 2014. (EMBASA (dados) e Geohidro (elaboração))

Quadro 1.21 - Parâmetros de Qualidade da Água da Represa Santa Helena (Continuação)

DATA	PARÂMETROS INORGÂNICOS													
	Al.Dis. (µg Aldis/L)	Pb (µg Pb/L)	Cloreto (mg Cl/L)	Cu.Dis. (µg Cudis/L)	Fe.Dis. (µg Fedis/L)	Fluoreto (mg F/L)	Mn (µg Mn/L)	Hg (µg Hg/L)	Nitrato (mg NO ₃ -N/L)	Nitrito (mg NO ₂ -N/L)	Amônia (mg NH ₃ /L)	pH	Sulfato (mg SO ₄ /L)	Zn (µg Zn/L)
26/03/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/04/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18/04/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23/04/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02/05/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/05/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/05/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/06/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/06/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/07/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/07/12	50,90	65,20	12,60	< 2	84,20	0,20	20,30	-	0,85	< 0,1	0,10	6,82	8,52	36,50
30/07/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13/08/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28/08/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/09/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25/09/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
01/10/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29/10/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06/11/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14/11/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/11/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27/11/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05/12/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21/12/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02/01/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23/01/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15/02/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/02/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04/03/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26/03/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18/04/13	90,40	34,70	25,90	< 2	141,00	0,20	30,10	< 0,05	< 0,5	< 0,1	0,41	7,27	< 5	35,20
23/04/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13/05/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27/05/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/06/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26/06/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04/07/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15/07/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05/08/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17/09/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26/09/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/10/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17/10/13	288,00	85,80	19,00	< 2	256,00	0,20	18,80	0,09	< 0,5	< 0,1	-	7,59	6,64	69,20
22/10/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06/11/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,17	-	-	-
13/11/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09/12/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16/12/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13/01/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/01/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05/02/14	-	-	24,40	-	-	0,10	-	0,18	< 0,5	< 0,1	< 0,1	6,78	< 5	-
18/02/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26/02/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/03/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26/03/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor Médio	143,10	61,90	20,48	< 2	160,40	0,18	23,07	0,11	0,85	< 0,1	0,19	7,11	6,04	46,97
Valor Máximo	288,00	85,80	25,90	< 2	256,00	0,20	30,10	0,18	0,85	< 0,1	0,41	7,59	8,52	69,20
Valor Máximo Permitido	100 µg/L Al	10 µg/L Pb	250 mg/L Cl	9 µg/L Cu	300 µg/L Fe	1,4 mg/L F	100 µg/L Mn	0,2 µg/L Hg	10 mg/L N	1 mg/L N	3,7 mg/L N	6,0 ≤ pH ≤ 9,0	250 mg/L SO ₄	180 µg/L Zn

Fonte: Adaptado de Embasa, 2014. (EMBASA (dados) e Geohidro (elaboração))

Quadro 1.22 - Parâmetros de Qualidade da Água da Represa Pedra do Cavalo

DATA	PARÂMETROS ESPECÍFICOS								
	Contagem Cel/mL	C.TE. UFC/100mL	Clf"a" (µg/L)	Cor Real (mg Pt/L)	DBO ₅ (mg/L)	F.TOT (mg P/L)	OD (mg OD/L)	TEMP..AM °C	Turbidez (NTU)
28/03/12	73.291	-	22,20	-	-	-	-	24,00	-
03/04/12	196.047	-	30,39	-	-	-	-	30,00	-
16/04/12	122.650	10,00	21,66	32,00	5	0,07	8	27,00	11,00
25/04/12	80.128	-	23,84	-	-	-	-	30,00	-
14/05/12	85.470	-	29,12	-	-	-	-	30,00	-
28/05/12	492	-	10,19	-	-	-	-	26,00	-
04/06/12	796	-	12,56	-	-	-	-	28,00	-
26/06/12	66.880	7,00	23,11	-	-	-	-	25,00	-
05/07/12	54.701	-	4,19	-	-	-	-	25,00	-
18/07/12	37.179	8,00	7,64	-	-	-	-	22,00	-
06/08/12	36.325	-	16,38	-	-	-	-	28,00	-
13/08/12	131.624	4,00	11,10	20,00	1	0,08	7	27,00	3,31
29/08/12	162.179	-	15,29	-	-	-	-	24,00	-
20/09/12	23.077	-	-	-	-	-	-	-	-
24/09/12	51.496	-	45,14	-	-	-	-	-	-
04/10/12	30.769	-	-	-	-	-	-	23,00	-
29/10/12	78.632	-	102,10	-	-	-	-	26,00	-
12/11/12	17.521	108,00	3,28	-	-	-	-	25,00	-
19/11/12	86.752	-	21,48	-	-	-	-	-	-
03/12/12	17.949	37,00	6,55	-	-	-	-	25,00	-
26/12/12	65.385	-	3,46	-	-	-	-	29,00	-
08/01/13	39.316	-	3,64	-	-	-	-	26,00	-
14/01/13	63.675	31,00	2,37	-	-	-	-	24,00	-
23/01/13	22.650	-	8,55	-	-	-	-	29,00	-
14/02/13	24.359	-	4,91	-	-	-	-	24,00	-
28/02/13	60.256	-	1,46	-	-	-	-	24,00	-
11/03/13	44.658	52,00	0,18	-	-	-	-	24,00	-
25/03/13	84.615	-	1,46	-	-	-	-	29,00	-
01/04/13	93.077	-	4,19	-	-	-	-	25,00	-
22/04/13	19.872	-	0,73	-	-	-	-	24,00	-
06/05/13	56.624	-	0,55	-	-	-	-	25,00	-
09/05/13	17.735	270,00	2,73	14,00	-	0,03	6	29,00	4,55
06/06/13	54.462	-	2,37	-	-	-	-	25,00	-
26/06/13	15.385	-	4,91	-	-	-	-	26,00	-
08/07/13	25.641	-	0,73	-	2	-	-	27,00	-
22/07/13	39.744	-	2,18	-	-	-	-	25,00	-
06/08/13	24.359	-	2,91	-	2	-	-	28,00	-
27/08/13	47.009	3,00	2,73	16,00	2	0,07	8	24,00	4,71
30/08/13	52.991	-	-	-	-	-	-	26,00	-
02/09/13	43.269	-	3,28	-	-	-	-	26,00	-
24/09/13	32.906	-	18,38	-	-	-	-	27,00	-
14/10/13	94.316	-	33,31	-	-	-	-	24,00	-
22/10/13	35.363	-	15,83	-	-	-	-	26,00	-
05/11/13	35.256	-	13,65	-	-	-	-	25,00	-
25/11/13	82.265	-	30,94	-	-	-	-	30,00	-
03/12/13	67.949	13,00	26,21	-	-	-	-	27,00	-
26/12/13	1.249.800	-	8,55	-	-	-	-	24,00	-
02/01/14	1.698.446	-	10,37	-	-	-	-	27,00	-
06/01/14	656.946	-	12,92	-	-	-	-	25,00	-
04/02/14	464.669	-	9,28	-	-	-	-	29,00	-
17/02/14	1.169.684	-	14,20	-	-	-	-	24,00	-
26/02/14	394.168	-	17,11	-	-	-	-	29,00	-
10/03/14	1.217.754	-	14,01	-	-	-	-	25,00	-
24/03/14	737.061	-	18,75	-	-	-	-	28,00	-
31/03/14	-	270,00	-	-	-	-	-	24,00	-
Valor Médio	188.623	67,75	13,79	20,50	2	0,06	7	26,12	5,89
Valor Máximo	1.698.446	270,00	102,10	32,00	5	0,08	8	30,00	11,00
Valor Máximo Permitido *	50.000 Cel/mL	1000 UFC/100mL	30 µg/L	75 mg Pt/L	5 mg/L O ₂	0,03 mg/L	5 mg/L O ₂		100 UNT

DATA	PARÂMETROS ORGÂNICOS													
	ACL (µg/L)	A&D (µg/L)	BENZ (µg/L)	CLDN (µg/L)	CH ₂ Cl ₂ (µg/L)	END (µg/L)	ETBZ (µg/L)	LIND (µg/L)	PCLF (µg/L)	CCl ₄ (µg/L)	TOL (µg/L)	TRCLEE (µg/L)	XILS (µg/L)	
28/03/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
03/04/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
16/04/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
25/04/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
14/05/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
28/05/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
04/06/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
26/06/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
05/07/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
18/07/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
06/08/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13/08/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
29/08/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20/09/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
24/09/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
04/10/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
29/10/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12/11/12	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	-	< 1	< 1	< 1	< 1	
19/11/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
03/12/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
26/12/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
08/01/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
14/01/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
23/01/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
14/02/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
28/02/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11/03/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
25/03/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
01/04/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
22/04/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
06/05/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
09/05/13	< 0,5	< 0,005	-	< 0,04	-	< 0,004	-	< 0,02	< 9	-	-	-	-	
06/06/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
26/06/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
08/07/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
22/07/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
06/08/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
27/08/13	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1	
30/08/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02/09/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
24/09/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
14/10/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
22/10/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
05/11/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
25/11/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
03/12/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
26/12/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02/01/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
06/01/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
04/02/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
17/02/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
26/02/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10/03/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
24/03/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
31/03/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Valor Médio	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1	
Valor Máximo	< 0,5	< 0,005	< 1	< 0,04	< 1	< 0,004	< 1	< 0,02	< 9	< 1	< 1	< 1	< 1	
Valor Máximo Permitido	0,5 µg/L	0,005 µg/L	5 µg/L	0,04 µg/L	20 µg/L	0,004 µg/L	90 µg/L	0,02 µg/L	9 µg/L	2 µg/L	2,0 µg/L	10 µg/L	300 µg/L	

* Valor Máximo Permitido, exceto para o Parâmetro OD (Oxigênio Dissolvido), o qual não deve ser inferior a 5 mg/L de O₂.

Fonte: Adaptado de Embasa, 2014. (EMBASA (dados) e Geohidro (elaboração))

Quadro 1.22 - Parâmetros de Qualidade da Água da Represa Pedra do Cavalo (Continuação)

DATA	PARÂMETROS INORGÂNICOS													
	Al.Dis. (µg Aldis/L)	Pb (µg Pb/L)	Cloreto (mg Cl/L)	Cu.Dis. (µg Cudis/L)	Fe.Dis. (µg Fedis/L)	Fluoreto (mg F/L)	Mn (µg Mn/L)	Hg (µg Hg/L)	Nitrato (mg NO ₃ -N/L)	Nitrato (mg NO ₃ -N/L)	Nitrato (mg NO ₃ -N/L)	pH	Sulfato (mg SO ₄ /L)	Zn (µg Zn/L)
28/03/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03/04/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16/04/12	-	24,10	60,40	-	-	0,10	4,47	-	< 0,5	< 0,1	0,31	8,66	5,95	< 3
25/04/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14/05/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28/05/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04/06/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26/06/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05/07/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18/07/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06/08/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13/08/12	42,00	7,60	82,20	< 2	< 10	0,20	5,81	< 0,05	< 0,5	< 0,1	< 0,1	7,22	8,44	61,80
29/08/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/09/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24/09/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04/10/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29/10/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/11/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/11/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03/12/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26/12/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08/01/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14/01/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23/01/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14/02/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28/02/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11/03/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25/03/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
01/04/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/04/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06/05/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09/05/13	22,70	5,90	73,00	< 2	25,60	0,10	70,10	< 0,05	< 0,5	< 0,1	< 0,1	7,72	5,70	112,00
06/06/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26/06/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08/07/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/07/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06/08/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27/08/13	54,30	41,10	68,40	< 2	20,70	0,10	19,70	0,07	< 0,5	< 0,1	0,23	8,28	6,36	71,80
30/08/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02/09/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24/09/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14/10/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/10/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05/11/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25/11/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03/12/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26/12/13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02/01/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06/01/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04/02/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17/02/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26/02/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/03/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24/03/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31/03/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor Médio	39,67	19,68	71,00	< 2	18,60	0,13	25,02	0,05	< 0,5	< 0,1	0,61	7,97	6,61	62,14
Valor Máximo	54,30	41,10	82,20	< 2	25,60	0,20	70,10	0,07	< 0,5	< 0,1	0,31	8,66	8,44	112,00
Valor Máximo Permitido	100 µg/L Al	10 µg/L Pb	250 mg/L Cl	9 µg/L Cu	300 µg/L Fe	1,4 mg/L F	100 µg/L Mn	0,2 µg/L Hg	10 mg/L N	1 mg/L N	2 mg/L N	6,0 ≤ pH ≤ 9,0	250 mg/L SO ₄	180 µg/L Zn

Fonte: Adaptado de Embasa, 2014. (EMBASA (dados) e Geohidro (elaboração))

Quadro 1.23 - Quadro Síntese de Avaliação da Qualidade da Água

PARÂMETROS ESPECÍFICOS		Limite Conama	Ipitanga III - Represa			Ipitanga II - Represa			Ipitanga I - Represa			Joanes II (JO II - 8)			Joanes II - Represa			Joanes I - Represa			Santa Helena - Captação			Pedra do Cavalo - Captação		
			Nº de Análises		Valor Médio	Nº de Análises		Valor Médio	Nº de Análises		Valor Médio	Nº de Análises		Valor Médio	Nº de Análises		Valor Médio	Nº de Análises		Valor Médio	Nº de Análises		Valor Médio	Nº de Análises		Valor Médio
			Total	Desconf.		Total	Desconf.		Total	Desconf.		Total	Desconf.		Total	Desconf.		Total	Desconf.		Total	Desconf.		Total	Desconf.	
Contagem Cel/mL	Densidade de Cianobactérias	50.000 Cel/mL	11	6	133.737	28	8	86.701	26	5	168.631	35	6	28.859	13	1	8.804	39	18	567.125	51	19	138.792	54	31	188.623
C.T.E. (UFC/100mL)	Coliformes Termotolerantes	1000 UFC/100mL	10	-	296,60	25	-	15,52	26	-	119,35	27	-	24,32	12	-	67,40	26	-	71,85	14	-	51,92	12	-	67,75
Clf "a" (µg/L)	Teor de Clorofila "a"	30 µg/L	10	8	54,82	7	-	5,67	5	-	6,48	14	-	4,02	11	-	4,37	24	8	22,94	48	4	14,62	51	5	13,79
Cor Real (mg Pt/L)	Cor Real	75 mg Pt/L	10	1	22,70	4	-	8,25	5	-	7,00	5	1	38,80	11	3	43,91	4	-	16,00	4	-	18,00	4	-	20,50
DBO5 (mg/L)	DBO de 5 dias	5 mg/L O ₂	10	6	9	5	-	3	5	-	2	5	-	2	11	-	1	3	1	4	4	-	3	5	-	2
F.TOT (mg P/L)	Fósforo Total	0,03 mg/L	11	8	0,14	23	6	0,03	25	9	0,03	5	4	0,09	11	4	0,06	27	25	0,09	4	1	0,05	4	3	0,06
OD (mg OD/L)	Oxigênio Dissolvido	5 mg/L O ₂	11	5	5	23	2	6	25	6	6	5	-	6	11	-	6	29	9	5	4	-	7	4	-	7
TEMP..AM °C	Temperatura da Amostra		12	-	26,52	28	-	26,54	26	-	26,57	36		26,61	12		27,25			26,67	54	-	25,56	52	-	26,12
Turbidez (NTU)	Turbidez	100 UNT	10	-	21,17	4	-	5,22	5	-	2,19	5		7,68	11	-	8,59	4	-	6,44	4	-	4,62	4	-	5,89
PARÂMETROS INORGÂNICOS		Limite Conama	Ipitanga III - Represa			Ipitanga II - Represa			Ipitanga I - Represa			Joanes II (JO II - 8)			Joanes II - Represa			Joanes I - Represa			Santa Helena - Captação			Pedra do Cavalo - Captação		
			Nº de Análises		Valor Médio	Nº de Análises		Valor Médio	Nº de Análises		Valor Médio	Nº de Análises		Valor Médio	Nº de Análises		Valor Médio	Nº de Análises		Valor Médio	Nº de Análises		Valor Médio	Nº de Análises		Valor Médio
			Total	Desconf.		Total	Desconf.		Total	Desconf.		Total	Desconf.		Total	Desconf.		Total	Desconf.		Total	Desconf.		Total	Desconf.	
Al.Dis. (µg Aldis/L)	Alumínio Dissolvido	100 µg/L Al	8	1	54,19	3	1	145,33	3	-	33,47	3	3	274,00	9	6	404,39	3	1	116,93	3	1	143,10	3	-	39,67
Pb (µg Pb/L)	Chumbo Total	10 µg/L Pb	11	7	63,22	4	4	106,28	3	3	20,43	3	3	20,43	9	4	17,64	3	3	70,40	3	3	61,90	4	2	19,68
Cloreto (mg Cl/L)	Cloreto Total	250 mg/L Cl	11	-	38,04	4	-	34,45	5	-	45,48	5	-	18,30	11	-	18,04	3	-	25,10	4	-	20,48	4	-	71,00
Cu.Dis. (µg Cudis/L)	Cobre Dissolvido	9 µg/L Cu	8	-	< 2	3	-	< 2	3	-	2,74	3	1	6,55	9	3	8,16	3	-	2,05	3	-	< 2	3	-	< 2
Fe.Dis. (µg Fedis/L)	Ferro Dissolvido	300 µg/L Fe	8	-	48,75	3	-	39,70	3	-	15,37	4	2	411,58	10	5	402,24	3	-	85,80	3	-	160,40	3	-	18,60
Fluoreto (mg F/L)	Fluoreto Total	1,4 mg/L F	8	-	0,15	4	-	0,23	5	-	0,20	5	-	0,38	11	-	0,28	4	-	0,23	4	-	0,18	4	-	0,13
Mn (µg Mn/L)	Manganês Total	100 µg/L Mn	9	4	87,21	4	-	19,34	4	-	24,88	4	1	84,95	10	1	68,32	3	-	52,73	3	-	23,07	4	-	25,02
Hg (µg Hg/L)	Mercúrio Total	0,2 µg/L Hg	8	-	0,03	3	-	0,06	4	-	0,10	3	-	0,08	9	-	0,12	3	-	0,09	3	-	0,11	3	-	0,05
Nitrato (mg NO ₃ -N/L)	Nitrato	10 mg/L N	10	-	0,53	5	-	< 0,5	5	-	0,28	5	-	0,59	11	-	0,55	3	-	< 0,5	4	-	0,85	4	-	< 0,5
Nitrito (mg NO ₂ -N/L)	Nitrito	1 mg/L N	10	-	< 0,1	5	-	< 0,1	5	-	< 0,1	5	-	< 0,1	11	-	< 0,1	3	-	< 0,1	4	-	< 0,1	4	-	< 0,1
Amônia (mg NH ₃ /L)	Nitrogênio Amoniacal	Depende do pH	8	1	0,69	5	-	0,27	5	-	0,23	5	-	0,47	10	-	0,21	4	-	0,48	4	-	0,19	4	-	0,61
pH	pH	6,0 ≤ pH ≤ 9,0	10	1	7,80	4	-	7,52	5	-	7,78	5	-	7,11	11	-	7,11	4	-	7,21	4	-	7,11	4	-	7,97
Sulfato (mg SO ₄ /L)	Sulfato Total	250 mg/L SO ₄	10	-	6,01	4	-	18,76	5	-	10,93	5	-	9,14	11	-	9,47	3	-	7,04	4	-	6,04	4	-	6,61
Zn (µg Zn/L)	Zinco Total	180 µg/L Zn	9	1	52,55	4	1	95,43	4	-	26,37	4	-	42,80	10	1	51,11	3	-	8,33	3	-	46,97	4	-	62,14
PARÂMETROS ORGÂNICOS		Limite Conama	Ipitanga III - Represa			Ipitanga II - Represa			Ipitanga I - Represa			Joanes II (JO II - 8)			Joanes II - Represa			Joanes I - Represa			Santa Helena - Captação			Pedra do Cavalo - Captação		
			Nº de Análises		Valor Médio	Nº de Análises		Valor Médio	Nº de Análises		Valor Médio	Nº de Análises		Valor Médio	Nº de Análises		Valor Médio	Nº de Análises		Valor Médio	Nº de Análises		Valor Médio	Nº de Análises		Valor Médio
			Total	Desconf.		Total	Desconf.		Total	Desconf.		Total	Desconf.		Total	Desconf.		Total	Desconf.		Total	Desconf.		Total	Desconf.	
ACL (µg/L)	Acilamida	0,5 µg/L	5	-	< 0,5	3	-	< 0,5	4	-	< 0,5	4	-	< 0,5	7	-	< 0,5	2	-	< 0,5	3	-	< 0,5	3	-	< 0,5
A&D (µg/L)	Aldrin e Dieldrin	0,005 µg/L	6	-	< 0,005	3	-	< 0,005	4	-	< 0,005	4	-	< 0,005	9	-	< 0,005	3	-	< 0,005	4	-	< 0,005	3	-	< 0,005
BENZ (µg/L)	Benzeno	5 µg/L	6	-	< 1	3	-	< 1	4	-	< 1	4	-	< 1	9	-	< 1	3	-	< 1	4	-	< 1	2	-	< 1
CLDN (µg/L)	Clordano	0,04 µg/L	6	-	< 0,04	3	-	< 0,04	4	-	< 0,04	4	-	< 0,04	9	-	< 0,04	3	-	< 0,04	4	-	< 0,04	3	-	< 0,04
CH ₂ Cl ₂ (µg/L)	Diclorometano	20 µg/L	6	-	< 1	3	-	< 1	4	-	< 1	4	-	< 1	9	-	< 1	3	-	< 1	4	-	< 1	2	-	< 1
END (µg/L)	Endrin	0,004 µg/L	6	-	< 0,004	3	-	< 0,004	4	-	< 0,004	4	-	< 0,004	9	-	< 0,004	3	-	< 0,004	4	-	< 0,004	3	-	< 0,004
ETBZ (µg /L)	Etilbenzeno	90 µg/L	6	-	< 1	3	-	< 1	4	-	< 1	4	-	< 1	9	-	< 1	3	-	< 1	4	-	< 1	2	-	< 1
LIND (µg/L)	Lindano	0,02 µg/L	6	-	< 0,02	3	-	< 0,02	4	-	< 0,02	4	-	< 0,02	9	-	< 0,02	3	-	< 0,02	4	-	< 0,02	3	-	< 0,02
PCLF (µg/L)	Pentaclorofenol	9 µg/L	4	-	< 9	2	-	< 9	3	-	< 9	4	-	< 9	4	-	< 9	2	-	< 9	4	-	< 9	2	-	< 9
CCl ₄ (µg/L)	Tetracloreto de Carbono	2 µg/L	6	-	< 1	3	-	< 1	4	-	< 1	4	-	< 1	9	-	< 1	3	-	< 1	4	-	< 1	2	-	< 1
TOL (µg/L)	Tolueno	2 µg/L	6	-	< 1	3	-	< 1	4	-	< 1	4	-	< 1	9	-	< 1	3	-	< 1	4	-	< 1	2	-	< 1
TRCLEE (µg/L)	Tricloroeteno	10 µg/L	6	-	< 1	3	-	< 1	4	-	< 1	4	-	< 1	9	-	< 1	3	-	< 1	4	-	< 1	2	-	< 1
XILS (µg/L)	Xilenos Totais	300 µg/L	6	-	< 1	3	-	< 1	4	-	< 1	4	-	< 1	9	-	< 1	3	-	< 1	4	-	< 1	2	-	< 1

Fonte: Adaptado de Embasa, 2014. (EMBASA (dados) e Geohidro (elaboração))

1.5. AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DOS MANANCIAIS DO SIAA DE SALVADOR E SIAA DO RECÔNCAVO

As informações apresentadas a seguir baseiam-se nos estudos hidrológicos constantes do **Apêndice 2** do presente relatório.

Os reservatórios das barragens de Santa Helena, Pedra do Cavalo, Joanes I e II e Ipitanga I e II são os responsáveis pelo abastecimento da maior parcela da população da RMS, incluindo a capital do Estado e diversos municípios situados no seu entorno. A **Figura 1. 23** mostra a localização desses reservatórios.

As respectivas barragens foram implantadas progressivamente em períodos distintos, ao longo de muitos anos, e a capacidade de atendimento (vazão regularizada) de cada um deles foi avaliada por meio de estudos realizados à época de sua implantação e, em alguns casos, por outros trabalhos posteriores. No **Quadro 1.24** apresentado a seguir estão indicadas as expectativas de vazões regularizadas nesses reservatórios, de acordo com duas fontes de informações reconhecidamente importantes no contexto dos estudos: i) Revisão do Balanço Hídrico do Plano de Recursos Hídricos do Estado da Bahia, elaborada pelo INEMA em colaboração com o IICA (2012); e ii) Plano Diretor de Abastecimento de Água da RMS, PDAA/98 (EMBASA, 1998). É possível observar que os valores são quase sempre distintos.

Quadro 1.24 - Expectativa de vazões regularizadas nos mananciais da RMS em estudos existentes

RESERVATÓRIO	RIO BARRADO	CONSTRUÇÃO ***	EXPECTATIVA DE VAZÃO REGULARIZADA (m³/s)	
			IICA / INEMA *	PDAA/98 **
Pedra do Cavalo	Paraguaçu	1982	75,50	-
Santa Helena	Jacuípe	1981	10,00	8,80
Joanes I	Joanes	1955	1,24	1,20
Joanes II	Joanes	1971	2,40	3,80
Ipitanga I	Ipitanga	1935	0,30	-
Ipitanga II	Ipitanga	1971	0,29	-

Fontes: vide Apêndice 2.

* Revisão do Balanço Hídrico do Plano Estadual de Recursos Hídricos – IICA / INEMA (2012)

** Plano Diretor de Abastecimento de Água da RMS – PDAA/98 (EMBASA, 1998)

*** Ações Públicas da Bahia – CEI / SEPLANTEC (1985)

As bacias hidrográficas e os processos hidrológicos que nelas ocorrem possuem um caráter bastante dinâmico, respondendo às oscilações naturais dos indicadores meteorológicos e às alterações resultantes das atividades antrópicas. Neste contexto, a definição da vazão segura para atendimento às demandas deve se constituir em um processo permanente de avaliação, capaz de observar a evolução do sistema na produção das reservas hídricas e identificar cenários de restrição de oferta que se apresentam ao longo do tempo, os quais devem ser considerados para aperfeiçoamento do gerenciamento do sistema.

As avaliações hidrológicas desenvolvidas neste estudo (PARMS, 2014) tiveram como objetivo avaliar, no tempo presente, as vazões que podem ser consideradas como referência para o atendimento das demandas, levando em conta novos contornos experimentados nas respectivas bacias.

A condição desejada para a montagem de cenários para este tipo de análise é que ela se apoiasse numa base sólida de dados medidos nos cursos de água que alimentam os referidos reservatórios, além de outras informações regulares acerca do próprio reservatório, tais como o nível da água, vazões liberadas para jusante, vazões retiradas, com frequência de coleta pelo menos diária e ao longo de um extenso período.

Infelizmente, essas informações não estão disponíveis, ou mesmo não existem. Para compensar essa lacuna foram estabelecidos procedimentos diversos sobre a limitada base de dados existentes, com o intuito de alimentar o balanço de massas nos reservatórios. Esses procedimentos estão descritos no texto completo

dos Estudos Hidrológicos, apresentado no **Apêndice 2** do presente relatório. A partir das hipóteses estabelecidas foi possível chegar a valores atuais de referência, que constituem as capacidades de atendimento revisadas desses reservatórios a serem consideradas no balanço entre demandas de abastecimento e disponibilidades dos mananciais, tendo em vista à montagem de estratégias para enfrentamento dos problemas que devem ser esperados ao longo do tempo.

A primeira estimativa da vazão de referência para atendimento das demandas correspondeu à vazão regularizada pelo reservatório com 100% de permanência. Este valor foi obtido numa hipótese puramente teórica de não liberação de vazão para jusante. Da mesma forma foram estabelecidos os valores das vazões regularizadas com 95% e 90% de permanência.

A Instrução Normativa Nº 01, de 27 de fevereiro de 2007, que dispõe sobre a emissão de outorga de direito de uso dos recursos hídricos de domínio do Estado da Bahia, estabelece que, em barramentos implantados em mananciais perenes, a máxima vazão resultante das outorgas para diversos fins deve ser igual a 80% (oitenta por cento) das vazões regularizadas com 90% (noventa por cento) de garantia. Estabelece ainda que nos casos de abastecimento humano, tal limite poderá atingir até 95%.

Estabelecida a vazão regularizada para cada reservatório e considerando que o uso prioritário destes mananciais é o abastecimento humano, foram definidas as vazões de liberação à jusante sob duas hipóteses:

- Em condições normais do regime de vazões, corresponde a 20% da vazão regularizada com 90% de permanência; e
- Em condições de escassez de oferta, considerada igual a 5% da vazão regularizada com 90% de garantia.

Identificados estes indicadores globais de disponibilidade foram também consideradas questões específicas relacionadas ao uso da água relativas a cada uma das bacias onde estão inseridos os reservatórios de tal maneira a estabelecer referenciais significativos que levam em conta outros usos que possam concorrer com o abastecimento humano, e com isto avaliar como considerar estas questões para o desenvolvimento de estratégias deste plano.

A seguir são destacados elementos do estudo realizado, por reservatório, que sintetizam os principais indicadores e referenciais hidrológicos a eles relacionados. Cabe destacar que detalhes dos procedimentos metodológicos aqui referidos estão descritos no **Apêndice 2** do presente relatório onde se apresentam os Estudos Hidrológicos.

1.5.1. Reservatório de Santa Helena

Analisando-se os dados disponíveis referentes a este reservatório, foi observado que as informações que relacionam altura do nível de água com volume armazenado e área da superfície líquida exposta variam segundo a fonte de informação e ainda apresentam certa inconsistência entre valores estimados. A definição das curvas Cota x Área e Cota x Volume empregadas neste estudo (PARMS, 2014) foram obtidas a partir de procedimentos clássicos considerando os valores das áreas do espelho d'água estimadas pelas curvas de nível encontradas em levantamentos topográficos da área.

Para a alimentação do reservatório em período mais atual foi gerada uma série de valores de médias mensais de vazão a partir de dados disponíveis no mesmo rio Jacuípe em Mata de São João, em estação situada à montante do reservatório. As vazões médias mensais foram obtidas a partir de equações de regressão selecionadas por melhor ajuste para cada mês do ano entre os dados medidos nesta mesma estação e a de Emboacica que operou em local muito próximo da barragem de Santa Helena, servindo de base aos estudos de implantação desse barramento. Com a construção dessa obra, a estação deixou de operar. A série de vazões utilizadas para representar as condições atuais corresponde ao período de 1986 a 2005, o mais recente disponível para a estação que serviu de base para a geração de dados.

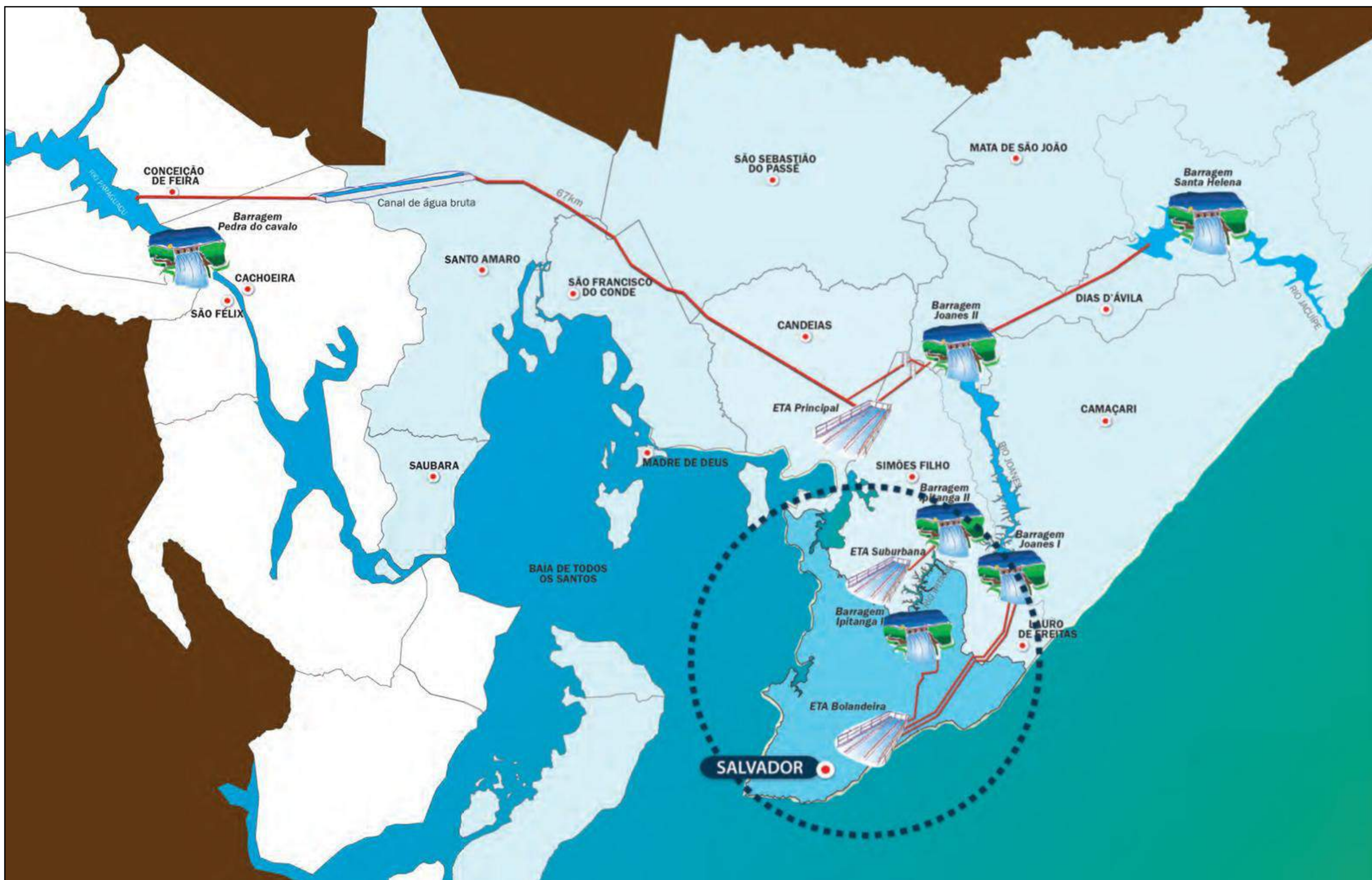


Figura 1. 23 - Mananciais do SIAA de Salvador e SIAA do Recôncavo

Fonte: EMBASA, 2013

Atualmente a captação de água neste reservatório se faz até a cota 17,0 m aproveitando uma quantidade limitada das reservas estocadas. Existe uma alternativa de exploração deste manancial que proporcionaria a exploração do reservatório até a cota 10,0 m. Por conta disto, as simulações efetuadas consideraram estas duas hipóteses de exploração.

Os valores de volume correspondentes aos níveis operacionais, de interesse para a definição do potencial hidrológico do reservatório da barragem de Santa Helena, são os estabelecidos neste estudo (PARMS, 2014) após análise dos dados disponíveis nas diversas fontes consultadas, indicados no **Quadro 1.25** a seguir.

Quadro 1.25 - Volumes correspondentes aos níveis operacionais dos reservatórios

RESERVATÓRIO	RIO BARRADO	COTAS OPERACIONAIS (m)		VOLUMES (m³)			% DO VOLUME TOTAL	
		MÁXIMA	MÍNIMA	TOTAL	ÚTIL	MORTO	UTIL	MORTO
Santa Helena	Jacuípe	20,0	17,0 m	222.633.857	84.072.319	138.561.537	37,8	62,2
		20,0	10,0 m	222.633.857	193.175.007	29.458.850	86,8	13,2

Fonte: Geohidro, 2014 (vide Apêndice 2)

Efetuada as simulações, foram obtidos os valores de vazão global regularizada (incluindo os diversos usos e liberação para jusante) indicados no **Quadro 1.26**, para cada nível de permanência analisado.

Quadro 1.26 - Vazões regularizadas em Santa Helena para cenários mais recentes

RESERVATÓRIO	NÍVEL MÍNIMO OPERACIONAL	VAZÃO REGULARIZADA (m³/s)			VAZÃO À JUSANTE (m³/s)	
		100% PERM	95% PERM	90% PERM	NORMAL	ESCASSEZ
Santa Helena	17,0 m	4,045	5,642	6,640	1,992*	0,498*
	10,0 m	6,596	8,358	9,960		

* Valores calculados para a cota 10,00 m, admitida como a capacidade de regularização do reservatório. (vide Apêndice 2)

A título de comparação, são apresentados no **Quadro 1.27** a seguir os valores da vazão regularizada com 100% de permanência para o nível operacional na cota 17,0 m estimados neste estudo (PARMS, 2014), nos *Estudos de Definição do Reaproveitamento do Potencial Hídrico do Rio Jacuípe*, realizado em 1996 para fins de reconstrução da barragem, e no Plano Diretor de Abastecimento de Água da RMS - PDAA/98 (EMBASA, 1998).

Quadro 1.27 - Vazão regularizada com 100% de permanência em Santa Helena estimada em estudos distintos

ESTUDO	VAZÃO REGULARIZADA (100% DE PERMANÊNCIA) NÍVEL OPERACIONAL NA COTA 17,0 M
PARMS (2014) – neste estudo	4,045 m³/s
Estudos de Definição do Reaproveitamento do Potencial Hídrico do Rio Jacuípe (1996)	6,532 m³/s
Plano Diretor de Abastecimento de Água da RMS (1998)	7,900 m³/s

Fontes: referidas na coluna ESTUDO (vide Apêndice 2)

Conforme analisado nos estudos hidrológicos (**Apêndice 2**), a principal causa da diferença de resultados está na sequência de anos críticos que foram considerados na simulação. Para o período simulado nos estudos deste Plano (1986 a 2005) a vazão média foi de 13,14 m³/s e a sequência crítica de anos consecutivos que definiu a situação extrema de atendimento foi a seguinte:

Ano:	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Vazão Média Anual (m³/s):	11,034	8,713	7,391	4,447	10,452	5,765

Nos dados anteriores é possível verificar que o ano mais crítico (1993) se apresenta após uma sequência de quatro anos em que as médias anuais caíram sucessivamente e atingiram valores nunca antes observados. É natural que sob estas circunstâncias, a capacidade de atendimento do reservatório caia de forma significativa.

Cabe destacar que os valores das vazões regularizadas estimadas são globais. Objetivando uma visão mais completa da capacidade do reservatório, também foi criado um cenário de funcionamento do reservatório com as seguintes características específicas para a situação de Santa Helena:

- Foi deduzida, das vazões afluentes ao reservatório, a soma das demandas para irrigação e dessedentação animal (0,140 m³/s), estimadas na Revisão do Balanço Hídrico do Plano Estadual de Recursos Hídricos, para a unidade de balanço onde se encontra o reservatório;
- Foi separado da vazão de atendimento ao abastecimento humano, o valor da vazão de restituição a ser liberada para jusante;
- A vazão liberada para jusante foi considerada igual a 20% da vazão regularizada com 90% de permanência, nos meses em que o nível de água do reservatório se encontrava acima da cota que limita a condição de escassez (18,5 m quando o mínimo operacional for 17,0m e 15,0 m, quando o mínimo operacional for 10,0 m) e igual a 5% do mesmo referencial, quando inferior a este mesmo nível; ainda para o nível de água no reservatório abaixo do nível que identifica escassez, o atendimento para o abastecimento humano seria reduzido para 80% do valor utilizado em condições normais.

Sob estas condições o balanço efetuado resultou no comportamento indicado no **Quadro 1.28**, para cada situação relativa ao nível operacional, sendo que em todos os casos foi liberada vazão à jusante e atendida a demanda para abastecimento humano 100% do tempo, dentro dos critérios estabelecidos.

Quadro 1.28 - Resultados da simulação para o cenário estabelecido

RESERVATÓRIO	NÍVEL OPERACIONAL (m)		TEMPO DO NÍVEL DE ESCASSEZ		VAZÃO DE ABASTECIMENTO HUMANO (m³/s)		VAZÃO DE LIBERAÇÃO PARA JUSANTE (m³/s)	
	MÍNIMO (NM)	DE ESCASSEZ (NE)	% ACIMA	% ABAIXO	ACIMA DO NE	ABAIXO DO NE	ACIMA DO NE	ABAIXO DO NE
Santa Helena	17,0	18,5	90,4	9,6	3,256	2,605	1,992	0,498
	10,0	15,0	86,7	13,3	5,829	4,663		

(vide Apêndice 2)

Uma comparação interessante pode ser feita entre os resultados obtidos nas simulações anteriores, onde as retiradas não se modificam em função do nível do reservatório (**Quadro 1.26**), e neste último cenário (**Quadro 1.28**), onde esta alternativa operacional é considerada. Na primeira situação, as vazões com 100% de permanência são de 4,045 m³/s e 6,596 m³/s para os níveis operacionais mínimos de 17,0 m e 10,0 m, respectivamente. Com a alteração do critério operacional que estabelece vazões diferentes, tanto para o abastecimento quanto liberada a jusante em função do nível do reservatório, a soma da vazão de abastecimento com a de jusante (5,248 m³/s e 7,821 m³/s), para os dois níveis mínimos operacionais, supera os referenciais anteriormente citados. Isto é possível uma vez que, atingido o nível de escassez, a soma dos valores retirados (3,103 m³/s e 5,161 m³/s) considerando os dois níveis mínimos operacionais é inferior aos que são praticados no outro critério.

Esta comparação mostra que os valores obtidos como vazão global regularizada com 100%, 95% e 90% de permanência são referenciais que devem ser considerados no planejamento do sistema, mas devem ser considerados como um ponto de partida para o planejamento operacional. Regras de manejo dos reservatórios, que levem em conta critérios de liberação em função do nível de água armazenado, unidas à gestão da demanda devem proporcionar a otimização operacional do sistema.

1.5.2. Reservatório de Pedra do Cavalo

O reservatório de Pedra do Cavalo, no rio Paraguaçu, é o maior do Estado sob sua gestão. O **Quadro 1.29** apresentado a seguir destaca algumas informações significativas para a definição da capacidade de regularização deste reservatório.

Quadro 1.29 - Volumes disponíveis para regularização e vazões em Pedra do Cavalo

RESERVATÓRIO	RIO BARRADO	NÍVEIS OPERACIONAIS (m)		VOLUMES (m³)			% DO VOLUME TOTAL	
		MÁXIMO NORMAL	MÍNIMOS	TOTAL	ÚTIL	MORTO	ÚTIL	MORTO
Pedra do Cavalo	Paraguaçu	120,00	110,00 (NS1)	4.631.708.840	1.399.687.535	3.232.021.305	30,2	69,8
		120,00	109,00 (NS2)	4.631.708.840	1.519.470.554	3.112.238.286	32,8	67,2
		120,00	108,00 (NS3)	4.631.708.840	1.635.857.217	2.995.851.623	35,3	64,7
		120,00	106,00 (Min.)	4.631.708.840	1.858.705.526	2.773.003.314	40,1	59,9
		120,00	96,50 (CAT)	4.631.708.840	2.754.233.427	1.877.457.413	59,5	40,5

Fonte: Geohidro (2014) (vide Apêndice 2).

Os volumes do quadro anterior foram estimados segundo a curva Cota x Volume utilizada no estudo original da barragem, correspondente à situação em início de operação, e os níveis operacionais mínimos referem-se a vários critérios. Os níveis NS1, NS2 e NS3 são os níveis de segurança para garantia dos sistemas de abastecimento de água operados pela EMBASA. Segundo solicitação da EMBASA, a meta é que o NS1, correspondente à cota 110,00 m, nunca seja atingido. Isto representa que o volume morto associado a esta cota é cerca de 70% do volume total do reservatório, considerando o nível máximo normal, na cota 120,00 m.

Se for considerada a cota das estruturas de alimentação das turbinas (CAT), o volume morto cai para cerca de 40% do volume total. Se a operação se der com o mínimo operacional na cota 106,0 m, correspondente ao nível mínimo operacional das comportas, o volume morto corresponde a cerca de 60% do volume total. A cota 96,5 m é cerca de seis metros acima da geratriz superior da tomada de água para a alimentação das turbinas. Nesta cota, o volume morto é cerca de 40% do volume total, valor este superior ao do volume de acumulação total de quase todas as barragens existentes no estado.

Estes indicadores sugerem que o aproveitamento deste reservatório seja reavaliado em face de maior utilização de suas reservas que, do ponto de vista estritamente volumétrico são subaproveitados.

Mais dois fatos se agregam para proporcionar maior complexidade gerencial das águas deste reservatório: usos já implantados com interesses conflitantes e demandas na região semiárida da bacia que devem exercer pressão sobre o uso das reservas existentes.

Tradicionalmente os usos de reservatórios artificiais para controle de cheias, abastecimento humano e geração de energia potencializam conflitos de interesse. No caso particular de Pedra do Cavalo, o histórico da exploração evidencia que as cotas de implantação das estruturas de captação para o abastecimento humano foram escolhidas a partir de objetivos exclusivamente setoriais, agregando complexidade ao problema.

A extensa região da bacia, à montante de Pedra do Cavalo, com sérias dificuldades de produção hídrica tanto superficial quanto subterrânea não possui fonte mais segura de abastecimento do que as reservas existentes neste reservatório, constituindo-se numa demanda reprimida buscando solução segura. Fora isto, a bacia possui um conjunto de reservatórios implantados que não podem ser geridos a partir de uma visão pontual e sim de forma integrada.

O Plano de Bacia do Paraguaçu se encontra em construção e com certeza estas questões serão abordadas e decisões devem ser tomadas no sentido de otimizar o uso das reservas existentes e isto deverá demandar ajustes do quadro atual ao longo do tempo.

A expectativa de vazão regularizada pelo reservatório é algo da ordem de 69 m³/s, segundo estimativas realizadas na época do projeto, e para tanto o nível mínimo operacional adotado parece ter sido o da cota 106,00 m.

O quadro atual não conta com esta possibilidade de manejo das reservas, pelo menos é o que indicam as restrições de nível solicitadas pela EMBASA. Além do mais, existe uma tendência de redução da capacidade de armazenamento decorrente da deposição de materiais transportados de montante para o lago. Também os aspectos relativos ao clima proporcionaram a observação de um cenário bastante restritivo das vazões que alimentaram o reservatório no ano de 2012 e alguns que o antecederam. Sob estas novas condições de vazão e futuras tendências da capacidade de armazenamento, este estudo (PARMS, 2014) reduz a vazão segura com 100% de permanência para valores da ordem 47 m³/s se o mínimo operacional for 106,00 m.

Estes fatos fazem crer que grandes pressões devem ocorrer para se manter o atendimento de 21 m³/s para a RMS, mantendo-se os níveis mínimos operacionais praticados hoje em dia. Grandes esforços interinstitucionais e ações efetivas de gerenciamento na bacia são de vital importância para a ordenação do sistema que envolve Pedra do Cavalo.

Mais uma vez é interessante assinalar que estes valores de vazão regularizada têm um caráter global e devem ser tomados como um referencial, mas critérios operacionais bem estruturados podem mostrar condições de uso mais próximas de uma situação mais concreta. Um cenário foi avaliado considerando as seguintes características:

- O nível operacional entre as cotas 106,00 m e 120,00 m;
- Vazão aduzida para abastecimento humano garantida 100% do tempo igual a 27,00 m³/s (o que daria para atender o previsto para RMS e outras cidades);
- Vazão ambiental liberada para jusante igual a 10,0 m³/s, enquanto o nível do reservatório fosse superior à cota 108,00 m e igual a 6,0 m³/s entre as cotas 106,00 m e 108,00 m, garantida 100% do tempo;
- Vazão para geração de energia abaixo da cota 110,00 m igual à vazão liberada para jusante (10,0 m³/s ou 6,0 m³/s a depender no nível da água).

Com este critério operacional e sob as condições de vazão de 1980 a 2013 e com curvas Cota x Área e Cota x Volume previstas para um horizonte de 20 anos (cerca de 50 anos de operação), foi estimada a vazão capaz de ser retirada para geração (além da vazão liberada para jusante) para o reservatório com água acima da cota 110,0 m. O valor encontrado foi de 13,4 m³/s retirada 24 horas por dia. O volume correspondente a este valor poderia ser operado por vazão maior com menor duração para atender a melhores desempenhos da turbina, desde que não provocassem danos ambientais para jusante. Da mesma forma, o critério operacional acima descrito não foi avaliado quanto às suas consequências ambientais para jusante, algo que deve ser avaliado. O exercício foi realizado tentando apresentar uma alternativa operacional para o complexo Pedra do Cavalo, capaz de operar dentro dos limites estabelecidos pelas vazões de referência estabelecidas.

1.5.3. Reservatórios do Joanes

Particularmente no que se refere aos reservatórios implantados sobre o rio Joanes, existe um estudo recente elaborado pela Fundação Escola Politécnica (FEP) para a EMBASA e a SEDUR, intitulado Projeto de Revitalização e Gestão Ambiental dos Mananciais do Sistema Joanes/Ipitanga. No Relatório de Estudos

Hidrológicos, parte integrante desse estudo publicado em 2013 (SEDUR, 2013), são apresentadas avaliações referentes à capacidade de regularização dos reservatórios de Joanes I e Joanes II.

Nesse relatório são apresentadas novas estimativas para as relações entre cota e volume nos dois reservatórios. Para Joanes I foi realizado levantamento batimétrico e para Joanes II foram recalculados os volumes em função de incoerências observadas nas informações prestadas pela EMBASA, segundo os autores. Como consequência das avaliações efetuadas são apontados valores um tanto distintos daqueles que são informados pelos operadores e disponibilizados ao INEMA pela EMBASA. O **Quadro 1.30** apresenta alguns indicadores relativos às duas fontes e que são destacados em função da análise que hora se faz.

Quadro 1.30 - Indicadores relativos aos reservatórios de Joanes I e de Joanes II

INDICADOR	SEDUR (2013)		EMBASA / INEMA (2014)	
	JOANES I	JOANES II	JOANES I	JOANES II
Nível máximo operacional (m)	16,0	30,3	16,0	30,5
Nível mínimo operacional (m)	14,5	24,9	14,5	24,9
Volume total (no NA máximo) (hm³)	13,628	108,470	18,883	137,500
Volume morto (hm³)	6,989	34,938	10,200	42,700
Volume útil (hm³)	6,640	73,532	8,683*	94,800*

*Nota: Valores obtidos pela diferença entre volume máximo e volume morto

Fonte: SEDUR (2013) (vide Apêndice 2)

As vazões do rio Joanes foram estimadas a partir dos dados medidos no rio Jacuípe em Mata de São João, sendo considerado que as semelhanças físicas existentes entre as bacias do Joanes e do Jacuípe permitem considerar a produção de escoamento semelhante em ambas as bacias contribuintes (SEDUR, 2013). Desta forma, as vazões produzidas na bacia de contribuição do Joanes foram estimadas por proporção de área entre a bacia considerada (Joanes I ou Joanes II) e a área de contribuição do Jacuípe em Mata de São João.

A hipótese de semelhança física de fato acontece entre a área central e baixa do Jacuípe e a bacia do Joanes. As contribuições pluviométricas na bacia do Joanes devem ser maiores que a média pluviométrica na bacia do Jacuípe em Mata de São João em razão dos trechos mais à montante dessa bacia estarem inseridos em área de menor pluviosidade por serem mais afastadas do litoral. Assumir a hipótese de produção semelhante entre as duas bacias tende a ser uma hipótese que vai a favor da segurança, não devendo superestimar esta produção. Na falta de informações que proporcionem alternativas outras para esta estimativa, este caminho se apresenta como recomendável. No trabalho desenvolvido pela FEP (SEDUR, 2013) foram tentadas outras estratégias para estimar as vazões na bacia do Joanes e para todas elas os resultados obtidos foram considerados inadequados.

Os valores de vazão média mensal para o período de 1956 a 2010, obtidos a partir de tal critério para as bacias que alimentam Joanes I e Joanes II, estão apresentados no **Quadro 1.31**.

Quadro 1.31 - Vazões média mensais (m³/s) na bacia do Joanes estimadas pela FEP

BACIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA ANUAL
Joanes I	3,552	3,472	5,672	8,948	18,111	17,207	14,376	7,793	5,544	4,395	5,788	5,540	8,366
Joanes II	2,323	2,271	3,710	5,853	11,846	11,255	9,403	5,097	3,627	2,875	3,786	3,623	5,472

Fonte: SEDUR (2013) (vide Apêndice 2)

Com estes dados das vazões estimadas para o período e as estimativas de relação entre cota, área e volume estabelecidas naquele estudo foi estimada a vazão máxima regularizada em Joanes I e Joanes II com 100% de permanência chegando-se aos valores de 0,600 m³/s e 1,820 m³/s, respectivamente. Cabe assinalar que a vazão para Joanes I foi obtida a partir da hipótese de operação com 100% de garantia do valor de 1,820 m³/s

em Joanes II, fluindo para Joanes I apenas os volumes extravasados em Joanes II e as vazões relativas à área da bacia incremental (existente à jusante de Joanes II) com contribuição direta para Joanes I.

O **Quadro 1.32** evidencia a comparação entre os valores a que chegou o estudo da FEP (SEDUR, 2013) e os que são tradicionalmente atribuídos a estes dois reservatórios.

Quadro 1.32 - Comparação das estimativas de vazão regularizada em Joanes I e Joanes II

RESERVATÓRIO	VAZÕES REGULARIZADAS COM 100% DE PERMANÊNCIA (m³/s)		
	IICA/INEMA*	PDAA/98**	Estudo da FEP***
Joanes I	1,240	1,200	0,600
Joanes II	2,399	3,800	1,820

Fonte:* Revisão do Balanço Hídrico do Plano Estadual de Recursos Hídricos – IICA / INEMA (2012); ** PDAA (1998); *** SEDUR (2013) (vide Apêndice 2)

O estudo da FEP (SEDUR, 2013) analisa a operação dos dois reservatórios sob outros critérios operacionais. O que aqui está apresentado diz respeito ao cenário 3 daquele estudo, estabelecido com o intuito de avaliar a capacidade máxima de regularização de cada um dos dois reservatórios e, para tanto, foi considerado que nenhuma vazão seria obrigatoriamente lançada à jusante. Isto implica que, caso seja atendida a regulamentação do INEMA (Instrução Normativa Nº 01 já referida), a vazão disponível para abastecimento corresponde à capacidade de regularização do reservatório descontada da vazão a ser restituída para jusante da barragem.

1.5.4. Reservatórios de Ipitanga

No que se refere aos reservatórios existentes no rio Ipitanga, o presente estudo utilizou o mesmo princípio daquele empregado pela FEP (SEDUR, 2013) para a estimativa de vazões nas bacias de contribuição de Ipitanga I e Ipitanga II. O rio Ipitanga é afluente do Joanes e as condições físicas das bacias de contribuição destes dois reservatórios e os implantados diretamente no Joanes são semelhantes nas suas características físicas originais. Os valores médios a que se chegou para as bacias de contribuição de Ipitanga I e Ipitanga II são as que se apresentam no **Quadro 1.33** a seguir.

Quadro 1.33 - Vazões médias estimadas para as bacias de Ipitanga I e Ipitanga II

BACIA	VAZÕES (m³/s)												MÉDIAS ANUAIS
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Ipitanga I	0,131	0,097	0,112	0,245	0,412	0,545	0,497	0,313	0,218	0,157	0,177	0,232	0,261
Ipitanga II	0,163	0,120	0,140	0,305	0,513	0,679	0,619	0,390	0,272	0,196	0,220	0,289	0,326

Fonte: PARMS, 2014 (vide Apêndice 2)

As curvas Cota x Volume foram estimadas a partir dos dados de área correspondentes às curvas de nível informadas pela EMBASA. O **Quadro 1.34** apresenta alguns indicadores relativos aos reservatórios de Ipitanga I e Ipitanga II.

Quadro 1.34 - Parâmetros Indicadores dos reservatórios de Ipitanga I e Ipitanga II

INDICADOR	EMBASA / INEMA	
	IPITANGA I	IPITANGA II
Nível máximo operacional (m)	29,3	60,50
Nível mínimo Operacional (m)	23,0	48,43
Volume Total (no NA máximo) (hm³)	6,144	4,600
Volume morto (hm³)	1,670	0,021
Volume útil (hm³)	4,474	4,579

Fonte: EMBASA / INEMA, 2014 (vide Apêndice 2)

Simulado o balanço hídrico dos dois reservatórios foi possível estimar a vazão regularizada em cada um deles. Da mesma forma que nos reservatórios do Joanes, o aporte para Ipitanga I foi obtido a partir do extravasado de Ipitanga II adicionado às contribuições da bacia incremental entre os dois reservatórios. Os valores obtidos e aqueles tradicionalmente esperados para os dois reservatórios estão no **Quadro 1.35**.

Quadro 1.35 - Comparação das estimativas de vazão regularizada em Ipitanga I e Ipitanga II

Reservatório	Vazões regularizadas com 100% de permanência (m³/s)		
	IICA/INEMA*	EMBASA**	PARMS***
Ipitanga I	0,300	0,500	0,127
Ipitanga II	0,290	0,400	0,272

Fonte:* Revisão do Balanço Hídrico do Plano Estadual de Recursos Hídricos – IICA / INEMA (2012); ** EMBASA; *** Estimadas neste estudo (PARMS, 2014) (vide Apêndice 2)

A falta de informações medidas nas bacias de contribuição desses reservatórios tem reflexo sobre os resultados encontrados, mas mesmo com as limitações decorrentes deste fato é possível que o processo de alteração do uso do solo esteja impactando na capacidade de armazenamento desses reservatórios, assim como reduzindo as vazões em períodos de estiagem, ampliando as diferenças entre demandas e disponibilidades, e com isto, alterando o balanço de massas que define a relação entre reservas armazenadas e vazão regularizada.

A urbanização crescente na bacia do Ipitanga potencializa a demanda por agregar aos reservatórios nele implantados o uso para controle de cheias, oportunizando conflitos operacionais entre este uso e o abastecimento humano.

1.5.5. Disponibilidade Hídrica dos Reservatórios

A partir das hipóteses estabelecidas foi possível chegar a valores atuais de referência, conforme o **Quadro 1.36**, que constituem as capacidades de atendimento revisadas desses reservatórios, a serem consideradas no balanço entre demandas de abastecimento e disponibilidades dos mananciais, tendo em vista à montagem de estratégias para enfrentamento dos problemas que devem ser esperados ao longo do período de alcance do Plano.

Quadro 1.36 - Síntese da disponibilidade hídrica dos reservatórios analisados

RESERVA- TÓRIO	NÍVEL MÍNIMO OPERA- CIONAL	VAZÕES (m³/s)							
		REGULARIZADAS COM PERMANÊNCIA DE:			DE RESTITUIÇÃO A JUSANTE DA BARRAGEM, EM REGIME:		DISPONÍVEIS PARA ABASTECIMENTO DA RMS, COM PERMANÊNCIA DE:		
		100%	95%	90%	NORMAL	DE ESCASSEZ	100%	95%	90%
Santa Helena	17,00 m	4,05	5,64	6,64	1,99	0,50	2,05	3,65	4,65
	10,00 m	6,60	8,36	9,96			4,60	6,37	7,97
Pedra do Cavalo	110,00 m	37,72	49,03	57,44	10,00*	-	21,00*	21,00*	21,00*
	108,00 m	41,33	52,54	60,07					
	106,00 m	47,15	59,97	67,17					
Joanes I	14,50 m	0,60**	0,84***	1,04***	0,21***	0,05***	0,39	0,63	0,83
Joanes II	24,90 m	1,82**	2,54***	3,15***	0,63***	0,16***	1,19	1,91	2,52
Ipitanga I	23,00 m	0,13	0,18	0,22	0,04	0,01	0,08	0,13	0,18
Ipitanga II	48,43 m	0,27	0,38	0,47	0,09	0,02	0,18	0,28	0,38

Fontes: Estimadas neste estudo (PARMS, 2014); * Valores definidos em estudos do projeto da barragem Pedra do Cavalo; ** Valores do estudo elaborado pela FEP (SEDUR, 2013); *** Valores estimados por critério de proporcionalidade entre dados encontrados para os reservatórios Ipitanga I e II, sujeitos às mesmas características climáticas dos reservatórios Joanes I e II. (vide Apêndice 2)

1.6. CAPTAÇÕES DO SIAA DE SALVADOR E SIAA DO RECÔNCAVO

1.6.1. Captação na Represa de Pedra do Cavalo

A captação utilizada para o SIAA de Salvador na represa de Pedra do Cavalo é feita na própria Estação Elevatória do sistema adutor de água bruta, situada à margem da represa, coordenadas UTM 500.430 E; 8.613.600 S.

A captação / estação elevatória compreende uma ampla edificação, com altura equivalente a um edifício de 10 pavimentos, onde situam-se as bases dos conjuntos motor-bomba, e os correspondentes barriletes de sucção e de recalque, que se conectam, em nível superior, com as adutoras (linhas de recalque) que constituem o primeiro trecho do sistema adutor de água bruta.

O local da captação situa-se no município de Conceição de Feira, a uma distância da ordem de 5.000 m em relação à barragem, considerada em linha reta, e abrange uma área com topografia acidentada, o que constituiu uma condição favorável à sua implantação devido às expressivas variações do nível de água na represa. Em vários pontos no entorno do local a rocha gnáissica são apresentadas na superfície do terreno. A uma certa distância, em terreno menos acidentado, encontra-se a subestação abaixadora de tensão que atende as necessidades de energia elétrica da elevatória de água bruta. A vista aérea da captação/Estação Elevatória do SIAA de Salvador em Pedra do Cavalo pode ser observada na **Figura 1. 24**.



Figura 1. 24 - Vista Aérea da Captação / Estação Elevatória do SIAA de Salvador em Pedra do Cavalo

Fonte: Jornal Grande Bahia . Com . Br (foto: Carlos Augusto)

A captação foi prevista para uma variação do nível de água entre as cotas 105,00 m (N.A. mínimo) e 124,17 m (N.A. máximo), correspondente a uma depleção de 19,17 m, que justifica a expressiva altura da Estação Elevatória. A cota 120,0m é a máxima operacional (em operação regular esta cota não deverá ser ultrapassada, mediante controle das comportas), mantendo-se disponível o volume entre as cotas 120,0 m e 124,0 m (máxima maximorum) para controle de cheias, evitando-se inundações à jusante da barragem nas cidades de Cachoeira e São Félix.

O N.A. mínimo (cota 105,00 m) foi definido considerando o volume útil requerido na represa para o fim de regularização da vazão destinada ao abastecimento público de água. A cota de N.A. máximo (124,17 m) condiz com a necessidade de se contar com um determinado volume útil na represa, sempre disponível, para o controle de inundações a jusante da barragem.

A captação e estação elevatória foram construídas à margem de um córrego, afluente do Rio do Saco, contribuinte do Rio Paraguaçu – corpos hídricos parcialmente inundados com a formação da represa. A estrutura da Captação / Estação Elevatória é de concreto armado. O lado da estrutura que tem interface com a massa de água da represa é que constitui a captação da represa de Pedra do Cavalo propriamente dita pelo fato de dispor dos elementos construtivos que permitem a chegada de água na sucção das bombas centrífugas. Nesse lado, e ao longo dele, desenvolve-se o sistema de tomada de água da represa, denominado de “Ala de Tomada”, constituído de dez aberturas em formato de “Sinos”, com soleiras na cota 100,99 m, protegidas por grades de barras, com espaço livre de 7,05 cm entre barras.

Depois das grades de barras situam-se as ranhuras, guarnecidas por guias, destinadas ao recebimento dos stop-logs, para o bloqueio do acesso de água quando necessário. Os “Sinos” de acesso da água estão diretamente conectados às linhas de sucção, as quais são constituídas de válvula borboleta, junta de montagem e redução de acoplamento com a abertura de sucção de cada bomba centrífuga.

Em cota superior à “Ala de Tomada”, encontra-se uma ponte rolante com capacidade operacional de 3,0 t, para manuseio e movimentação de grades, stop-logs e válvulas borboleta de sucção. O deslocamento da ponte rolante ocorre sobre trilhos sustentados por vigas apoiadas nos balanços (consoles) dos pilares situados na “Ala de Tomada”, simetricamente no sentido longitudinal.

A estação elevatória, situada na margem esquerda da represa de Pedra do Cavalo, é do tipo poço seco com espaço interno disponível para abrigar 10 conjuntos motobombas de 5.000HP, dos quais 4 unidades foram instaladas na 1ª etapa de implantação. Suas características estão apresentadas no **Quadro 1.37**.

O nível d'água no reservatório Pedra do Cavalo varia entre o mínimo operacional de 105,00m e o máximo maximorum de 124,00 m.

Os ramais de descarga das bombas se entroncam em três barriletes situados em um piso na cota 121,40 m, sendo um barrilete para cada etapa, os quais são conectados às adutoras de recalque que recalcam a água para a chaminé de equilíbrio.

Quadro 1.37 - Características das Bombas da Captação de Pedra do Cavalo

DISCRIMINAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Bomba:	
Marca	EBARA (3 bombas + 1 reserva)
Modelo	900 x 600 V.D.M.
Vazão	9.100 m³/h
Pressão	121,5 m
Motor:	
Fabricante	BBC (AAB)
Modelo	QWV 900 AB 8
Potência	3730 kW
Tensão	13.200 Volts
Rotação (rpm)	887
Proteção	54
Fator de potência	0,9

Fonte: EMBASA, 2014

Para a condição de N.A. médio na sucção, as bombas têm condições de recalcar, com uma única adutora, as seguintes vazões, conforme **Quadro 1.38**:

Quadro 1.38 - Vazões Recalcadas pela Estação de Pedra do Cavalo

NÚMERO DE BOMBAS	VAZÃO (m³/s)	
	TOTAL	POR BOMBA
1	2,83	2,83
2	5,20	2,60
3	7,20	2,40
4	8,90	2,22

Fonte: EMBASA, 2014



Figura 1. 25 - Vista Superior da Casa de Bombas da Captação do Sistema Adutor Pedra do Cavalo

O suprimento de energia para a Estação Elevatória é efetuado através de uma Subestação Abaixadora, a qual opera com tensões de 230 kV/13,8 kV e com potência máxima de 70 MVA.

A interligação entre a Estação Elevatória e a chaminé de equilíbrio é feita por Adutora em aço carbono com diâmetros em série de 1.800 mm (38 m) e 2.300 mm (392 m) perfazendo uma extensão total de 440 m, vencendo um desnível de 70 m.

A chaminé de equilíbrio tem forma cilíndrica, com 12,50 m de diâmetro e 24 m de altura, apoiado sobre uma estrutura de 16,00 m de altura, que dá abrigo a um barrilete de manobra com tubulação de 2.300 mm. A chaminé de equilíbrio opera com níveis entre as cotas 224,00 m e 235,00 m.

A elevatória atualmente não funciona durante o período de pico de demanda de energia, entre 18 e 21 horas, a fim de reduzir o acréscimo de custo das tarifas de energia elétrica cobradas pela COELBA neste período. Durante esse intervalo o canal funciona como reservatório de compensação, o que se torna possível devido ao aumento de suas dimensões no trecho final que antecede o início da adutora por gravidade, possibilitando um armazenamento de 97.000 m³, que garante o funcionamento da adutora por gravidade durante 3,85 horas durante o intervalo de parada das bombas.

Até o último trimestre do ano de 2005 a operação da EEAB Pedra do Cavalo se dava com 3 CMB no período fora de ponta (21 às 18h) e 1 CMB no período de ponta (18 às 21h). Durante os meses de maior demanda na cidade do Salvador (dezembro e fevereiro), foi necessário, durante alguns dias, a entrada do 2º CMB no período de ponta.

Visando reduzir os custos de energia foram desenvolvidos estudos simulando diversas alternativas de operação das bombas. A melhor solução passou a ser a operação de 4 (quatro) CMB durante todo o período fora de ponta, desligando-se todo o sistema durante o período de ponta.

Essa forma de operação, ao utilizar a bomba reserva para a operação, deixa o sistema em condição vulnerável, dificultando os trabalhos de manutenção preventiva e preditiva no sistema. Desta forma, qualquer problema que venha a ocorrer em algum conjunto, requer a entrada de um CMB no período de ponta, aumentando os gastos com energia elétrica.

Dessa forma, tornou-se indispensável a aquisição do 5º CMB, juntamente com o fornecimento e montagem do barrilete de sucção e recalque e interligação deste no barrilete (existente) da Estação Elevatória de Água Bruta de Pedra do Cavalo.

Cabe mencionar que, em decorrência de estudos de otimização, o quinto CMB previsto foi substituído pela aquisição de dois CMB de eixo horizontal modelo 16 LN 35, da marca FLOWSERVE, com rotação de 1.175 rpm, acionados por motores de 2.100 HP de eixo vertical. As condições operacionais das bombas EBARA na elevatória de Pedra do Cavalo podem ser observadas na **Figura 1. 26**. Quando operando em paralelo, os dois conjuntos apresentam condição operacional semelhante a um CMB com P = 5.000 HP, conforme **Figura 1. 27**. As condições operacionais das bombas estão apresentadas no **Quadro 1.39**.

Na configuração atual, a captação/estação elevatória de água bruta dispõe de 6 conjuntos motobombas (6 CMB), sendo os quatro antigos e as duas recentemente instaladas. A substituição da bomba EBARA por duas bombas FLOWSERVE de eixo horizontal tornou o sistema de recalque mais confiável, ao introduzir bombas de reserva, além de assegurar maior flexibilidade operacional, com maior gradação de vazões aduzidas.

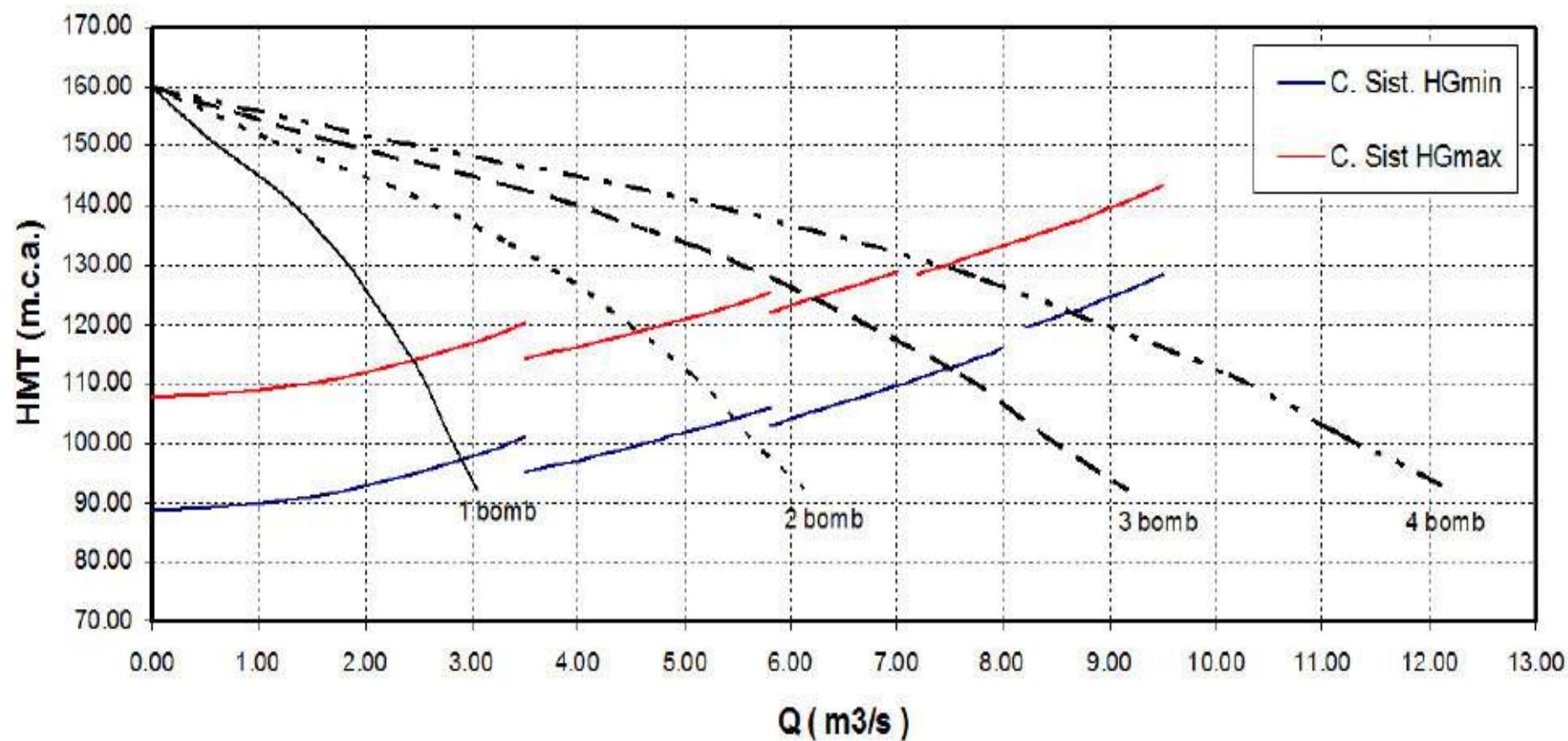


Figura 1. 26 - Condições Operacionais das Bombas EBARA na elevatória de Pedra do Cavalo

Fonte: Embasa, 2014

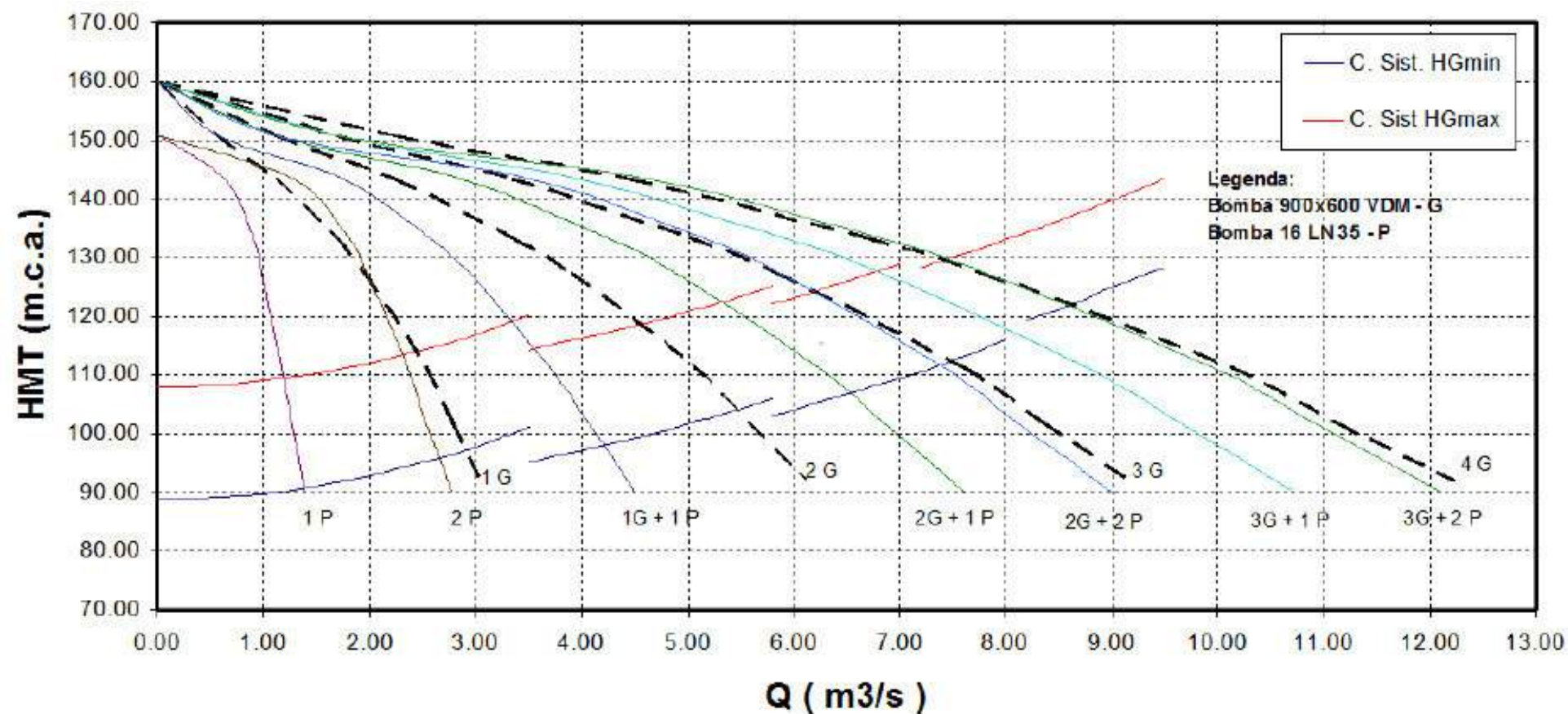


Figura 1. 27 - Associação de duas bombas 16LN35, equipadas com rotor de 32", funcionando isoladamente, ou em paralelo com as bombas Ebara

Fonte: Embasa, 2014

Quadro 1.39 - Condições Operacionais das Bombas de Eixo Horizontal Associadas às Bombas EBARA

NÚMERO DE BOMBAS	HG (m)	Q TOTAL (m³/s)	HMT (m.c.a.)	P TOTAL (kW)	BOMBAS EBARA 900x600 VDM					BOMBAS FLOWSERVE 16 LN 35				
					Q (m³/s)	RENDIMENTO (%)	POT. (kW)	NPSH r (m.c.a.)	NPSH d (m.c.a.)	Q (m³/s)	RENDIMENTO (%)	POT. (kW)	NPSH r (m.c.a.)	NPSH d (m.c.a.)
1G	máx.	2,4	113	2.960,60	2,4	91	2.920,60	7	12,6	-	-	-	-	-
	min.	2,9	97	3.080,20	2,9	89,5	3.080,20	9,5	31,7	-	-	-	-	-
2G+1P	máx.	5,3	123	7.199,10	2,13	89	2.884,80	6	12,7	1,04	87,7	1.429,40	7	8,8
	min.	6,6	106,5	7.680,50	2,7	90,5	3.113,80	8	31,7	1,2	86,2	1.452,90	7,6	27,9
2G+2P	máx.	6,2	124,5	8.537,80	2,08	89	2.851,50	5,8	12,7	1,02	87,8	1.417,40	7	8,8
	min.	7,38	112	9.082,70	2,45	91	2.955,10	7,2	31,8	1,24	85,8	1.586,30	7,8	27,9
3G	máx.	6,38	123,5	8.669,30	2,13	89	2.889,80	6	12,7	-	-	-	-	-
	min.	7,46	112,3	8.997,80	2,48	91	2.999,30	7,2	31,8	-	-	-	-	-
3G+1P	máx.	6,8	127,8	9.730,00	1,94	87,5	2.776,80	5	12,7	0,98	87,7	1.399,50	6	8,8
	min.	8,15	117	10.371,70	2,33	90,5	2.952,00	6,7	31,8	1,15	87	1.515,60	8,1	27,9
4G	máx.	7,45	130	11.021,60	1,86	86	2.755,40	5	12,7	-	-	-	-	-
	min.	8,62	122,5	11.471,40	2,15	90	2.867,90	6,2	27,7	-	-	-	-	-
3G+2P	máx.	7,46	130	11.016,60	1,87	86	2.770,20	5	12,7	0,93	87,1	1.353,00	5,8	8,8
	min.	8,62	122,5	11.550,00	2,15	90	2.867,90	6,2	27,7	1,08	87,6	1.473,20	7,2	28

Fonte: EMBASA, 2014

Para o funcionamento da elevatória na condição de fim de plano originalmente prevista no projeto, com três adutoras e oito conjuntos motobombas em operação simultânea, a capacidade de bombeamento em função do nível de água na represa é apresentada no **Quadro 1.40**.

Quadro 1.40 - Capacidade de captação da elevatória de água bruta, conforme projeto

COTAS DO N.A. NA REPRESA	CAPACIDADE DE BOMBEAMENTO (m³/s)
105,0 (N.A. mínimo)	19,025
107,5	19,400
110	19,750
112,5	20,100
115	20,450
117,5	20,750
120,0 (Max. abastecimento)	21,050
122,5	21,350
124,17 (Max. Maximorum)	21,575

Fonte: Projeto Executivo do Sistema Adutor Pedra do Cavalo (Desenvale, 1981)

1.6.2. Captação do Sistema Adutor Joanes II – ETA Principal

A captação na represa de Joanes II está localizada no município de Camaçari, à margem direita do lago, coordenadas UTM 562.800 E; 8.598.800 S, junto à estação elevatória de recalque para a ETA Principal. A captação/elevatória consiste de uma plataforma de concreto construída na margem do lago, sobre a qual estão montados os conjuntos moto bombas de eixo vertical, expostos ao tempo. A plataforma tem espaço para abrigar até oito conjuntos motobombas de mesma capacidade.

O local da captação foi definido pela EMBASA, com base no levantamento batimétrico da represa, levando em conta os seguintes condicionantes principais:

- Possibilidade de utilização de toda a depleção do reservatório de Joanes II (da cota 24,9 m até a cota 30,0 m);
- Redução do efeito das enxurradas sobre as variações de turbidez da água tendo em vista minorar os efeitos da turbidez elevada sobre o processo de tratamento da água;
- Evitar a ocorrência de assoreamento;
- Minimizar efeitos de eventuais cargas de choque, decorrentes de despejos industriais acidentais.

A captação/elevatória de Joanes II é constituída por estrutura de concreto armado (centralizada em plataforma do mesmo material), situada à margem da represa, onde ocorre a sucção direta por parte das bombas centrífugas previstas.

A concepção inicial da adução para a ETA Principal admitia, em etapa final, a instalação de 8 conjuntos motobombas (sendo um de reserva) e duas adutoras em paralelo, correspondendo à uma vazão de 8,80 m³/s. Estabelecia também que a etapa final seria obtida, na sequência de três etapas parciais, com valores de 2,30 m³/s, 5,30 m³/s (acrécimo de 3,0 m³/s) e 8,80 m³/s (acrécimo de 3,50 m³/s).

Inicialmente foi implantada uma adutora de DN 1200, na extensão de 5.400 m em ferro fundido, que apresentava as seguintes peculiaridades:

- Parte da tubulação (da ordem de 2.000 m) foi aproveitada de antiga adutora, desativada, de Joanes II para o CIA/Norte (que antecedeu o atendimento atual pela adutora de Pedra do Cavalo);

- A adutora não foi entroncada na ETA Principal, mas sim na adutora de água bruta de Pedra do Cavalo, cerca de 1.200 m antes da chegada na ETA.

Esta última peculiaridade determinou no trecho considerado um regime hidráulico indefinido, proveniente da combinação de regime por gravidade com regime por bombeamento.

A adutora DN 1200 comportava chaminé de equilíbrio, que foi desativada por problema estrutural, sendo posteriormente recuperada. Com esta adutora foi cumprida a etapa de 2,30 m³/s.

Tendo em vista a ampliação do sistema adutor Joanes II – ETA Principal, em 2007 a EMBASA contratou a empresa GEOHIDRO para elaboração do Projeto Básico de Ampliação do Sistema Adutor de Água Bruta Joanes II / ETA Principal.

Essencialmente, foi concebida nesse projeto uma segunda adutora, em aço, com DN 1900 e extensão de 5.850 m, com revisão das etapas de adução para a ETA Principal, que passaram a ter as seguintes características:

- A primeira etapa atende a vazão de 4,40 m³/s, somente utilizando a adutora de DN 1900; e
- A última etapa prevê o funcionamento em paralelo da nova adutora (DN 1900) e da antiga adutora (DN 1200) que deverá ser reativada, aduzindo em conjunto 8,80 m³/s, sendo 2,55 m³/s pela adutora de DN 1200 e 6,25 m³/s pela adutora de DN 1900.

A utilização dos conjuntos motobombas na estação elevatória será progressiva, em conformidade com as etapas estabelecidas, podendo inclusive ocorrer diversificação na utilização dos referidos conjuntos, em razão do escalonamento de adução efetivamente requerido.

A primeira etapa desse projeto foi implantada e encontra-se em operação desde dezembro de 2013, com capacidade para veicular 4.400 L/s. Nessa etapa, somente está sendo usada a adutora de 1900 mm de diâmetro, cujo traçado segue, na maior parte do seu percurso, em paralelo à dutovia da Braskem. A antiga adutora que compreende cerca de 5.400 metros de tubulações com DN 1.200, interligando a EEAB Joanes II à Adutora de Pedra do Cavalo, não atenderá a primeira etapa do sistema, permanecendo desativada. Na segunda etapa, essa adutora será aproveitada integralmente, sendo prolongada com 1.200 m de tubulação em aço carbono de DN 1.500, entre o ponto de entroncamento com a adutora de Pedra do Cavalo e a ETA Principal. A interligação da antiga adutora com a adutora de Pedra do Cavalo será desativada. Na segunda etapa, a vazão total do sistema será elevada para 8,80 m³/s, correspondente à vazão retirada da represa Joanes II, com o devido reforço da transposição da barragem de Santa Helena.

Cabe observar que a vazão prevista em 2ª etapa (8,80 m³/s) dependerá da ampliação do sistema adutor Santa Helena / Joanes II, cuja capacidade atual, de 3,0 m³/s, somada à vazão atualmente disponível em Joanes II, é ainda insuficiente para possibilitar bombeamento dessa magnitude.

Na configuração atual, a captação/estação elevatória de água bruta dispõe de 4 conjuntos motobombas com as seguintes características:

Quadro 1.41 - Dados das Bombas de Captação na Represa Joanes II

DISCRIMINAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Bomba:	
Fabricante	Worthington – Dresser
Tipo	Vertical com dupla sucção
Modelo	24 QL 34
Rotação	1.185 rpm
Diâmetro do rotor	748 mm
Diâmetro flange descarga	600 mm

(continua)

Quadro 1.41 - Dados das Bombas de Captação na Represa Joanes II (Continuação)

DISCRIMINAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Motor:	
Fabricante	WEG
Tipo:	Assíncrono
Potência nominal	2250 CV
Número de polos	6
Tensão	4.000 V

Fonte: EMBASA, 2014



Figura 1. 28 - Vista da captação/elevatória do sistema adutor Joanes II – ETA Principal

Fonte: Geohidro, 2014.

A primeira etapa tem por objetivo aduzir uma vazão média de 4.400 L/s, aproveitando os equipamentos existentes e a instalação de mais um conjunto de recalque, totalizando quatro conjuntos instalados. A segunda etapa prevê a aquisição gradativa dos quatro conjuntos motobombas restantes, de modo a completar a capacidade da elevatória, totalizando 8.800 L/s.

Na primeira etapa verificou-se que três bombas em paralelo fornecem uma vazão um pouco inferior à vazão de referência de 4.400 L/s, com válvulas de descarga totalmente abertas. Nesta condição, os motores funcionarão com potência acima da potência nominal de 2.250 CV, não ultrapassando, no entanto, 5% acima da potência nominal (acréscimo atendido pelo fator de serviço). Para não ocorrer sobreaquecimento do motor, o projeto recomendou a troca dos motores de 2.250 CV por outros com potência de 2.500 CV. Na hipótese dos motores existentes não serem trocados de imediato, o projeto recomendou que as bombas operem com

válvulas de descarga parcialmente abertas, de modo a limitar a potência consumida a no máximo 5% acima da potência nominal.

O funcionamento de 4 bombas em paralelo fornecerá uma vazão entre 5.251 e 5.504 L/s, suficiente para cobrir as necessidades do fim da 1ª Etapa (4.400 L/s).

Na segunda etapa do projeto, com a reativação da adutora de 1.200 mm, sete bombas em paralelo fornecerão a vazão média de cerca de 8.659 L/s, inferior à vazão de referência de 8.800 L/s prevista para o fim da 2ª Etapa.

Para atingir a vazão de 10.000 L/s recomendada pela Embasa para fim de plano, procurou-se aumentar o diâmetro do rotor das bombas. Verificou-se que o rotor necessário para fornecer esta vazão, com sete bombas em paralelo, resultaria em uma potência requerida em torno de 2.800 CV, acima da potência nominal de 2.500 CV, prevista para os motores na primeira etapa.

Verificou-se também que, com sete ou oito bombas em paralelo e rotores maiores que os existentes, haveria transbordamento de água pelo topo da chaminé, não sendo recomendado, portanto, a troca de rotores das bombas para atingir a vazão de 10.000 L/s.

De acordo com estudo contratado pela EMBASA com a empresa Vazão Engenharia, para atingir a vazão de 10.000 L/s no recalque Joanes II - ETA Principal seria necessário uma nova estação elevatória e o reforço das linhas existentes de 1.200 mm e 1900 mm de diâmetro, mediante a implantação de uma terceira linha em paralelo com vazão de 3.800 L/s, e diâmetro previsto de 1500 mm.

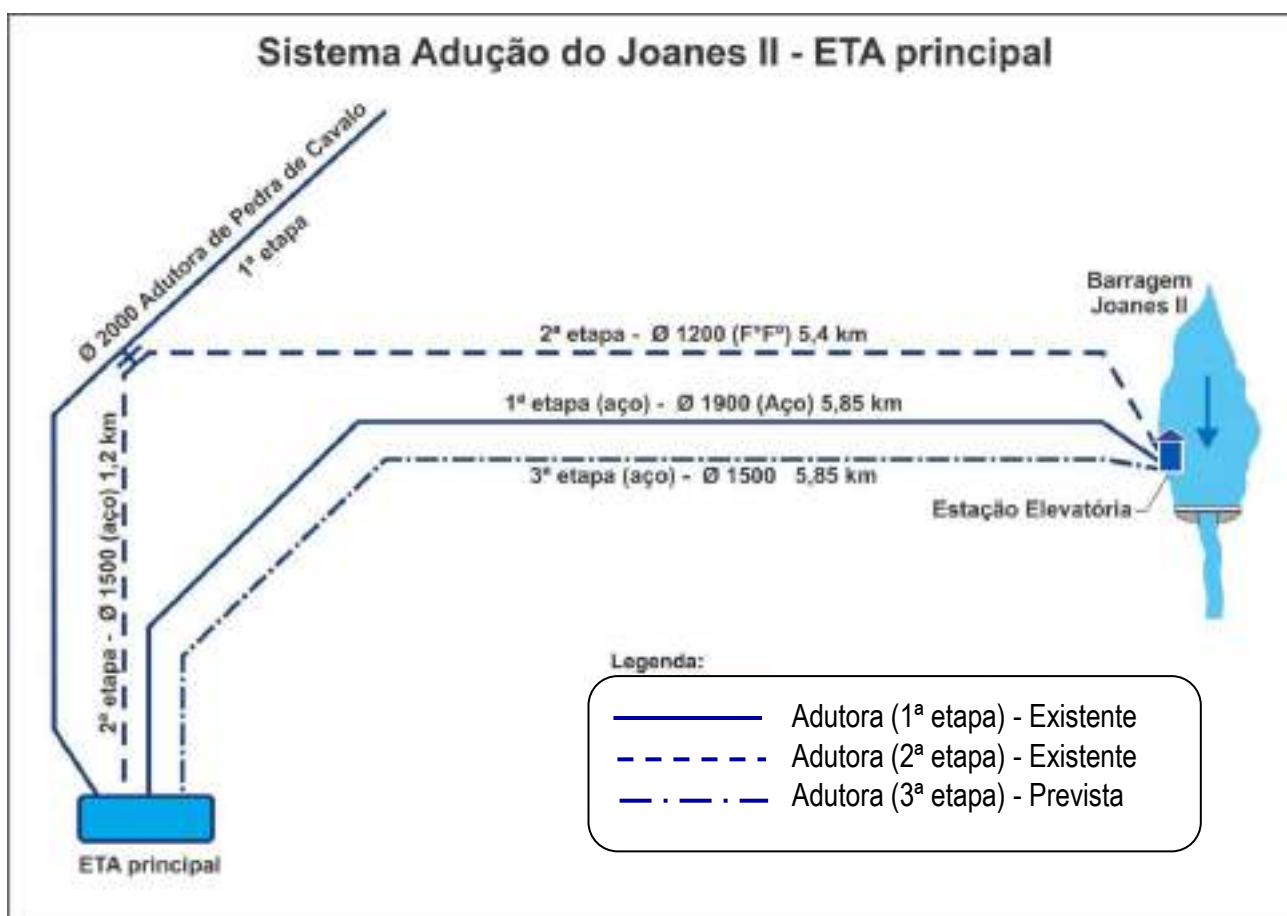


Figura 1. 29 - Esquema das adutoras Joanes II – ETA Principal

Fonte: EMBASA, 2014.

1.6.3. Captação na Represa de Santa Helena

1.6.3.1. Captação e Elevatória Existentes

O sistema de reversão existente da represa de Santa Helena para a bacia de Joanes II (**Figura 1. 30**) compreende uma captação e elevatória, situada em um braço do lago formado pela represa (outroza leito do rio Jacumirim), de onde partem duas adutoras em paralelo, com um trecho em recalque e outro por gravidade, até o lançamento no reservatório do Joanes II.

Conforme ilustrado na **Figura 1. 31**, a elevatória conjugada à captação consiste de dois sistemas de recalque independentes, um dos quais seria destinado a abastecer as indústrias do Polo Petroquímico, através do reservatório do Morro do Caulim. Com a desativação deste reservatório por problemas estruturais, decidiu a EMBASA em prolongar a adutora que o alimentava até o lago do Joanes II, ficando, portanto, as duas adutoras destinadas a promover a reversão entre as duas bacias.

A elevatória existente é composta por dois módulos idênticos, cada um com capacidade de abrigar 6 conjuntos motobombas de eixo vertical. Um dos módulos encontra-se com os seis conjuntos instalados, sendo interligado a uma adutora de 1.300 mm de diâmetro e 316 m de extensão, que conduz a água por recalque até um *standpipe* que funciona atualmente como caixa de passagem. O outro módulo, no entanto, apesar de não contar com conjuntos motobombas instalados, dispõe de barrilete conectado a uma adutora existente de 1.500 mm, que se encontra desativada, com traçado paralelo à outra adutora, terminando em um segundo *standpipe*, desativado, situado ao lado do que recebe a adutora existente de 1300 mm de diâmetro.

Além da reversão para o Joanes II, o sistema atual abastece também a Braskem a partir de uma derivação direta da adutora de 1.300 mm, logo a jusante da estação elevatória. Da adutora que abastece a Braskem será derivada uma subadutora projetada que terá a finalidade de abastecimento dos Polos Logísticos de Camaçari.

Os conjuntos motobombas instalados são iguais, com as características indicadas no quadro a seguir. A **Figura 1. 32**, apresentada na sequência, mostra os conjuntos motobombas do módulo que se encontra em operação.

Quadro 1.42 - Dados das Bombas de Captação na Represa Santa Helena

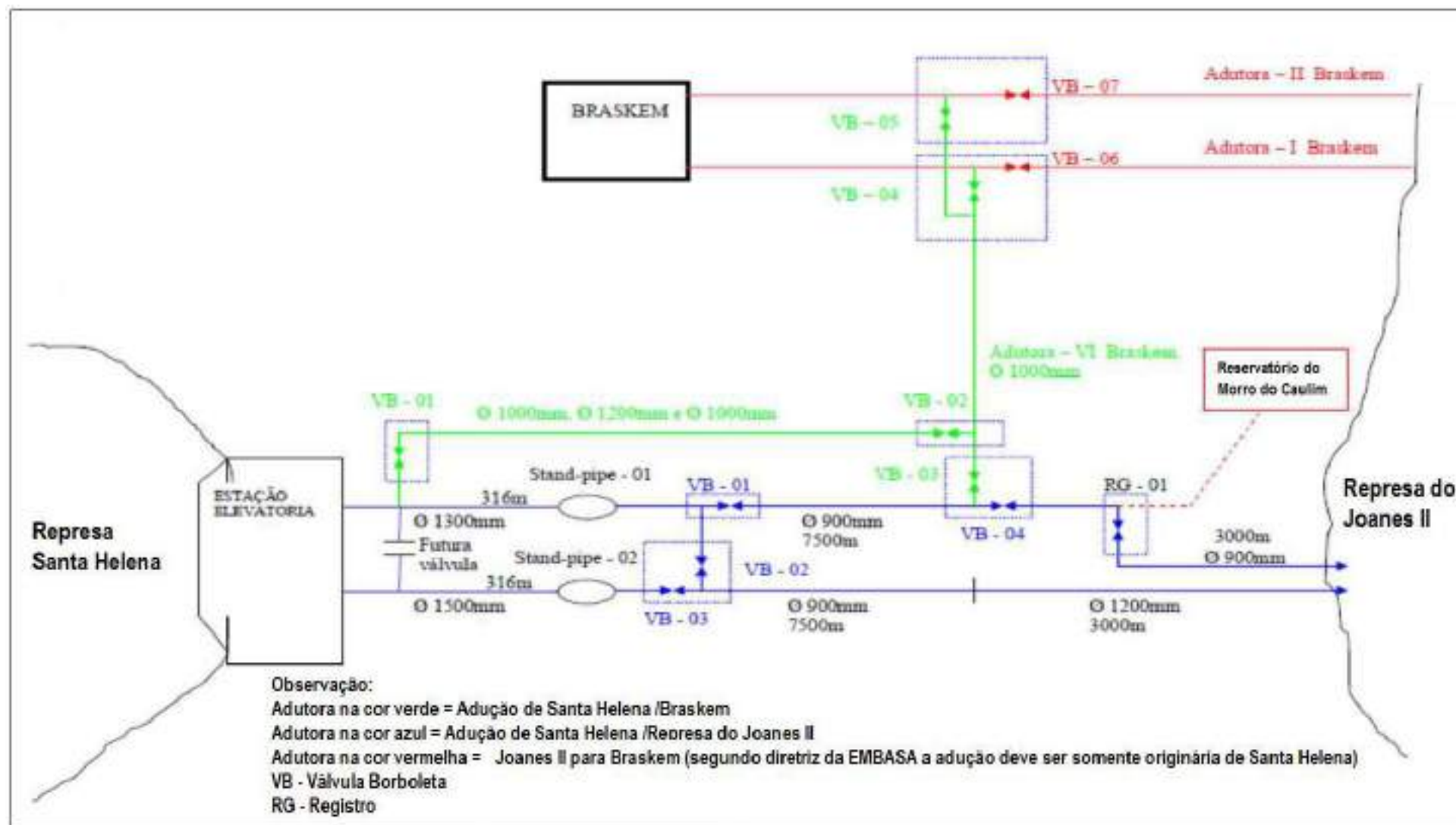
DISCRIMINAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Bomba:	
Fabricante	Worthington
Tipo	de eixo vertical prolongado com rotor de dupla sucção
Modelo	16 QL 21
Vazão	2.700 m³/h (750 L/s)
AMT	81 m.c.a.
Rotação	1.800 rpm
Diâmetro do rotor	19,5"
Motor:	
Fabricante	Villares
Potência nominal	1440 CV

Fonte: EMBASA, 2014



Figura 1. 30 - Vista panorâmica da captação/elevatória de Santa Helena (também conhecida como elevatória do Jacumirim)

Fonte: EMBASA, 2013.



Nota da Geohidro: durante a construção da adutora Santa Helena – Braskem (em verde) foram usados diâmetros diversos dos indicados no esquema, de 900 a 1500 mm, disponíveis na Braskem.

Figura 1. 31 - Esquema geral dos sistemas adutores Santa Helena – Joanes II e Santa Helena – Braskem

Fonte: EMBASA, 2010 (adaptado pela GEOHIDRO)



Figura 1. 32 - Vista do módulo operacional da captação/elevatória de Santa Helena (elevatória do Jacumirim)

O sistema de reversão tem sido pouco utilizado, funcionando durante mais tempo para manter constante o nível de água no reservatório de Joanes II.

A bacia do Jacuípe, no local da captação, vem sofrendo um processo de assoreamento preocupante, devido à erosão de áreas de exploração de jazidas de areia situadas nas proximidades.

O material carreado pelas chuvas vem se depositando nas margens do lago, atingindo o local de captação, com a entrada de areia para dentro do poço de sucção. Periodicamente esta areia é retirada, usando um sistema de “air-lift”, nas ocasiões em que se necessita ligar as bombas.

1.6.3.2. Ampliação da Captação e Sistema de Reversão Santa Helena – Joanes II

Encontra-se em andamento o Projeto Básico de Ampliação da Adutora Santa Helena – Joanes II e da respectiva Estação Elevatória de Água Bruta, contratado pela EMBASA com a empresa Hita Engenharia.

Os estudos realizados para ampliação da capacidade da captação e estação elevatória existentes definiram a seguinte concepção básica para o Sistema de Reversão Santa Helena – Joanes II:

- Manutenção de três conjuntos existentes realizando o bombeamento para a Braskem e futuramente também para os Polos Logísticos, através da tubulação existente DN 1300. Esse sistema proposto teria capacidade para suprir uma vazão máxima de cerca de 1,5 m³/s, o que atenderia às demandas da Braskem e dos Polos Logísticos que totalizam 1,4 m³/s;
- Implantação de seis novos conjuntos elevatórios (inclusive novo barrilete) no módulo onde atualmente não existem conjuntos instalados. As novas bombas previstas são de eixo vertical prolongado, com dupla sucção, modelo 32 QL 30-A, do fabricante Flowserve, (mesma família das bombas existentes no sistema

em operação), com rotação de 885 rpm, acionadas por motores de 1.700 CV. A implantação desses conjuntos poderá ser feita em duas etapas:

- Na primeira etapa seriam instalados apenas três conjuntos de recalque, operando no máximo dois conjuntos em paralelo, resultando em uma vazão máxima do sistema de cerca de 5,2 m³/s;
 - Na segunda etapa seriam implantados os três conjuntos restantes, operando cinco em paralelo para fornecer a vazão final do sistema de 10,0 m³/s.
- c) Implantação de nova adutora, DN 2200 mm, saindo do módulo com novos conjuntos, com uma extensão de cerca de 700 metros, até a interligação com as adutoras existentes a jusante dos *standpipes* existentes;
- d) Implantação de uma chaminé de equilíbrio à jusante dos dois *standpipes* existentes, com cerca de 20 m de altura e cota de fundo de 50 m;
- e) Interligação da nova adutora com as duas adutoras existentes num ponto cerca de 150 metros a jusante dos atuais *standpipes*;
- f) Implantação de adutora DN 1.900 mm em paralelo com as duas adutoras existentes de DN 900mm até o ponto alto situado cerca de 6.360 metros dos *standpipes*.

O módulo ativado da estação elevatória existente no lago de Santa Helena tem condições de captação entre as cotas 17,0 m e 20,0 m dos níveis d'água no lago, o que impede o aproveitamento, através desta elevatória, do volume acumulado entre as cotas 17,0 m e 10,0 m. De acordo com o estudo hidrológico do projeto da barragem, o volume de armazenamento entre as cotas 17,00 e 20,00 m corresponde à vazão regularizada de 6,5 m³/s, com garantia de 100%. O mesmo estudo aponta que o volume armazenado entre as cotas 10,00 e 20,00 m, em local próximo à barragem, possibilitaria regularizar a vazão de 8,80 m³/s, também com garantia de 100%.

No cálculo da vazão de captação para reforço de Joanes II, tanto na condição atual (cota 17,00 m) como na ampliação prevista (cota 10,00 m), deve ser subtraída da vazão regularizada, em cada caso, a vazão reservada à Braskem e Polos Logísticos (1,4 m³/s) e a vazão de restituição ao rio, a ser definida com base nos estudos hidrológicos, observando as diretrizes da Instrução Normativa Nº 01, de 27 de fevereiro de 2007, da extinta Superintendência de Recursos Hídricos do Estado da Bahia.

No entanto, a EMBASA fixou em 10,0 m³/s a vazão a ser adotada no dimensionamento das estruturas hidráulicas do sistema de adução para reforço de Joanes II, considerando que, sempre que a disponibilidade do manancial permitir, essa vazão seria transferida para o reservatório de Joanes II. Quando a disponibilidade for menor, reduzir-se-ia a vazão aduzida.

A nova captação prevê o emprego de bombas de eixo vertical prolongado, com motores e barriletes apoiados sobre plataforma de concreto.

A partir da nova captação foi estudada a possibilidade de recalcar a água captada diretamente na Chaminé de Equilíbrio a ser edificada a jusante da elevatória do Jacumirim.

Durante alguns períodos do ano, a depender das condições hidrológicas, o projeto considera que será possível aduzir os 10 m³/s para a represa Joanes II a partir da elevatória existente do Jacumirim sem utilizar a captação junto à barragem de Santa Helena. Essa condição operacional tem a vantagem de economizar a energia que se gastaria no recalque da nova captação de Santa Helena.

Quando da operação da elevatória de Santa Helena com NA do reservatório abaixo da cota 17 m, requerendo que o recalque para Joanes II seja feito a partir da nova elevatória de Santa Helena, seria sempre mais vantajoso fazer a transposição para o Joanes II recalcando direto para a nova chaminé do Jacumirim, sem utilizar a elevatória existente e ampliada do Jacumirim.

No trecho por gravidade entre a nova chaminé e o Joanes II seria necessária uma terceira linha de 1.900 mm em paralelo às duas existentes. Esse trecho teria capacidade para veicular a vazão de 10 m³/s, definida pela EMBASA.

Do segundo módulo da elevatória existente partiria uma tubulação de 1.600 mm de diâmetro e extensão de 180 m até se entroncar com a adutora de 2.200 mm de diâmetro proveniente da captação no lago de Santa Helena. Esse entroncamento estaria localizado a cerca de 250 m a montante da nova chaminé, sendo esse trecho parte integrante da adutora Santa Helena – Jacumirim.

1.6.4. Captação na Barragem de Joanes I

A captação de água bruta na Barragem Joanes I é feita atualmente por duas adutoras que promovem o escoamento num trecho com extensão de cerca de 22 quilômetros para o parque de tratamento de Bolandeira. Uma das adutoras funciona por gravidade e é composta por tubulação em concreto, com diâmetro de 1.500 mm e vazão de aproximadamente 1,0 m³/s. A outra adutora, composta por tubulação em aço carbono, também com diâmetro de 1.500 mm, tem a mesma extensão de 22 quilômetros e opera por recalque, através de um *Booster* situado cerca de 4.700 metros a jusante da captação na barragem. Esta adutora opera atualmente com vazão em torno de 2,2 m³/s, com duas bombas em funcionamento. A vista da Barragem Joanes I está apresentada na **Figura 1. 33**.



Figura 1. 33 - Barragem Joanes I

1.6.4.1. Adutora em Concreto

Trata-se de adutora em concreto, com diâmetro de 1500 mm e extensão de aproximadamente 22 km, implantada em 1957, contando com mais de 50 anos. A adutora opera por gravidade com vazão de aproximadamente 1,0 m³/s (valor informado pela EMBASA). A captação na barragem se dá com nível d'água entre as cotas 16,00 m (cota da soleira do vertedor da barragem) e 12,50 m (nível mínimo operacional). A chegada da adutora no Parque da Bolandeira se dá numa caixa de recepção com nível d'água operacional aproximadamente na elevação 9,50 m.

Considerando-se o nível operacional na Barragem Joanes I, elevação 16,00 m, e o nível na chegada no Parque da Bolandeira (Caixa de Recepção), elevação 9,50 m, caracteriza-se um gradiente de energia na adutora de aproximadamente 0,32 m/km. Considerando-se uma rugosidade absoluta média da tubulação de 3,0 mm (como se verá adiante a rugosidade medida na tubulação de aço, mais nova, resultou num valor médio de cerca de 1,5 mm), chega-se a uma vazão de escoamento de aproximadamente 1,07 m³/s, valor bem próximo do informado pela EMBASA. Esta vazão leva a velocidades de escoamento na linha da ordem de 0,6 m/s, valor muito baixo, condicionado pelo pequeno gradiente de energia existente.

Atualmente a adutora de concreto está bastante desgastada, pela idade, e tem apresentado freqüentes problemas de vazamentos por fissuras e outros desgastes. Por ser uma adutora de concreto existe também grande dificuldade de se realizar manutenções na linha e suas interferências com eventuais obras de infraestrutura urbana (constantes com o crescimento da cidade) tem sido um problema, pela impossibilidade de remanejamento.

Por todas estas circunstâncias, a EMBASA cogita a desativação desta adutora. Na sua ausência, a vazão por ela veiculada seria suprida pela adutora de aço carbono que teria sua capacidade de escoamento ampliada, conforme será visto a seguir.

1.6.4.2. Sistema Adutor com Tubulação em Aço Carbono

A adutora em aço possui extensão de aproximadamente 22 quilômetros, com diâmetro de 1.500 mm e espessura da parede 12,7 mm (1/2"). A Adutora opera por recalque, através de um *Booster* situado cerca de 4.700 metros a jusante da captação na barragem onde estão instalados três conjuntos elevatórios sendo um conjunto reserva (**Figura 1. 34**).

A captação na barragem Joanes I se dá com nível d'água normal no entorno da elevação 16,0 m, e com nível mínimo na elevação 14,50 m, portanto dois metros acima do nível mínimo de captação da adutora em concreto.

A seguir apresentam-se as características do sistema:

Nível D'água de Captação Barragem Joanes I:

- N.A. mínimo : 14,50 m;
- N.A. máximo: 18,11 m (nível máximo operacional na barragem);
- N.A. mais freqüente: 16,00 m (cota da soleira do vertedor);

Extremidade de Jusante do Recalque:

Entrada abaixo do nível d'água em caixa receptora na entrada da Estação da Bolandeira:

- N.A. operacional na caixa $\approx$ 9,50 m



Figura 1. 34 - Booster do Sistema Adutor em Aço, com Captação na Barragem Joanes I

Linha de Recalque:

- Tubulação em Aço Carbono:
- Extensão: ≈ 21984 m;
- Perfil da Adutora: conforme desenhos em planta e perfil da adutora (projeto elaborado pela TECNOSAN) disponibilizados pela EMBASA.
- Características da Tubulação:
 - DI (diâmetro interno) = 1500 mm;
 - ESP (espessura da parede de aço) = 1/2" (12,7 mm).

Dispositivos de Proteção Existentes:

Existem no sistema quatro dispositivos de proteção contra os efeitos dos transientes hidráulicos: um Tanque Unidirecional (One-Way Surge Tank = TAU) e três Chaminés de Equilíbrio (ver perfil **Figura 1. 35**, adiante apresentado). No **Quadro 1.43** a seguir são apresentadas algumas das características básicas destes dispositivos, conforme indicadas nos desenhos de projeto.

Quadro 1.43 - Características Básicas dos Dispositivos

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DOS DISPOSITIVOS	TANQUE UNIDIRECIONAL (TAU)	CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO		
		Nº 0	Nº 1	Nº 2
Localização	Estaca 838	Estaca 548	Estaca 505	Estaca 300
Distância da EE.: (m)	≈ 5.243 m	≈ 11.004 m	≈ 12.294 m;	≈ 15.864 m
Diâmetro interno (m)	5,65 m;	5,00 m	5,00 m	5,00 m
Cota do topo (m)	26,50 m	30,50 m	33,00 m	24,00 m
Cota N.A. máximo (m)	25,32 m	-	-	-
Cota do fundo (m)	16,00 m	-	-	-
Tubulações de ligação	2 condutos DN 700 mm	-	-	-
Cota G.I. adutora na interligação (m)	7,72 m	-	-	-
Cota G.I. tub. entrada (m)	-	17,20 m	15,70 m	7,49 m
Cota G.I. tub. saída (m)	-	15,50 m	13,0 m	5,00 m
Cota terreno (m)	-	19,60 m	18,30 m	-

Fonte: EMBASA, 2014 (dados)

Medições de Vazão e Caracterização da Rugosidade da Parede da Tubulação:

Em 2013 a empresa Vazão Engenharia elaborou para a EMBASA o “Dimensionamento Hidráulico da Nova Estação Elevatória Joanes I – Bolandeira”, visando ampliar a capacidade de escoamento da adutora Joanes I – ETA Bolandeira. Neste estudo foram realizadas medições de pressão e vazão na adutora, com o objetivo de se inferir a rugosidade média da parede interna da tubulação.

Foram realizadas duas medições de pressão, na saída do *Booster*, com uma e duas bombas em operação no *Booster*. No **Quadro 1.44** a seguir apresentam-se os dados medidos:

Quadro 1.44 - Parâmetros Medidos em 06/03/2013

Nº DE BOMBAS EM OPERAÇÃO	VAZÃO NA ADUTORA (m³/s)	PRESSÃO NA SAÍDA DO BOOSTER (M.C.A.)
1	1,57	15,5
2	2,13	20,0

Fonte: EMBASA, 2014 (Dimensionamento Hidráulico da Nova Estação Elevatória Joanes I – Bolandeira, Vazão Engenharia, 2013)

Cota da Tubulação no *Booster*: 6,0 m.

A partir das medições, os estudos já referidos concluíram que a rugosidade absoluta média da tubulação é de cerca de 1,5 mm (coeficiente de rugosidade de Hazen-Williams de aproximadamente 110,8).

Características do *Booster*:

O *Booster* está posicionado a cerca de 4.715 metros da captação, e possui três conjuntos de recalque, sendo um conjunto reserva, com as seguintes características (**Quadro 1.45**):

Quadro 1.45 - Características do *Booster*

DISCRIMINAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Bomba:	
Fabricante	Flowserve (antiga Worthington)
Modelo	24 MC-14, rotor “A”
Rotação	585 rpm
Diâmetro do rotor	696,91 mm
Motor:	
Potência Nominal	400 cv

Fonte: EMBASA, 2014

Diagnóstico do Funcionamento do Sistema

No estudo da Vazão Engenharia, o funcionamento do sistema adutor foi analisado a partir de modelação matemática realizada através do programa EPANET (programa de domínio público, desenvolvido pelo Environmental Protection Agency dos Estados Unidos, para modelação de sistemas sob pressão), considerando-se uma e duas bombas em operação e admitindo-se rugosidade média absoluta da tubulação de 1,5 mm, conforme resultados dos estudos realizados, comentados anteriormente.

O **Quadro 1.46** a seguir apresenta um resumo dos resultados obtidos. Na **Figura 1. 35** apresenta-se um perfil piezométrico do sistema.

Quadro 1.46 - Parâmetros do Escoamento no Sistema Joanes I - Bolandeira

Nº DE BOMBAS	N.A. NA BARRAGEM (m)	Q (m³/s)	V (m³/s)
1	14,50	1,57	0,89
	16,00	1,65	0,93
	18,11	1,77	1,00
2	14,50	2,14	1,21
	16,00	2,20	1,24
	18,11	2,28	1,29

Fonte: EMBASA, 2014 (Dimensionamento Hidráulico da Nova Estação Elevatória Joanes I – Bolandeira, Vazão Engenharia, 2013)

Os resultados permitem apresentar os seguintes comentários:

- As vazões obtidas através das simulações apresentam variação muito pequena em relação aos valores medidos pela EMBASA em março de 2013, o que reflete o bom ajuste do modelo, com confiabilidade para os resultados obtidos;
- As velocidades de fluxo na adutora são pequenas e indicam boas condições para ampliação da vazão de escoamento no sistema.
- Com a utilização do Booster torna-se difícil a ampliação da capacidade de escoamento do sistema, pois com o fluxo de vazões maiores pela adutora, o gradiente de energia aumentará e haverá corte da tubulação pela linha de energia a montante do Booster. Deste modo, conclui-se que a ampliação do sistema deverá implicar na desativação do Booster e na implantação de uma nova estação elevatória junto à barragem.

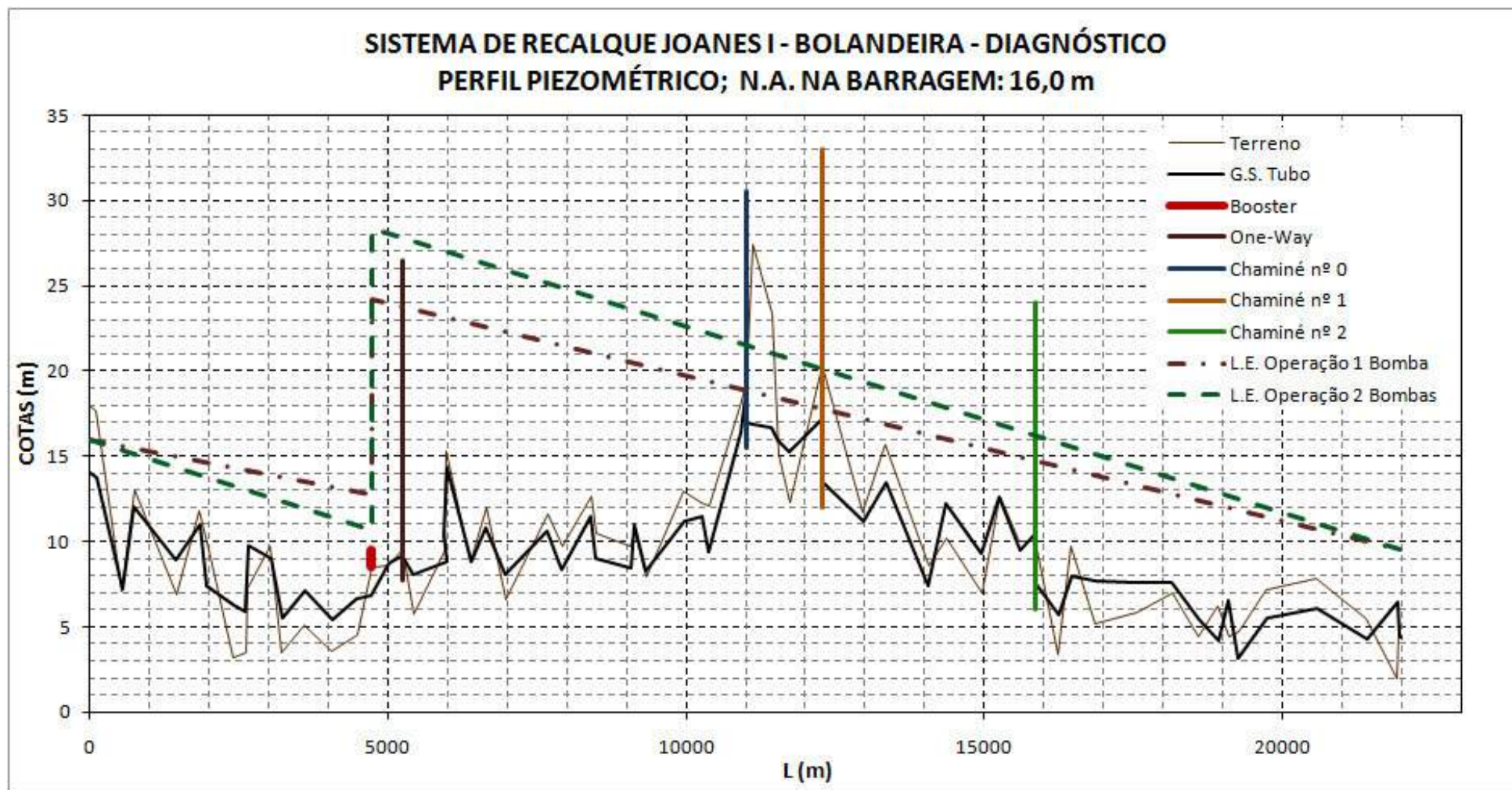


Figura 1.35 - Perfil Piezométrico do Sistema Adutor Joanes I - Bolandeira

Fonte: EMBASA, 2014 (Dimensionamento Hidráulico da Nova Estação Elevatória Joanes I – Bolandeira, Vazão Engenharia, 2013)

De acordo com os estudos realizados pela Vazão Engenharia para a EMBASA, a capacidade do sistema de adutor Joanes I – ETA Bolandeira poderia ser ampliada para até 3,6 m³/s. A concepção proposta consiste na implantação de uma nova estação elevatória, posicionada ao lado do canal de aproximação do novo extravasor da Barragem Joanes I, que promoverá o escoamento através da adutora existente em aço carbono, com uma vazão ampliada de 3,6 m³/s. O *Booster* existente seria desativado.

A nova estação elevatória terá conjuntos de recalque de eixo vertical prolongado, implantados sobre uma plataforma a ser executada numa derivação do canal de aproximação do novo extravasor da barragem Joanes I, cujo projeto básico deverá ser providenciado pela EMBASA.

A ampliação da capacidade da adutora de aço torna possível isolar ou mesmo desativar a adutora existente de concreto, já bastante desgastada pelos mais de 50 anos de uso.

A nova estação elevatória terá três conjuntos de recalque implantados em paralelo, sendo que dois destes conjuntos serão de operação normal e um conjunto de reserva. Os conjuntos de recalque serão equipados com conversores de frequência (variadores de velocidade de rotação) que conferirão ao sistema maior flexibilidade operacional permitindo uma variação ampla da vazão de escoamento do sistema. As características das bombas selecionadas podem ser observadas no **Quadro 1.47**.

Em função da ampliação da capacidade de escoamento da adutora, com consequente elevação das linhas piezométricas, será necessária a adaptação das Chaminés de Equilíbrio existentes, com reformulação do sistema de proteção da adutora contra os efeitos do golpe de aríete.

Quadro 1.47 - Características das Bombas Selecionadas

Ponto de Seleção:	
Vazão total	3,60 m³/s
Vazão por Bomba	1,80 m³/s (6.480 m³/h)
Altura Manométrica	59,60 m.c.a
Bomba Selecionada:	
Nº de conjuntos	3 (sendo um reserva)
Tipo	Bomba centrífuga de eixo vertical prolongado, submersível, com dupla sucção e dupla voluta
Fabricante	Flowserve
Modelo	24 QL – 27 rotor “A”, 1175 rpm
Diâmetro do rotor	aproximadamente 25 polegadas
Motores:	
Potência	1800 CV
Nº de polos	6
Rotação	1200 rpm

Fonte: EMBASA, 2014 (Dimensionamento Hidráulico da Nova Estação Elevatória Joanes I – Bolandeira, Vazão Engenharia, 2013)

Com a utilização de conversores de frequência elétrica será possível proporcionar uma variação da vazão recalçada pelo sistema desde aproximadamente 1,3 m³/s até 3,7 m³/s, sempre com duas bombas em operação. Essa faixa de vazões proporciona uma maior flexibilidade operacional ao sistema.

1.6.5. Captação na Barragem Ipitanga I

A captação na barragem Ipitanga I é constituída pelo aproveitamento das duas descargas de fundo, cada uma de DN 450, que se conectam com o barrilete de sucção da estação elevatória situada imediatamente a jusante da barragem, caracterizando um sistema de recalque pressurizado – elevatória tipo *booster*.

Existe interligação das descargas de fundo com a adutora por bombeamento (linha de recalque) logo após o *booster*, constituindo um “*by-pass*”, que possibilita que a adução a partir da barragem Ipitanga I possa também ocorrer no regime hidráulico de conduto forçado por gravidade.

A adutora possui 12.400 m de extensão, sendo composta de dois trechos em série: o primeiro, com DN 900 mm e extensão de 2.800 m, em Ferro Fundido Dúctil, com idade inferior a 30 anos; o segundo, com DN 750 mm e extensão de 9.600 m, em Ferro Fundido Cinzento (fora de linha de fabricação), com juntas de chumbo e idade superior a 70 anos. Esta adutora encaminha a água captada na represa de Ipitanga I para o Parque da Bolandeira, ali conectando-se com a caixa de chegada, de onde as águas são conduzidas para a ETA Vieira de Melo. A conexão com a ETA Teodoro Sampaio verifica-se antes desta caixa, por intermédio de derivação na própria adutora. Na caixa de chegada também afluem as duas adutoras provenientes da represa Joanes I.

A faixa de domínio da adutora vem sendo gradativamente envolvida pela expansão urbana da cidade, existindo trechos com algumas construções implantadas sobre os aterros das valas de assentamento da tubulação. A adutora existente possui capacidade para veicular a disponibilidade máxima do manancial. A adutora com DN 750 encontra-se em precário estado de conservação, apresentando vazamentos. A substituição dos tubos antigos por outros novos de maior diâmetro teria a vantagem de diminuir os vazamentos, comuns em tubulações antigas, entretanto poderá requerer, em alguns trechos, o reassentamento de habitações precárias construídas irregularmente ao longo da adutora.

O *booster* dispõe de três conjuntos motobombas (dois previstos para operação simultânea), com as características operacionais mais relevantes apresentadas no **Quadro 1.48**.

Quadro 1.48 - Características Operacionais dos Conjuntos Motobombas

	BOMBA CENTRIFUGA		MOTORES ELÉTRICOS
Tipo	Tipo 12 – LNH – 17 (Worthington / Dresser)	Tipo 10 – LNH – 18 (Worthington / Dresser)	(General Eletric)
Quantidade	02 (denominadas Bombas 1 e 2)	01 (denominada de Bomba 3)	3
Rotor	Tipo B de 14,625” (diâmetro 371,475 mm)	Tipo B diâmetro não identificado	
Rotação (rpm)	1.775	1.775	1.775
Vazão por Bomba (L/s)	570	480	-
Altura Manométrica Total (m.c.a)	37	45	-
Potência por motor (cv)	-	-	400
Frequência (Hz)	-	-	60
Corrente (A)	-	-	540
Tensão (V)	-	-	380
Fator de Serviço	-	-	1,15
Classe de Isolamento	-	-	F

Fonte: EMBASA, 2014 (dados)

Pesquisa nesse sistema adutor, realizada de 15 a 29 de junho de 2012, com N.A na represa na cota de 28,50 m e somente considerando uma bomba do tipo 12 – LNH – 17, apresentou como resultado uma vazão média de 571 L/s.

De acordo com a EMBASA o sistema opera aproximadamente com as vazões de escoamento:

- Sem funcionamento do booster, escoamento totalmente por gravidade: 380 L/s;
- Com uma bomba em operação no booster: 576 L/s;
- Com duas bombas em operação no booster: 778 L/s.

A bomba centrífuga 12 – LNH – 17 comporta os diâmetros limites de rotor de 14,5” (368,3 mm) a 17,5” (444,5 mm). Os conjuntos motobombas requerem frequentes intervenções de manutenção e apresentam baixo rendimento.

Na chegada da adutora em Bolandeira, logo à montante da bifurcação para as ETA's Teodoro Sampaio e Vieira de Melo, a cota piezométrica tem-se mantido constante, da ordem de 9,12 m (soma da cota topográfica da geratriz superior da tubulação de 4,12 m e pressão de 5,00 m), o que determina as seguintes alturas geométricas:

- Para o N.A máximo na represa (29,30 m): 20,18 m
- Para o N.A mínimo na represa (23,00 m): 13,88 m

Entre as referidas alturas geométricas o fluxo de água para Bolandeira pode ocorrer em conduto forçado por gravidade.

Considerando os parâmetros hidráulicos identificados na pesquisa operacional antes citada, existem as seguintes possibilidades de adução para Bolandeira, com duas bombas (12 – LNH – 17) em operação simultânea:

- Vazão de 700 L/s, sendo 350 L/s em cada bomba;
- Vazão de 800 L/s, sendo 400 L/s em cada bomba;
- Vazão de 900 L/s, sendo 450 L/s em cada bomba;

A bomba (10 – LNH – 18) pelas suas características construtivas e operacionais, não foi admitida apta para ser utilizada em paralelo com alguma das bombas (12 – LNH – 17) conforme pode ser constatado no comparativo apresentado em seguida, de variação máxima de vazões no intervalo do menor para o maior rotor (considerando as correspondentes “curvas de performance” do fabricante das bombas):

- Bomba 12 – LNH – 17: de 569 L/s para 681 L/s;
- Bomba 10 – LNH – 18: de 417 L/s para 528 L/s.

Entende-se que as bombas 12 – LNH – 17 devem ser colocadas e mantidas em condições satisfatórias de operação.

Na operação da adutora em conduto forçado por gravidade, a depender da cota do N.A na Represa Ipitanga I e do estado de rugosidade do trecho da adutora de DN 750, a adução pode ser efetivada no intervalo de 400 L/s a 500 L/s.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013** / Agência Nacional de Águas. -- Brasília : ANA, 2013. 432 p. : Il. ISBN 978-85-882100-15-8. Disponível para download em <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2013/conjunturaRecursosHidricos.pdf>
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Portal da Qualidade das Águas**. <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx>. 2014 .
- ANEEL. Contrato de Concessão do Aproveitamento Hidrelétrico Pedra do Cavalo Nº 19/2002.
- ATLAS BRASIL: Abastecimento urbano de água: resultados por Estado / Agência Nacional de Águas; Engecorps/Cobrape. - Brasília: ANA. 2010.
- CEPRAM. Resolução Nº 2.974 / 2002 – Zoneamento Ecológico Econômico da APA Joanes-Ipitanga.
- CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Índices de Qualidade das Águas. Consulta site: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%A1guas-superficiais/108-%C3%ADndices-de-qualidade-das-%C3%A1guas>
- CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo: 2006. São Paulo: CETESB, 2007. (Série Relatórios)
- CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. 2010. **IET - Índice de Estado Trófico**. Disponível para download no site: <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/04.pdf>.
- CETESB-Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Índice de Qualidade das Águas. São Paulo. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguassuperficiais/108-indices-de-qualidade-das-aguas> 01.pdf/02.pdf/ 03.pdf> Acesso em: 25 de novembro de 2015.
- CONAMA. Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005.
- Decreto Estadual. Nº 6.548, de 18 de julho de 1997 - APA do Lago de Pedra do Cavalo.
- DESENV. Projeto Executivo do Sistema Adutor de Pedra do Cavalo. Tecnosan, 1981.
- EMBASA. Empresa Baiana de Águas e Saneamento S/A. Dados operacionais diversos disponibilizados por: Escritórios Regionais, Departamento de Projetos, Parque da Bolandeira, e outros setores. 2014.
- EMBASA. Empresa Baiana de Águas e Saneamento S/A. Programa de Monitoramento Georreferenciado de Mananciais de Abastecimento (PMG). Departamento de Gestão Ambiental (TMA) da Superintendência de Meio Ambiente e Responsabilidade Social da Diretoria Técnica e de Sustentabilidade. Dados de campanhas de análises.
- EMBASA. Empresa Baiana de Águas e Saneamento S/A. Projeto Básico de Ampliação da Adutora Santa Helena – Joanes II e da Estação Elevatória de Água Bruta e Ampliação da Adutora de Água Tratada Principal. Relatório de Estudos Básicos. Hita Engenharia e Arquitetura Ltda. Outubro/2013.
- EMBASA. Empresa Baiana de Águas e Saneamento S/A. Projeto Básico de Ampliação do Sistema Adutor de Água Bruta Joanes II / ETA Principal. Geohidro, 2007.
- EMBASA. Empresa Baiana de Águas e Saneamento S/A. Revisão e Atualização do Plano Diretor de Abastecimento de Água da Grande Salvador, extensivo aos demais municípios da Região Metropolitana – PDAA. Salvador, Dez. 1998.
- FIOCRUZ E FASE. Fundação Oswaldo Cruz e da Federação dos Órgãos para Assistência Social e Educacional (Fase). **Mapa de conflitos envolvendo injustiça ambiental e Saúde no Brasil**. Apoio do

Departamento de Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador do Ministério da Saúde.
<http://www.confliotoambiental.iciet.fiocruz.br/index.php>, 2010.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <<http://earth.google.com>>.

INEMA. Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Boletim de Monitoramento das Barragens. Dados disponibilizados pela entidade. 2014

INEMA. Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Estudo do Regime de Vazões Ambientais à jusante da UHE de Pedra do Cavalo / Baía do Iguaçu. Universidade Federal da Bahia, 2013.

INEMA. Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Nota Técnica NT-007-12-COSEB-DIRAG. Junho 2012.

INEMA. Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas do Estado da Bahia (Programa MONITORA), campanhas de amostragem realizadas em 2012 e 2013 em mananciais de interesse.

Jornal Grande Bahia . Com . Br (foto: Carlos Augusto). Vista Aérea da Captação / Estação Elevatória do SIAA de Salvador em Pedra do Cavalo.

LIMA, G. M. P.; LESSA, G. C.; FRANKLIN, T. S. Avaliação dos impactos da barragem de Santa Helena no trecho estuarino do rio Jacuípe, litoral norte da Bahia – Brasil. Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. 2010.

LIMA, G. M. P. **Caracterização sedimentológica e dos padrões de circulação e mistura do estuário do rio Jacuípe – litoral norte do estado da Bahia**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. UFBA. 2007. 137p.

Ministério da Saúde. Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011.

ONS. Inventário das Restrições Operativas Hidráulicas dos Aproveitamentos Hidrelétricos, 2013.

Prefeitura Municipal de Salvador. Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Salvador, Lei 7.400 / 2008).

Saneamento da Cidade de Salvador – de 1850 a 1925. Rita de Cássia Cordeiro Nogueira.

SEDUR. Secretaria de Desenvolvimento Urbano. Projeto de Revitalização e Gestão Ambiental dos Mananciais do Sistema Joanes/Ipitanga. **PR10 - Plano de Gestão Ambiental da Barragem Joanes I**. Relatório Final. Tomo II - Plano de Gestão do Reservatório. Salvador – Junho **2014**.

SEDUR. Secretaria de Desenvolvimento Urbano. Projeto de Revitalização e Gestão Ambiental dos Mananciais do Sistema Joanes/Ipitanga. **Relatório de Estudos Hidrológicos**. Contrato no 163/09 - Salvador – Janeiro **2013**.

SEMARH-BA / SRH. Projeto de Qualidade das Águas e Controle de Poluição Hídrica da Barragem de Pedra do Cavalo e Alto Subaé. Geohidro (2000)

Simulação da Operação do Reservatório de Pedra do Cavalo-BA, Para Múltiplos Usos, Considerando-se Níveis de Alerta: contribuições para balizamento do Termo de Permissão de Uso e Operação do Aproveitamento Hidrelétrico. Paulo Roberto Guimarães Serrano de Andrade, 2002.

SRH-BA. Termo de Permissão Provisória de Uso e Operação que Disciplina o Uso, a Operação e a Manutenção da Barragem da UHE Pedra do Cavalo, SRH-BA, EMBASA, ANEEL. 2007.

Vazão Engenharia. Nova Estação Elevatória Joanes I – Bolandeira. Dimensionamento Hidráulico. 2013.

APÊNDICE 1

DIAGNÓSTICO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA – MANANCIAIS, BARRAGENS E CAPTAÇÕES DOS MUNICÍPIOS DE SANTO AMARO E SAUBARA

**APÊNDICE 1 - DIAGNÓSTICO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA – MANANCIAIS,
BARRAGENS E CAPTAÇÕES DOS MUNICÍPIOS DE SANTO AMARO E SAUBARA****SUMÁRIO**

1.1.	CONSIDERAÇÕES GERAIS	8
1.2.	SISTEMAS OPERADOS PELA EMBASA.....	8
1.2.1.	SAA da Sede Municipal de Santo Amaro.....	8
1.2.1.1.	Manancial.....	10
1.2.1.2.	Captação.....	10
1.2.2.	SAA da Localidade de São Brás	11
1.2.2.1.	Manancial.....	11
A.	Estudo Hidrológico	14
A.1	Metodologia	14
A.2	Características Físicas e Climáticas	15
A.3	Demandas de Água	23
A.4	Características Hidrológicas das sub - bacias dos rios Açú, Doce e Subaé	23
B.	Geologia e Geomorfologia	27
C.	Demografia	31
D.	Economia	35
E.	Saneamento.....	36
F.	Uso do Solo e Cobertura Vegetal.....	41
F.1	Unidades de Conservação.....	47
G.	Uso da Água	47
H.	Qualidade da Água	50
1.2.2.2.	Captações.....	61
1.2.3.	SAA da Localidade de Pedras	64
1.2.3.1.	Manancial.....	66
A	Qualidade da Água	66
1.2.3.2.	Captações.....	69
1.2.4.	SIAA das Localidades do Planalto	72
1.2.4.1.	Manancial.....	72
A.	Caracterização Hidrogeológica	74
A.1	Domínio das Bacias Sedimentares	74

A.2	Domínio das Formações Cenozóicas	74
A.3	Domínio Cristalino	75
1.2.4.2.	Características da ocupação na superfície do terreno	78
1.	Dados operacionais dos poços	79
2.	Qualidade da água	79
1.2.4.3.	Captações	82
1.2.5.	SIAA Acupe/Saubara	83
1.2.5.1.	Caracterização do manancial subterrâneo	85
A.	Características da ocupação na superfície do terreno	85
B.	Dados operacionais dos poços	88
C.	Qualidade da água	89
1.2.5.2.	Captações	91
1.2.5.3.	Caracterização do manancial superficial	93
A.	Estudo Hidrológico	93
B.	Qualidade da água	93
1.2.5.4.	Captações	96
REFERÊNCIAS		100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. 1 - Croqui Esquemático do SAA da sede Municipal de Santo Amaro	9
Figura 1. 2 - Local da derivação da adutora de Pedra do Cavalo	10
Figura 1. 3 - Croqui Esquemático do SAA da Localidade de São Brás	12
Figura 1. 4 - Mapa de Hidrografia das Sub-bacias dos rios Açú, Doce e Subaé	13
Figura 1. 5 - Hidrografia da sub-bacia 50	16
Figura 1. 6 - Precipitação e evapotranspiração potencial em Santo Amaro	21
Figura 1. 7 - Excedente e deficiência hídrica em Santo Amaro	22
Figura 1. 8 - Fluviograma mensal das estações Subaé e Subaé II	25
Figura 1. 9 - Curva de permanência da estação Subaé II	26
Figura 1. 10 – Geologia das sub - bacias hidrográficas dos rios Açú, Doce e Subaé	29
Figura 1. 11 – Geomorfologia das sub - bacias hidrográficas dos rios Açú, Doce e Subaé	30
Figura 1. 12 – Taxas de Crescimento dos municípios: Sub - bacias hidrográficas dos rios Açú, Doce e Subaé	33
Figura 1. 13 – Densidade Demográfica das sub - bacias hidrográficas dos rios Açú, Doce e Subaé, segundo Censo IBGE 2010	34
Figura 1. 14 – Evolução do PIB no setor de serviços dos municípios das sub-bacias hidrográficas dos rios Açú, Doce e Subaé (2009-2011)	35
Figura 1. 15 – Evolução do PIB, por setor econômico, nas sub-bacias hidrográficas dos rios Açú, Doce e Subaé (2009-2011)	36
Figura 1. 16 – Índice de atendimento total de água (%) nos municípios das sub-bacias dos rios Açú, Doce e Subaé	37
Figura 1. 17 – Consumo médio <i>per capita</i> de água – Municípios das sub-bacias dos rios Açú, Doce e Subaé	38
Figura 1. 18 – Destino dos Efluentes Domésticos nas sub-bacias dos rios Açú, Doce e Subaé (2010)	38
Figura 1. 19 – Índice de coleta de esgoto (%) nos municípios das sub-bacias dos rios Açú, Doce e Subaé ...	39
Figura 1. 20 – Destinação dos resíduos sólidos nas sub-bacias dos rios Açú, Doce e Subaé (2010)	40
Figura 1. 21 – Mapa de Unidades de Paisagens da sub-bacia hidrográfica do rio Açú, Subaé e Doce	42
Figura 1. 22 - Cobertura e Uso da Terra por Município, segundo Censo Agropecuário 2006	43
Figura 1. 23 – Outorgas Superficiais emitidas pelo INEMA nas sub-bacias dos rios Açú, Doce e Subaé	49
Figura 1. 24 - Classificação do IQA e do IET para as últimas campanhas com dados disponíveis dos pontos de monitoramento localizados na área de interesse	56
Figura 1. 25 - Portão de acesso a área da captação do SAA de São Brás	61
Figura 1. 26 - Área da captação do SAA de São Brás - sem barreiras físicas	61
Figura 1. 27 - Vista parcial da área captação do SAA de São Brás, aspecto de abandonada	61
Figura 1. 28 - Trecho do manancial assoreado, área da captação rio Timbó	61

Figura 1. 29 e Figura 1. 30 - Vista geral área da captação.....	62
Figura 1. 31 e Figura 1. 32 - Edificação onde estão abrigados os conjuntos motobomba (CMB), responsáveis pela captação.....	62
Figura 1. 33 - Destaque para as estruturas componentes da captação	62
Figura 1. 34 - Caixa de registro desprotegida	62
Figura 1. 35 - Croqui Esquemático do SAA da Localidade de Pedras	65
Figura 1. 36 - Localização do ponto de captação (Fonte do Valetim) e ponto de monitoramento do INEMA mais próximo.....	66
Figura 1. 37 e Figura 1. 38 - Acesso a área da captação do SAA de Pedras.....	69
Figura 1. 39 - Escada de acesso a área da captação do SAA de Pedras	69
Figura 1. 40 - Área da captação do SAA de Pedras, devidamente cercada	69
Figura 1. 41 e Figura 1. 42 - Manancial supridor, minadouro, Fonte do Valentim	70
Figura 1. 43 -Vista geral área da captação – SAA de Pedras	70
Figura 1. 44 -Detalhe das estruturas componentes da captação, tubulações de sucção.....	70
Figura 1. 45 -Conjuntos motobomba (CMB) responsáveis pela captação	70
Figura 1. 46 -Vista geral fábrica de gramas, próximo a área da captação – SAA de Pedras	70
Figura 1. 47 e Figura 1. 48 -Fábrica de Gramas.....	71
Figura 1. 49 - Desenho esquemático do SIAA das localidades de Planalto	72
Figura 1. 50 - Localização dos Poços Perfurados pela EMBASA – Santo Amaro e Saubara	73
Figura 1. 51 - Mapa dos Domínios Hidrogeológicos e Poços de Captação dos Municípios de Santo Amaro e Saubara	76
Figura 1. 52 – Outorgas Subterrâneas Emitidas pelo INEMA nos Municípios de Santo Amaro e Saubara	77
Figura 1. 53 - Poço P01 – Instalado na área da ETA do Planalto	78
Figura 1. 54 - Poço P01 – Local da Instalação.....	78
Figura 1. 55 - Poço P01 - Vista geral do local da instalação	78
Figura 1. 56 - Poço P02 – Local da instalação	78
Figura 1. 57 - Poço P02 – Local da instalação, presença de animais	79
Figura 1. 58 - Poço P02 – Ponto de destinação inadequada de resíduos próximo ao poço (≈ 5 metros).....	79
Figura 1. 59 - Poço P02 – Vista geral do local da instalação, presença de animais	79
Figura 1. 60 - Poço P01 – Vista do barrilete de recalque	82
Figura 1. 61 - Poço P02 – Vista do barrilete de recalque	82
Figura 1. 62 - Poço P02 – Medidor de pressão (Detalhe em vermelho).....	82
Figura 1. 63 – Croqui Esquemático do SIAA de Acupe/Saubara	84
Figura 1. 64 - Poço 1 (Saubara) que encontra-se no mesmo local da captação superficial.....	85
Figura 1. 65 - Área do Poço 1 (Saubara), devidamente cercada e afastada do centro urbano de Saubara (EMBASA, 2011).....	85

Figura 1. 66 - Poço 1 (Cabuçu) localizado em área densamente povoada	86
Figura 1. 67 - Ocupação no entorno do Poço 1 (Cabuçu)	86
Figura 1. 68 - Área sem qualquer restrição ao acesso - Poço 1 (Cabuçu)	86
Figura 1. 69 - Foto panorâmica da área no entorno do Poço 1 (Cabuçu), que está em destaque.	86
Figura 1. 70 - Área do Poço 2 (Cabuçu), que encontra-se em área mais afastada da zona urbana	87
Figura 1. 71 - Poço 2 (Cabuçu). Não foi possível o acesso da equipe para verificação de suas condições	87
Figura 1. 72 - Área do entorno do Poço 2 (Cabuçu). Existem algumas moradias próximas ao local da captação.	87
Figura 1. 73 - Poço 1 (Bom Jesus dos Pobres) localizado na área da ETA	87
Figura 1. 74 - ETA de Bom Jesus dos Pobres, onde está localizado o Poço 1 (em destaque). Verifica-se boa conservação e proteção do local.....	87
Figura 1. 75 - Área onde está localizado o Poço 2 (Bom Jesus dos Pobres), afastado do centro urbano do distrito (EMBASA, 2011)	88
Figura 1. 76 - Poço 2 (Bom Jesus dos Pobres) (EMBASA, 2011).....	88
Figura 1. 77 - Poço 1 (Saubara) não apresenta estruturas de medição de pressão	91
Figura 1. 78 - Registro de controle do Poço 1 (Saubara) sem caixa de proteção e aterrado	91
Figura 1. 79 - Instalações elétricas do Poço 1 (Bom Jesus dos Pobres).	92
Figura 1. 80 - Estruturas de medição de pressão e controle de vazão do Poço 1 (Bom Jesus dos Pobres) ...	92
Figura 1. 81 - Manômetro com vazamento Poço 1 (Bom Jesus dos Pobres).....	92
Figura 1. 82 - Registro do Poço 1 (Cabuçu) sem estrutura de proteção	92
Figura 1. 83 - Em destaque, a inexistência de estruturas de medição de vazão, ou registro de controle do sistema do Poço 1 (Cabuçu)	92
Figura 1. 84 - Localização do ponto de captação no rio Iraú e ponto de monitoramento do INEMA mais próximo	93
Figura 1. 85 - Ponto de captação no rio Iraú. Evidencia-se a estrutura de sustentação da bomba e pequena barragem.....	96
Figura 1. 86 - Condições do rio à montante da captação	96
Figura 1. 87 - Condições do rio à jusante da captação	96
Figura 1. 88 - Estrutura de sustentação dos mangotes e da bomba	96
Figura 1. 89 - Estrutura de sustentação dos mangotes.....	97
Figura 1. 90 - Instalações elétricas (em destaque) expostas	97

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. 1 - Estações fluviométricas com dados de vazão na sub-bacia do rio Subaé	15
Quadro 1. 2 - Informações sobre a Estação pluviométrica selecionada.....	17
Quadro 1. 3 - Pluviometria mensal para a estação Subaé (Santo Amaro)	17
Quadro 1. 4 – Coeficiente para estimativa das temperaturas médias das mínimas, média das média e média das máximas.....	19
Quadro 1. 5 - Temperatura média e evapotranspiração potencial em Santo Amaro.....	20
Quadro 1. 6 - Balanço climatológico (Thornthwaite - Mather) em Santo Amaro.....	21
Quadro 1. 7 - Vazões médias mensais e anuais (m³/s) na estação Subaé.....	23
Quadro 1. 8 - Vazões médias mensais e anuais (m³/s) na estação Subaé II.....	24
Quadro 1. 9 - Vazões médias diárias para a estação Subaé II (0% a 100%).....	25
Quadro 1. 10 - Vazão disponível nos locais de interesse ($Q_{100\%} - 20\% Q_{90\%}$).....	26
Quadro 1. 11 – Unidades Geológicas identificadas nas sub - bacias dos rios Açú, Doce e Subaé	27
Quadro 1. 12 – Domínios Morfoestruturais das sub - bacias dos rios Açú, Doce e Subaé	28
Quadro 1. 13 - Evolução da População Residente por Situação de Domicílio nos municípios das sub-bacias hidrográficas dos rios Açú, Doce e Subaé - 1991, 2000 e 2010	31
Quadro 1. 14 - Característica do Saneamento dos Domicílios Particulares Permanentes: Abastecimento de Água	37
Quadro 1. 15 – Doenças infecciosas e parasitárias de notificação compulsória (2012).....	40
Quadro 1. 16 – Produção agrícola dos municípios das sub bacias dos rios Açú, Doce e Subaé (2012)	43
Quadro 1. 17 - Unidades de Conservação existentes nas sub-bacias dos rios Açú, Doce e Subaé.....	47
Quadro 1. 18 - Número de Estabelecimentos Agropecuários com Uso de Irrigação	48
Quadro 1. 19 - Pontos de monitoramento do Programa Monitora localizados no Rio Subaé.....	51
Quadro 1. 20 – Categorias da avaliação da qualidade da água.....	51
Quadro 1. 21 – Categorias da avaliação do estado trófico.....	52
Quadro 1. 22 – Resultado do IQA para os pontos de monitoramento localizados no Rio Subaé e Riacho Pitanga.....	54
Quadro 1. 23 – Resultado do IET para os pontos de monitoramento localizados no rio Subaé e riacho Pitanga	54
Quadro 1. 24 – Resultados, por campanha, dos parâmetros do ponto de monitoramento RCN-SUB-100	58
Quadro 1. 25 - Resultados de análises de água do rio Timbó/riacho Pitanga de amostras coletadas no local da captação da Embasa	60
Quadro 1. 26 – Características técnicas dos conjuntos motor - bombas utilizados na captação do SAA de São Brás	63
Quadro 1. 27 – Demandas previstas para Zona São Brás	63

Quadro 1. 28 - Resultados de análises de água da Fonte do Valentim de amostras coletadas no local da captação da Embasa	68
Quadro 1. 29 – Características técnicas dos conjuntos motor - bombas utilizados na captação do SAA de Pedras.....	71
Quadro 1. 30 – Localização e características funcionais dos poços tubulares do SIAA do Planalto.....	79
Quadro 1. 31 – Resultados das Análises de Água Bruta – SIAA do Planalto.....	81
Quadro 1. 32 – Características técnicas dos conjuntos motor - bomba da captação do SIAA do Planalto	82
Quadro 1. 33 – Outorgas Concedidas para o SAA de Acupe/Saubara	83
Quadro 1. 34 – Localização e características funcionais dos poços tubulares do SIAA de Acupe/Saubara	88
Quadro 1. 35 - Resultados das Análises de Água Bruta – SIAA de Acupe/Saubara.....	90
Quadro 1. 36 – Características técnicas dos conjuntos motobomba da captação do SIAA de Acupe/Saubara	91
Quadro 1. 37 - Resultados de análises de água do rio Iraú de amostras coletadas no local da captação da Embasa.....	95
Quadro 1. 38 – Características técnicas dos conjuntos motor - bombas utilizados na captação do SIAA de Acupe/Saubara	97
Quadro 1. 39 – Demandas previstas para Saubara	97

1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Na área de abrangência dos municípios de Santo Amaro e Saubara existem 5 (cinco) sistemas de abastecimento de água convencionais, ou seja, constituídos das unidades de captação, adução, estação de tratamento, reservação, redes de distribuição e ligações domiciliares.

Todos esses sistemas são administrados pela EMBASA e estão subordinados a Unidade Regional de Candeias (UMS), sendo identificados pelas seguintes denominações:

- Sistema de Abastecimento de Água da Sede Municipal de Santo Amaro;
- Sistema de Abastecimento de Água da Localidade de São Brás;
- Sistema de Abastecimento de Água da Localidade de Pedras;
- Sistema Integrado de Abastecimento de Água Acupe/Saubara; e
- Sistema Integrado de Abastecimento de Água das Localidades do Planalto.

Além deles, existem sistemas isolados, não convencionais, que atendem a pequenos aglomerados localizados na zona rural dos municípios, construídos pela CERB e mantidos pelas próprias comunidades. Esses sistemas, de modo geral, se encontram em precário estado de conservação e funcionamento.

Em Santo Amaro, de acordo com informações fornecidas pela Prefeitura do Município, as localidades que possuem sistemas isolados são: Bela Vista, Nova Suíça, Ponta do Carvão, Km 25, Cepel, Lama Branca e Pitangas (situadas na região do Planalto); Oliveira dos Campinhos, Campinhos, Nova Conquista, Urupi, Canoa, Tanque de Senzala, Barro Branco e Marapé. Já as localidades de Vila de São Francisco, Ribeirão, Retiro Peraúna, Sergi, Cochô, Piedade, Fazenda Rocha não são atendidas por sistema de abastecimento de água. O sistema de abastecimento de Saubara, por sua vez, não contempla as localidades de Monte Cristo e Araripe (GEOHIDRO, 2014).

De modo geral, os sistemas isolados são constituídos de captação, adução, reservação e distribuição, na maioria das vezes com água distribuída e fornecida sem tratamento algum. Por sua vez, as localidades não atendidas por sistema de abastecimento de água são abastecidas por carros-pipas fornecidos pela Prefeitura do Município, ou por poços e fontes de propriedades particulares.

Convém destacar que o Projeto de Ampliação do Sistema Integrado de Abastecimento de Água de Acupe/Saubara (EMBASA, 2004), cuja concepção prevê a integração dos sistemas de São Brás e Acupe/Saubara ao SAA da Sede Municipal de Santo Amaro, encontra-se em fase de implantação.

1.2. SISTEMAS OPERADOS PELA EMBASA

1.2.1. SAA da Sede Municipal de Santo Amaro

O Sistema de Abastecimento de Água (SAA) da Sede Municipal de Santo Amaro entrou em operação na década de setenta, operado pelo Escritório Local de Santo Amaro, e seu esquema de funcionamento pode ser visualizado na **Figura 1. 1**.

No que se refere ao licenciamento ambiental, o SAA de Santo Amaro, assim como todos os sistemas de abastecimento de água subordinados a Unidade Regional de Candeias, está contemplado pela Licença de Operação da UMS, concedida pela Portaria do Inema Nº 3.027, emitida em 13/07/2012 e válida até 13/07/2016. Quanto ao uso da água, o sistema possui outorga concedida por meio da Portaria Nº 059/05 publicada em 22 e 23/01/05, no Diário Oficial do Estado, para captação no rio Paraguaçu (Barragem de Pedra do Cavalo), com vazão total outorgada de 604.800 m³/dia (EMBASA, 2014). Salienta-se, que essa vazão outorgada compreende também aos sistemas do Recôncavo e Passagem dos Teixeiras.

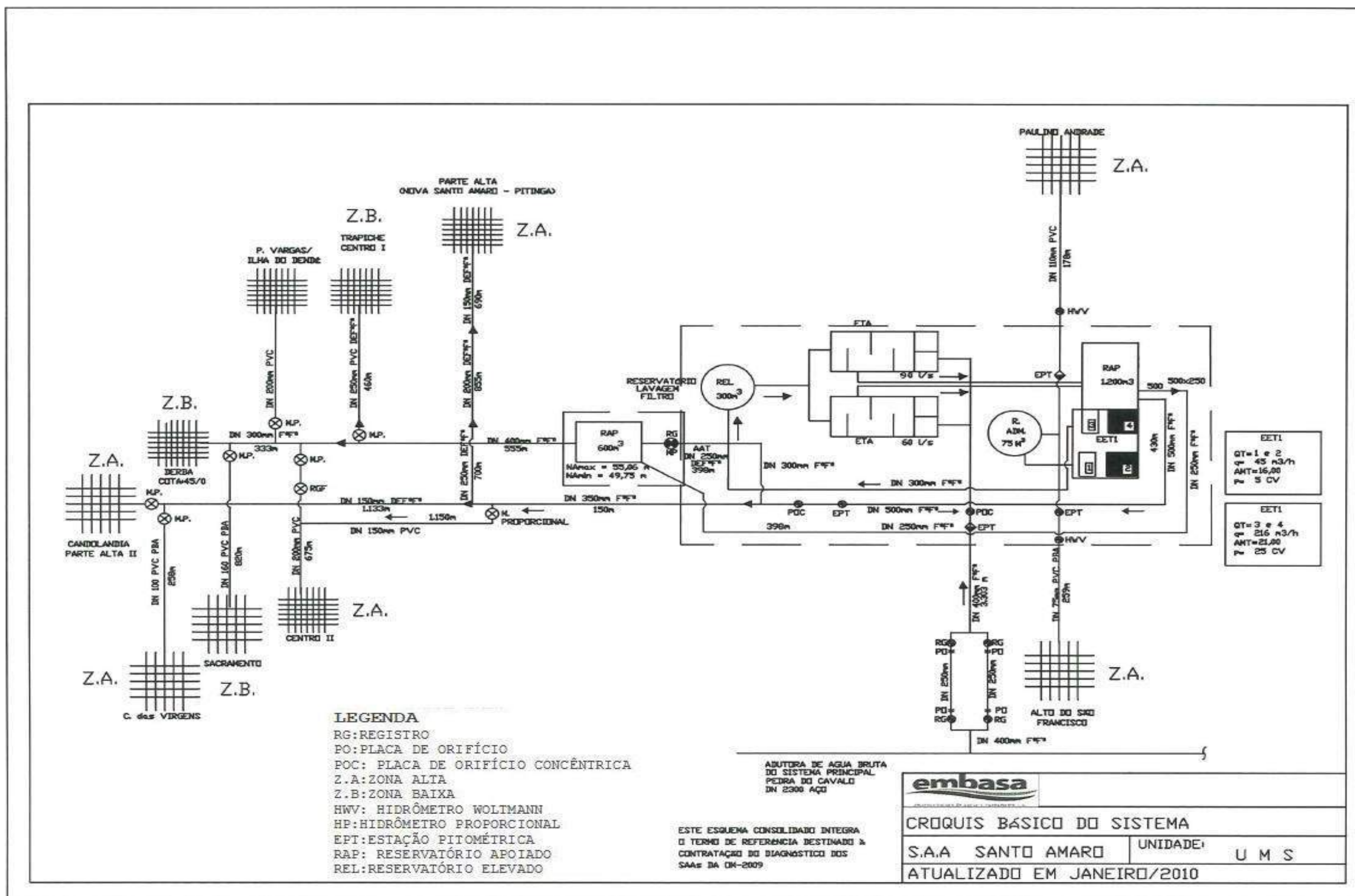


Figura 1.1 - Croqui Esquemático do SAA da sede Municipal de Santo Amaro

Fonte: Adaptado da EMBASA, 2010.

O sistema conta com um total de 15.309 economias, sendo 13.133 ativas, 646 inativas e 1.530 suprimidas, atendendo uma população de aproximadamente 45.927 habitantes, com uma vazão disponibilizada média de 184.192 m³/mês, operando em média 24 horas/dia (EMBASA, 2014).

A água de abastecimento é proveniente de manancial superficial, o rio Paraguaçu, por meio de uma derivação (DN 400mm) na adutora de água bruta do sistema principal de Pedra do Cavalo. Deste ponto a água bruta captada é encaminhada, por gravidade, até a ETA, situada no Alto do São Francisco, cuja tecnologia de tratamento utilizada é a de filtração de fluxo ascendente (Filtros Russos).

A ETA é do tipo fluxo ascendente, cujos filtros possuem um reservatório elevado de lavagem, com capacidade de 300 m³ (RED 300). Após o tratamento, a água é conduzida para um reservatório apoiado com capacidade de 1.200 m³ (RAD 1200). Parte da água tratada segue para a estação elevatória EEAT1, de onde é bombeada para um reservatório elevado de distribuição de 75 m³ (RED 75), que atende aos bairros de Paulino Andrade e Alto do São Francisco, e para o RED 300 de lavagem dos filtros. O reservatório de 1200 m³ também atende, por gravidade:

- Candolândia, Parte Alta II, Parte Alta I (Nova Santo Amaro - Pitinga) e C. Das Virgens;
- Um reservatório apoiado de 600 m³ (RAD 600), o qual abastece os bairros de Trapiche, Centro I, Centro II, Sacramento, Presidente Vargas, Ilha do Dendê e DERBA.

1.2.1.1. Manancial

O SAA da Sede Municipal de Santo Amaro é abastecido através de derivação na adutora principal que capta água do rio Paraguaçu, na barragem de Pedra do Cavalo. Na área de abrangência deste Plano Diretor, este reservatório é responsável pelo abastecimento de grande parte dos municípios da Região Metropolitana de Salvador, bem como Santo Amaro e, futuramente, Saubara.

Esse manancial, bem como a barragem de Pedra do Cavalo foram avaliados no que diz respeito aos estudos hidrológicos, demandas, bem como às características físicas e climáticas da sub-bacia na qual está inserido. Essas considerações foram feitas anteriormente, quando se tratou do SIAA de Salvador e SIAA do Recôncavo.

1.2.1.2. Captação

A captação do SAA da Sede Municipal de Santo Amaro é realizada a partir de derivação da adutora que leva água bruta da barragem de Pedra do Cavalo até a ETA principal, em Salvador. Este ponto de captação localiza-se nas coordenadas 0529173 e 8614496 (UTM SAD 69), na via de acesso que liga a sede municipal à localidade de Oliveira. Conforme mostra a foto ao lado, a tomada de água encontra-se em local afastado da zona urbana, às margens da autoestrada, com ocupação rarefeita no seu entorno, e sem focos de contaminação nas suas proximidades. O local da derivação encontra-se isolado por uma caixa de concreto, e a área se encontra devidamente sinalizada.



Figura 1.2 - Local da derivação da adutora de Pedra do Cavalo

1.2.2. SAA da Localidade de São Brás

O sistema de abastecimento de água da localidade de São Brás entrou em operação no ano de 1986. Este sistema também é operado pelo Escritório Local de Santo Amaro.

No que se refere ao licenciamento ambiental, o sistema supracitado, assim como todos os sistemas de abastecimento de água subordinados a Unidade Regional de Candeias, está contemplado pela Licença de Operação da UMS, concedida pela Portaria do Inema nº 3.027 emitida em 13/07/2012 e válida até 13/07/2016. Em relação ao uso da água, não constam informações sobre a concessão da outorga no quadro “Situação das Outorgas – Março 2014”, disponibilizado pela EMBASA.

O sistema conta com um total de 517 economias, sendo 411 ativas, 49 inativas e 57 suprimidas (desligada temporariamente), atendendo uma população de aproximadamente 1.551 habitantes, com uma vazão disponibilizada média de 3.682,5 m³/mês, operando em média 9 horas/dia (EMBASA, 2014).

A captação se dá em manancial superficial, o rio Timbó, de onde a água bruta é recalçada para a Estação de Tratamento de Água (ETA), a qual é composta por um Filtro de Fluxo Ascendente, comumente chamado de Filtro Russo, de onde a água tratada segue por gravidade para um tanque de contato no qual são dosados os produtos químicos.

Deste ponto, a água é, então, recalçada para o Reservatório Apoiado de Distribuição (RAP) com capacidade de 50m³ para ser distribuída, como pode ser observado no esquema de funcionamento do SAA de São Brás, representado na **Figura 1. 3** a seguir.

1.2.2.1. Manancial

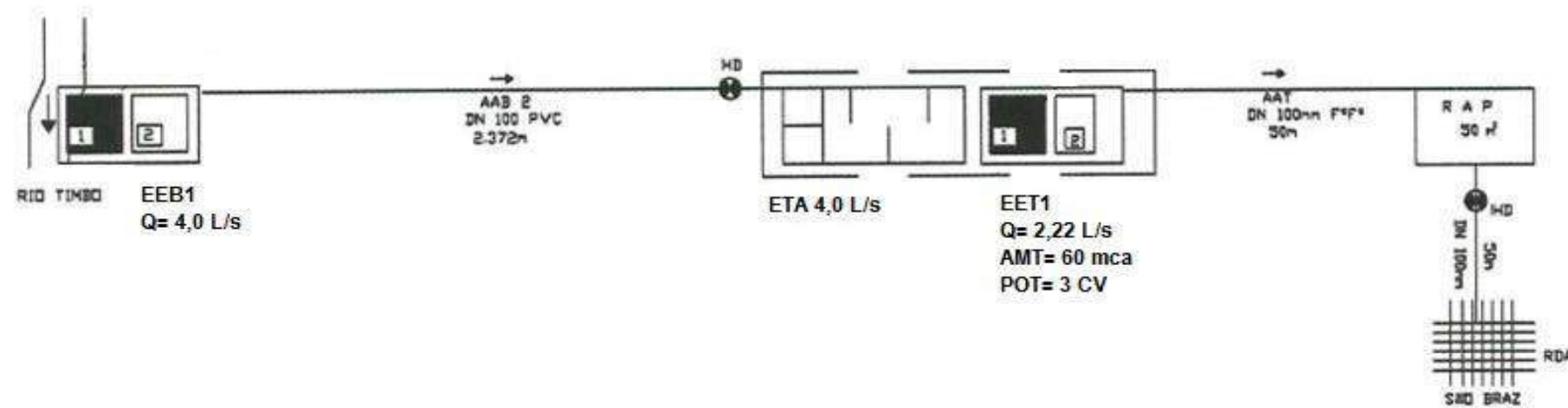
O SAA de São Brás é suprido pelo manancial de superfície, o rio Timbó, também conhecido como riacho Pitanga. Este manancial é um dos afluentes do rio Subaé que, por sua vez, localiza-se na Região de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA) do Recôncavo Norte e Inhambupe. Esta RPGA possui área de aproximadamente 18.000 km², representando 3% do território baiano, e integra 46 municípios, com um total de 3.742.632 habitantes (INEMA, 2013).

Juntamente com a sub-bacia do rio Subaé, serão avaliadas as sub-bacias dos rios Açu e Doce, nas quais localizam-se os mananciais de captação dos SIAA de Acupe/Saubara (Rio Iraúá) e SAA de Pedras (Fonte do Valentim), respectivamente. Devido ao fato de estes mananciais situarem-se na mesma RPGA, em regiões com características climáticas e físicas semelhantes, e relativa proximidade entre os corpos d'água da captação, optou-se pela avaliação das sub-bacias dos rios Açu, Doce e Subaé de forma conjunta, resultando em uma única área de estudo (ver **Figura 1. 4**). Desta forma, as considerações realizadas neste item, são extensíveis aos mananciais do SAA de Pedras e SIAA de Acupe/Saubara, apresentados posteriormente.

Tendo em vista que não existem estudos de enquadramento para as sub-bacias dos rios analisados, os mesmos devem ser classificados conforme o critério estabelecido no Artigo 42 da Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) 357/05, o qual estabelece que enquanto não forem realizados os enquadramentos, as águas doces serão consideradas Classe 2.

Segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, as águas dos rios de Classe 2 podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.



ESTE ESQUEMA CONSOLIDADO INTEGRA O TERMO
DE REFERÊNCIA DESTINADO À CONTRATAÇÃO DO
DIAGNÓSTICO DOS SAAs DA OM - 2009

LEGENDA

HD: HIDRÔMETRO
EEB: ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA
ETA: ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA
EET: ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA
RAP: RESERVATÓRIO APOIADO
RDA: REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

embasa
EMPRESA BAHIANA DE SANEAMENTO

CROQUIS BÁSICO DO SISTEMA

S.A.A. SÃO BRAS

UNIDADE:

U M S

ATUALIZADO EM JANEIRO/2010

Figura 1. 3 - Croqui Esquemático do SAA da Localidade de São Brás

Fonte: Adaptado de EMBASA, 2010.

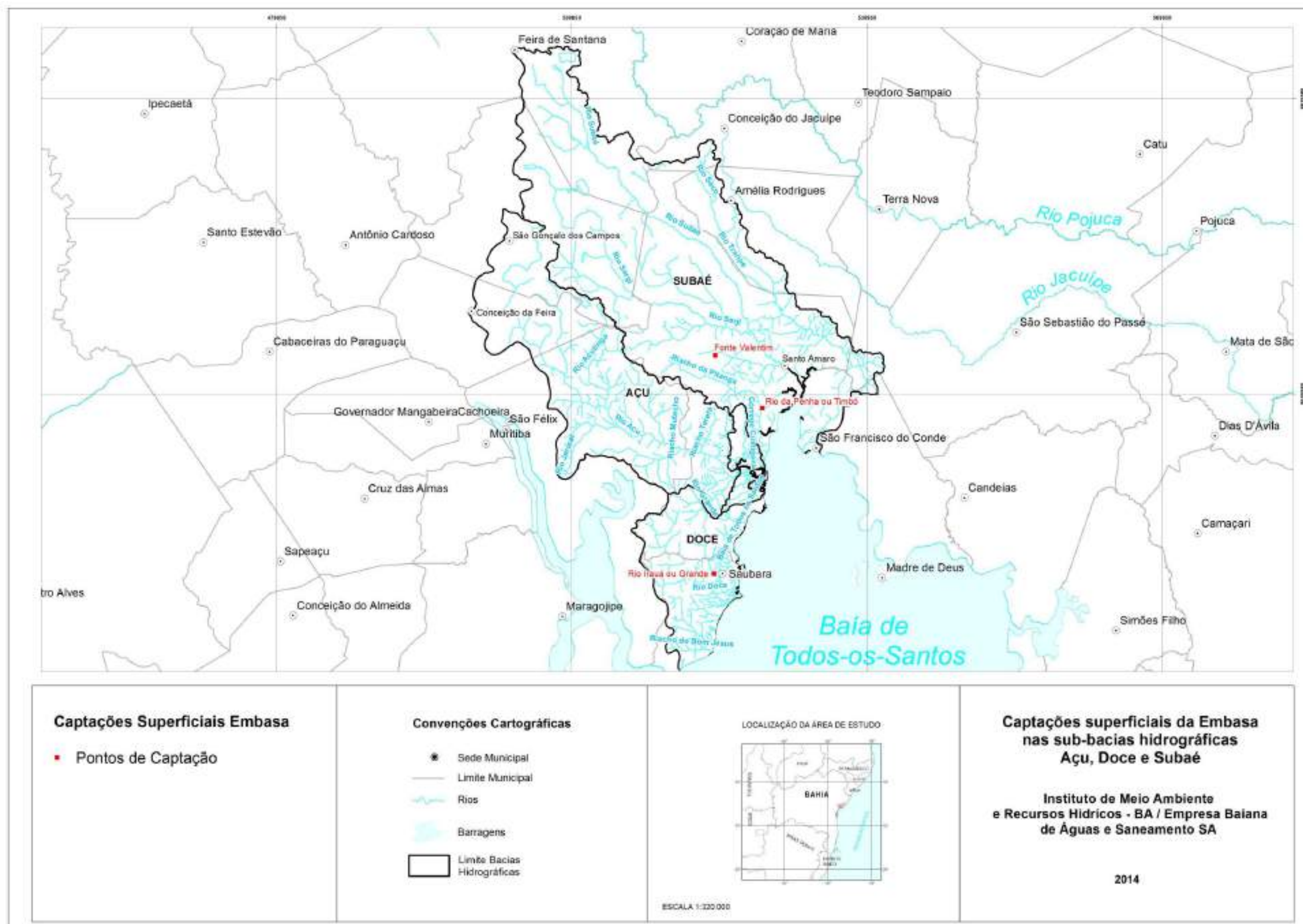


Figura 1. 4 - Mapa de Hidrografia das Sub-bacias dos rios Açu, Doce e Subaé

Fonte: GEOHIDRO, 2014

A. Estudo Hidrológico

Este item tem por objetivo caracterizar as sub-bacias do Rio Grande (próximo à sua confluência com o rio Iraúá) e o Riacho da Pitanga, bacias estas onde se encontram os pontos de captação dos sistemas de abastecimento de interesse, observando aspectos gerais do seu comportamento hidrológico com destaque para a capacidade de atendimento às demandas.

A.1 Metodologia

A metodologia utilizada para a avaliação dos mananciais de superfície que abastecem aos sistemas de São Brás, Acupe/Saubara e Pedras consistiu em análises de estudos e bancos de dados existentes relacionados a aspectos da hidrologia regional e local, assim como dados oficiais de variáveis hidrológicas, climatológicas e relacionadas ao meio físico. Entre eles destacam-se:

- Banco de Dados Hidrometeorológicos da Agência Nacional de Águas – ANA (Hidroweb);
- Revisão do Balanço Hídrico do Plano Estadual de Recursos Hídricos - Bahia (PERH-BA);
- Estudo da Vazão de 95% de Permanência da Sub-bacia 50 (CPRM);
- Zoneamento Ecológico Econômico do Estado da Bahia (SEMA-BA e SEPLAN-BA);
- Dados fluviométricos e sobre reservatórios de regularização do INEMA- BA;

Para o conhecimento do panorama atual das sub-bacias estudadas, os mananciais foram observados a partir dos seguintes elementos:

- A bacia hidrográfica e a RPGA (Região de Planejamento e Gestão das Águas), destacando aspectos relativos à gestão de suas águas;
- As características do meio físico a partir dos fatores mais significativos para a formação dos dois principais componentes do escoamento superficial (o escoamento direto e o escoamento de base);
- Aspectos relevantes do clima regional, responsáveis pela alimentação do sistema hidrológico;
- Macro caracterização dos demais usos da água (outros que não o abastecimento das comunidades) estimados para a região.

O aprofundamento das análises hidrológicas é efetuado a partir da caracterização do regime dos cursos de água de interesse do estudo. Para tanto, nos locais associados às estruturas de captação dos sistemas de abastecimento é destacado o comportamento das vazões médias, das máximas e das mínimas nos locais associados às estruturas de captação do sistema de abastecimento.

Para dar suporte às análises hidrológicas foi levantado o maior número possível de estações fluviométricas de maneira a proporcionar uma base de dados que permitisse retratar, com maior representatividade possível, o regime de vazões dos rios de interesse para o atendimento das demandas dos sistemas de abastecimento estudados.

São encontrados no Inventário de Estações Fluviométricas da ANA dois postos relativos à bacia do Subaé, curso de água existente próximo daqueles que foram estudados, todavia não existem estações nas respectivas às sub-bacias do Rio Grande e do Riacho do Pitanga. As estações existentes no Rio Subaé estão associadas a bacias de contribuição com características físicas e climatológicas bastante semelhantes daquelas de interesse mais direto.

As duas estações existentes são a Subaé (código 51060000) e Subaé II (código 51060100), e estão associadas à uma bacia de contribuição de 175 e 390 km², respectivamente. Estas estações possuem períodos distintos e complementares de observação, mostrando que podem ser consideradas como

observações de um único ponto do rio. As coordenadas geográficas das duas estações comprovam a grande proximidade entre ela, conforme é apresentado no **Quadro 1. 1**.

Quadro 1. 1 - Estações fluviométricas com dados de vazão na sub-bacia do rio Subaé

RIO	CÓDIGO	NOME DA ESTAÇÃO	ÁREA DA BACIA (km ²)	LATITUDE	LONGITUDE	OPERAÇÃO	
						INÍCIO	FIM
Subaé	51060000	Subaé	175	-12:31:00	-38:44:00	1968	1989
Subaé	51060100	Subaé II	390	-12:31:50	-38:44:19	1989	2014

Fonte: Hidroweb (ANA), 2014

A estação Subaé possui dados entre outubro de 1968 e abril de 1989 (com falhas no período) e a Subaé II apresenta, também com falhas, informações entre julho de 1989 e março de 2014.

A.2 Características Físicas e Climáticas

Conforme mencionado anteriormente, as bacias do Rio Grande e do Riacho Pitanga estão inseridas na Região de Planejamento e Gestão das Águas – RPGA do Recôncavo Norte e Inhambupe, cujos recursos hídricos superficiais são de domínio do Estado da Bahia. Esta RPGA possui Comitê de Bacia já instituído, o qual está iniciando a elaboração do Plano de Bacia da mesma.

Na configuração do sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, a RPGA do Recôncavo Norte e Inhambupe está inserida na Bacia 5 – Bacias do Atlântico Sul – Trecho Leste e, dentro desta região, na Sub-Bacia 50, composta pelas bacias hidrográficas da Bacia 5, situadas mais ao norte.

A **Figura 1. 5**, a seguir, localiza a sub-bacia 50 no nordeste brasileiro e no Estado da Bahia e identifica as bacias de seus principais rios. A RPGA do Recôncavo Norte e Inhambupe é composta pela bacia do Inhambupe e todas aquelas situadas a sul desta até o limite com a bacia do Rio Paraguaçu.

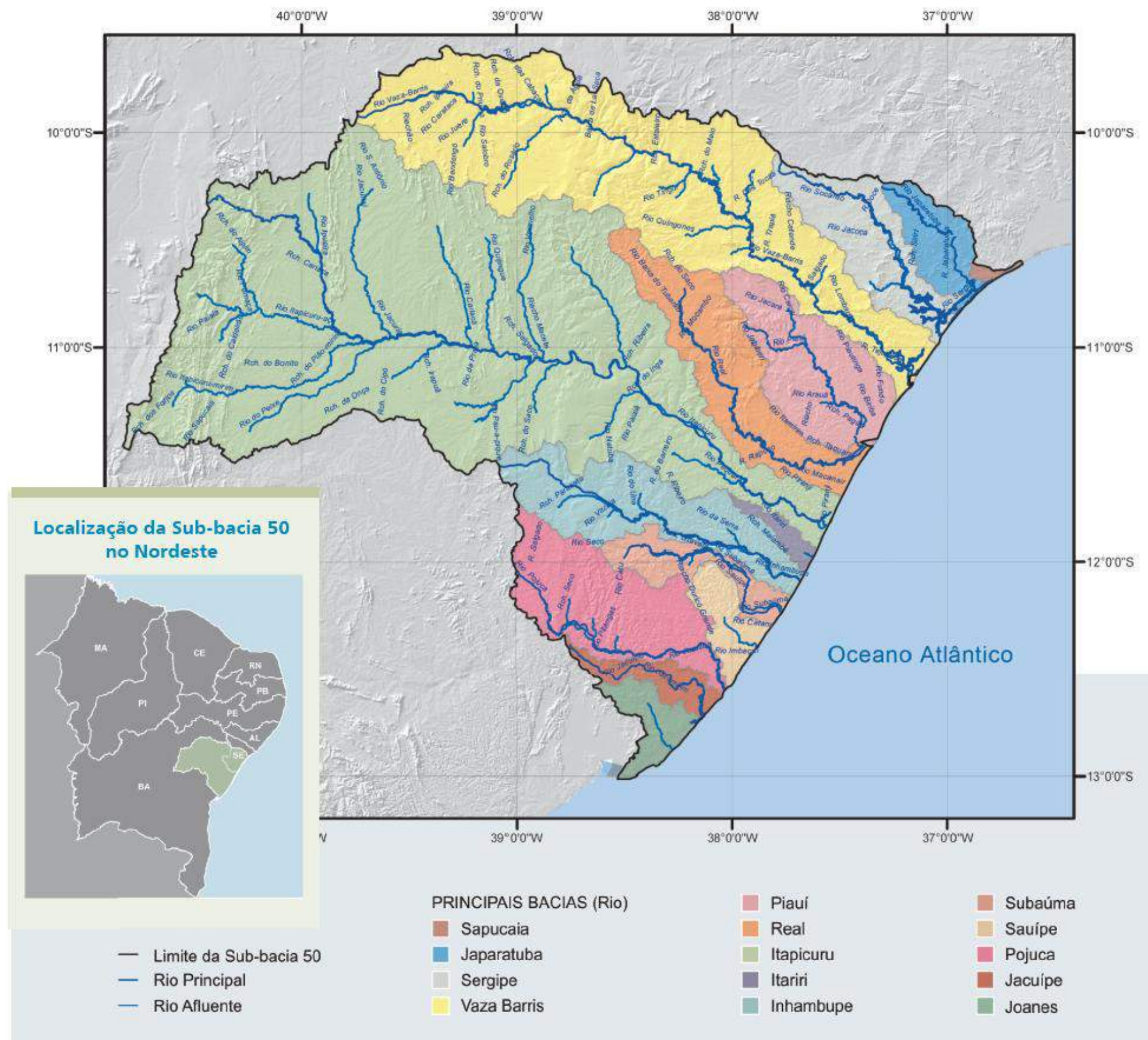


Figura 1. 5 - Hidrografia da sub-bacia 50
Fonte: CPRM, 2013

A grande proximidade da região litorânea proporciona a estas duas bacias - Rio Grande e do Riacho Pitanga - características climatológicas típicas desta região. Por conseguinte, esta condição é predominante em toda a sub-bacia do Subaé.

Em boa parte do litoral baiano, a principal causa de chuvas pode ser associada à chegada de frentes frias vindas do sul. Estas frentes deslocam-se de sul para norte ao longo de todo o ano, mas é no período de maio a julho que elas resultam nos maiores índices pluviométricos, graças ao menor aquecimento que elas sofrem ao passar pelos estados do sudeste. Massas frias chegando a regiões como o litoral baiano, onde a umidade e a temperatura das massas de ar são elevadas, proporciona grande potencial de formação de chuvas.

Este comportamento é muito bem observado até a altura de Salvador e, na medida em que se desloca para setores mais a norte, mesmo no litoral, é possível observar que existe uma diminuição um tanto significativa dos indicadores de chuva. Nos setores mais a norte do litoral baiano se apresenta como elemento mais significativo na causa de chuvas a chegada de ondas de leste, fenômeno observado com maior frequência no período que se estende entre o final do verão e os primeiros meses do inverno. É muito comum observar chuvas apenas numa estreita faixa do litoral norte da Bahia, Sergipe, Alagoas e Pernambuco nesta época do ano.

Na região em estudo, estas são as duas principais causas de chuvas.

Para ilustrar este comportamento, são apresentados dados referentes à estação pluviométrica Subaé disponibilizada no banco de dados da ANA (Hidroweb), localizada no município de Santo Amaro, com dados não consistidos no período de setembro de 1945 a novembro de 1962 e, consistidos, entre outubro de 1945 e dezembro de 1961, conforme apresentado no **Quadro 1. 2**, a seguir.

Quadro 1. 2- Informações sobre a Estação pluviométrica selecionada

CÓDIGO	NOME DA ESTAÇÃO	MUNICÍPIO	OPERADORA	LAT.	LONG.	INÍCIO DA OPERAÇÃO	FIM DA OPERAÇÃO
01238036	Subaé	Santo Amaro	ANA	-12°33'00"	-38°42'00"	Set/1945	Dez/1961

Fonte: Hidroweb (ANA), 2014

O **Quadro 1. 3** a seguir apresenta os valores dos totais mensais e anuais para o período em que são disponibilizados dados consistidos, chamando a atenção de que somente são estimados totais anuais quando não existe falha ao longo dos 365 dias do ano. Os valores das médias dos totais anuais apresentados, ratificam o regime de chuvas bem típico do litoral.

Quadro 1. 3 - Pluviometria mensal para a estação Subaé (Santo Amaro)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL ANUAL
1945	-	-	-	-	-	-	-	-	-	292,4	96,4	169,8	-
1946	58,6	27,0	45,6	227,7	203,5	257,9	116,9	170,0	73,5	20,7	75,0	151,4	1.427,8
1947	40,9	15,6	96,7	301,5	208,3	153,5	116,3	114,0	86,2	103,9	566,5	121,5	1.924,9
1948	101,4	14,6	172,9	151,6	230,3	335,4	227,4	188,0	120,3	115,5	102,3	107,0	1.866,7
1949	21,3	66,0	51,0	479,4	361,9	122,8	177,3	163,6	142,3	77,6	330,6	84,0	2.077,8
1950	43,9	82,2	103,0	104,6	179,7	113,5	246,0	67,4	19,3	77,6	90,9	43,9	1.172,0
1951	23,7	14,0	34,3	333,2	344,0	260,4	150,6	108,0	103,0	53,0	11,4	154,4	1.590,0
1952	5,4	6,7	221,8	44,2	394,2	92,4	160,5	123,2	21,4	103,2	41,3	362,6	1.576,9
1953	34,8	72,4	90,8	258,9	254,2	93,3	98,0	129,2	132,3	83,9	119,0	120,9	1.487,7

(cont.)

Continuação do Quadro 1.3 - Pluviometria mensal para a estação Subaé (Santo Amaro)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL ANUAL
1953	34,8	72,4	90,8	258,9	254,2	93,3	98,0	129,2	132,3	83,9	119,0	120,9	1.487,7
1954	50,6	66,6	126,3	217,3	139,3	107,3	109,4	184,3	13,8	2,2	127,2	178,4	1.322,7
1955	170,6	171,9	47,5	191,3	98,4	76,9	192,3	92,5	108,8	30,4	316,8	124,5	1.621,9
1956	7,4	95,6	193,1	161,6	365,0	83,5	293,0	296,5	74,0	133,6	385,8	104,6	2.193,7
1957	195,7	103,4	280,2	303,6	344,3	151,0	140,3	169,9	25,1	56,2	56,9	4,6	1.831,2
1958	59,9	331,4	210,4	189,9	281,9	261,2	282,9	44,8	135,7	77,8	66,9	102,3	2.045,1
1959	54,0	29,8	103,0	113,0	217,7	172,0	178,3	183,2	81,7	70,9	88,1	11,9	1.303,6
1960	243,0	79,3	269,0	333,0	372,8	263,8	230,2	107,3	81,0	35,4	161,3	1,1	2.177,2
1961	50,4	49,7	186,8	146,1	142,2	234,0	134,5	104,7	0,0	55,0	6,8	24,0	1.134,2
MÉDIAS	72,6	76,6	139,5	222,3	258,6	173,7	178,4	140,4	76,2	81,7	155,5	109,8	1.672,1

Fonte: Hidroweb (ANA), 2014

Ainda sobre dados relevantes do clima na área de interesse do estudo, são apresentados valores estimados para médias das temperaturas médias, máximas e mínimas, evapotranspiração potencial (ETP) e indicadores relacionados ao balanço hídrico climatológico.

Segundo metodologia proposta por **Hargreaves**, a ETP pode ser estimada a partir da radiação do topo da atmosfera e da média da temperatura mensal, assim como a média das temperaturas máximas e das mínimas para o mesmo mês. A expressão que sintetiza a metodologia é a que segue:

$$Et_o = 0,0023 \cdot R_a \cdot (T_{med} + 17,8) \cdot (T_{max} - T_{min})^{0,5}$$

onde:

Et_o = evapotranspiração de referência, em mm/dia;

R_a = radiação no topo da atmosfera, em MJ/(m²dia);

T = temperatura média do mês, em °C;

T_{max} = temperatura média das máximas para o mês em questão, em °C e

T_{min} = temperatura média das mínimas para o mês, em °C.

A radiação no topo da atmosfera, para a unidade especificada pode ser obtida a partir da expressão:

$$R_a = 37,586 \cdot d_r \cdot (w_s \cdot \sin \varphi \cdot \sin \delta_s + \cos \varphi \cdot \cos \delta_s \cdot \sin w_s),$$

onde:

d_r = distância relativa terra – sol, em radianos;

w_s = ângulo horário do por do sol, em radianos;

φ = latitude do lugar, em radianos e

δ_s = declinação solar em radianos.

R_a = expressa em equivalente de evaporação (mm/dia). Para mm/dia, dividir por 2,45.

Todos estes elementos podem ser obtidos a partir de informações sempre disponíveis em bancos de dados.

A declinação solar, em radianos, é obtida pela expressão:

$$\delta_s = 0,4093 \cdot \sin \left[\left(\frac{2\pi}{360} \right) \cdot J - 1,405 \right] \text{ onde } J \text{ é o número do dia do ano.}$$

Para valores mensais, J pode ser determinado como **J = inteiro (30,42 . M – 15,23)**, sendo M o número do mês e J corresponde ao valor médio do referido mês.

A distância relativa terra – sol, em radianos, pode ser obtida pela expressão:

$$dr = 1 + 0,033 \cdot \cos \left[\left(\frac{2\pi}{360} \right) \cdot J \right]$$

O ângulo horário do pôr do sol, em radianos, é obtido pela expressão:

$$w_s = \arccos (- \tan \varphi \cdot \tan \delta_s)$$

Nas expressões anteriores, a latitude tem sinal positivo para o hemisfério norte e negativo para hemisfério sul.

Para a estimativa das temperaturas médias, média das máximas e média das mínimas foram utilizadas expressões apresentadas no Documento Número 1 – Análise Espacial da Temperatura – do Atlas Climatológico do Estado da Bahia, editado, em 1976 pelo antigo Centro de Estatística e Informação – CEI, da Secretaria de Planejamento Ciência e Tecnologia, entidade que atualmente corresponde ao SEI. Estas expressões são válidas para todo o território baiano.

As expressões foram obtidas com a aplicação de métodos numéricos aplicados aos dados disponíveis. São do tipo:

$$\text{Temperatura} = C_{ind} + C_{Alt} + C_{Lat} + C_{Long},$$

onde:

C_{ind} corresponde a um coeficiente independente de variável;

C_{Alt} corresponde a um coeficiente a ser multiplicado pela altitude, em metros;

C_{Lat} corresponde a um coeficiente a ser multiplicado pela latitude, em minutos e

C_{Long} corresponde a um coeficiente a ser multiplicado pela longitude, em minutos.

O **Quadro 1. 4** apresenta os coeficientes, para cada mês, que são utilizados para a determinação da temperatura média, da temperatura média das máximas e para a temperatura média das mínimas, respectivamente.

Quadro 1. 4 – Coeficiente para estimativa das temperaturas médias das mínimas, média das média e média das máximas

Mês	MÍNIMAS				MÉDIAS				MÁXIMAS			
	C I	C alt	C lat	C long	CI	C alt	C lat	C long	CI	C alt	C lat	C long
JAN	21,7792	-0,0068	-0,0024	0,0014	26,9420	-0,0056	-0,0032	0,0010	26,3690	-0,0069	-0,0022	0,0037
FEV	19,4174	-0,0068	-0,0024	0,0023	28,0988	-0,0055	-0,0025	0,0003	23,3945	-0,0067	-0,0019	0,0048
MAR	23,401	-0,0068	-0,0037	0,0011	27,2146	-0,0054	-0,0027	0,0006	21,1129	-0,0076	-0,0012	0,0054
ABR	22,6109	-0,0068	-0,0032	0,0011	22,5684	-0,0059	-0,0036	0,0027	9,1448	-0,0067	-0,0099	0,0125
MAI	21,1051	-0,0073	-0,0053	0,002	20,7673	-0,0069	-0,0055	0,0036	5,2026	-0,0072	-0,0115	0,0141
JUN	28,9874	-0,0066	-0,0051	-0,0019	22,7748	-0,0065	-0,0050	0,0021	0,0262	-0,0081	-0,0116	0,0159
JUL	24,1617	-0,0065	-0,0044	-0,0005	17,5154	-0,0075	0,0027	0,0019	-7,6398	-0,0088	-0,0125	0,0193
AGO	22,6269	-0,0067	-0,0037	-0,001	19,3588	-0,0060	-0,0043	0,0030	-11,6424	-0,0076	-0,0139	0,0215
SET	22,3437	-0,0062	-0,0008	-0,0007	15,5232	-0,0067	-0,0078	0,0063	-11,4711	-0,0066	-0,0149	0,0224
OUT	15,5755	-0,0063	-0,0028	0,0036	9,8411	-0,0067	-0,0073	0,0092	0,7834	-0,0084	-0,0086	0,0163

(cont.)

Continuação do Quadro 1. 4 – Coeficiente para estimativa das temperaturas médias das mínimas, média das média e média das máximas

Mês	MÍNIMAS				MÉDIAS				MÁXIMAS			
	C I	C alt	C lat	C long	CI	C alt	C lat	C long	CI	C alt	C lat	C long
NOV	22,1899	-0,0058	-0,001	0,0002	17,2082	-0,0064	-0,0054	0,0055	8,8822	-0,0069	-0,0054	0,0116
DEZ	25,2992	-0,0055	-0,0015	-0,0008	24,0435	-0,0061	-0,0044	0,0024	24,6583	-0,0069	-0,0042	0,0047
ANUAL	16,503	-0,0074	-0,0049	0,0039	19,6889	-0,0063	-0,0048	0,0040	8,0363	-0,0093	-0,0048	0,0116

Fonte: CENTRO DE PLANEJAMENTO DA BAHIA (1976)

Definidos os valores de radiação e temperatura a partir do que foi comentado, é possível estimar a evapotranspiração de referência com a expressão de Hargreaves.

Dispondo dos dados de precipitação e das estimativas da evapotranspiração de referência, foi possível efetuar o balanço hídrico climatológico do solo pelo método de Thornthwaite – Mather. Seguindo a prática utilizada em diversos estudos, nos quais o balanço hídrico climatológico é realizado para uma extensa área, foi considerado que a capacidade de armazenamento do solo é de 100 mm.

A estação de Subaé (01238036) está numa altitude de 40 m. A sua latitude (-12:33:00) foi transformada em radianos (-0,2190), assim como a sua longitude (-38:42:00), -0,6754 radianos. Essas transformações possibilitaram calcular a temperatura média para cada situação específica (mínima, média e máxima) e a evapotranspiração de referência mensal.

Para Santo Amaro, os valores a que se chegou aplicando as expressões anteriores estão ilustrados nos Quadros e Figuras apresentados a seguir.

Quadro 1. 5 - Temperatura média e evapotranspiração potencial em Santo Amaro

MÊS	Tmed (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	J (dias)	dr (rad)	δ s (rad)	ws (rad)	Ra (mm/dia)	ETP (mm/dia)	HARGREAVE (mm/mês)
JAN	26,6	33,0	23,0	15	1,0	-0,4	1,7	16,4	5,3	165,0
FEV	26,7	32,8	22,7	45	1,0	-0,2	1,6	16,2	5,3	147,8
MAR	26,4	32,4	22,9	76	1,0	0,0	1,6	15,3	4,8	148,8
ABR	25,9	30,4	22,5	103	1,0	0,2	1,5	13,8	3,9	117,3
MAI	24,7	29,0	21,5	136	1,0	0,3	1,5	12,2	3,3	101,6
JUN	23,6	27,9	20,5	167	1,0	0,4	1,5	11,4	2,9	88,4
JUL	23,7	27,4	19,4	197	1,0	0,4	1,5	11,7	3,1	97,6
AGO	22,8	27,5	17,3	228	1,0	0,2	1,5	13,0	3,9	120,8
SET	24,0	29,1	19,9	258	1,0	0,0	1,6	14,6	4,3	127,7
OUT	25,4	31,8	21,6	288	1,0	-0,2	1,6	15,8	5,0	155,5
NOV	25,7	31,5	21,7	319	1,0	-0,3	1,6	16,3	5,1	152,7
DEZ	26,1	32,1	22,1	349	1,0	-0,4	1,7	16,4	5,2	162,4
ANUAL	25,1	31,0	21,6	-	-	-	-	-	-	1585,7

LEGENDA:

Tmed (°C): Temperatura média

Tmax (°C): Temperatura máxima

Tmin (°C): Temperatura mínima

J (dias): Número do dia do ano acumulado

dr (rad): Distância relativa terra-sol

δs (rad): Declinação solar

ws (rad): ângulo horário do pôr do sol

Ra (mm/dia): radiação no topo da atmosfera

ETP (mm/dia): Evapotranspiração Potencial

HARGREAVE (mm/mês): Evapotranspiração de referência

Fonte: Geohidro, 2014; *HIDROWEB

Quadro 1. 6 - Balanço climatológico (Thorntwaite - Mather) em Santo Amaro

MÊS	P(mm)	ETP (mm)	P-ETP(mm)	NEG.AC (mm)	ARM (mm)	VAR (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
JAN	72,6	165,0	-92,4	-244,5	8,7	-13,1	85,7	79,3	0,0
FEV	76,6	147,8	-71,2	-315,7	4,3	-4,4	81,0	66,8	0,0
MAR	139,5	148,8	-9,3	-325,0	3,9	-0,4	139,9	8,9	0,0
ABR	222,3	117,3	105,0	8,5	100,0	96,1	117,3	0,0	8,9
MAI	258,6	101,6	157,0	0,0	100,0	0,0	101,6	0,0	157,0
JUN	173,7	88,4	85,2	61,6	100,0	0,0	101,6	0,0	157,0
JUL	178,4	97,6	80,8	0,0	100,0	0,0	97,6	0,0	80,8
AGO	140,4	120,8	19,6	17,9	100,0	0,0	120,8	0,0	19,6
SET	76,2	127,7	-51,5	-33,7	71,4	-28,6	104,8	22,9	0,0
OUT	81,7	155,5	-73,8	-107,4	34,2	-37,2	118,9	36,6	0,0
NOV	155,5	152,7	2,7	-99,6	36,9	2,7	152,7	0,0	0,0
DEZ	109,8	162,4	-52,6	-152,2	21,8	-15,1	124,9	37,5	0,0
TOTAIS	1685,3	1585,7	-	-	-	-	1333,8	251,9	351,5

LEGENDA

P (mm): Precipitação Média Mensal

ETP (mm): Evapotranspiração Potencial Média Mensal

NEG.AC (mm): Negativo acumulado (Estresse hídrico (perda potencial); corresponde ao acumulado de P – ETP quando negativo)

ARM (mm)¹: Armazenamento Útil de água no solo

VAR (mm): Variação do armazenamento útil de água no solo

ETR (mm): Evapotranspiração real (igual a ETP, se $P \geq ETP$ ou igual a $P+|VAR|$, se $P < ETP$)

DEF (mm): Deficiência Hídrica (equivalente a $ETP - ETR$)

EXC (mm): Excedente Hídrico em relação ao armazenamento máximo

Fonte: *Agência Nacional de Água (dados de Precipitação) e Geohidro, 2014 (cálculos)

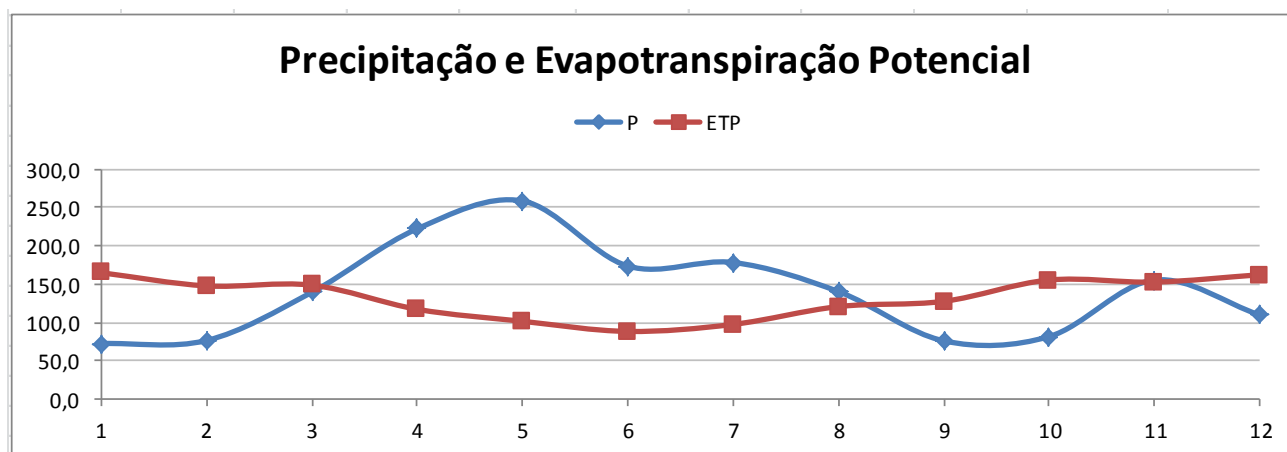


Figura 1. 6 - Precipitação e evapotranspiração potencial em Santo Amaro

Fonte: Geohidro, 2014

¹ OBS.: entre o armazenamento útil e o estresse hídrico vale a seguinte relação: $ARM = ARM_{MAX} e^{-\frac{NEG.AC}{ARM_{MAX}}}$

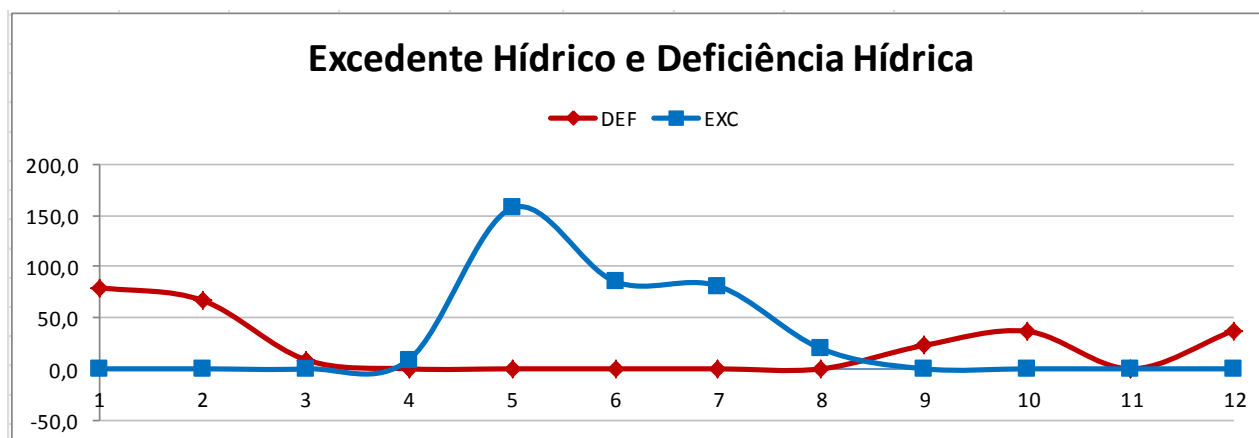


Figura 1.7 - Excedente e deficiência hídrica em Santo Amaro

Fonte: Geohidro, 2014

Cabe lembrar que a construção do balanço hídrico segundo metodologia proposta por Thornthwaite e complementada por Mather, possui caráter relacionado a aspectos que devem ser considerados para a classificação do tipo de clima, segundo critério proposto por Thornthwaite. Os valores atribuídos ao armazenamento, excedente e deficiência (de água no solo) devem ser observados com certa reserva quanto a sua representatividade dentro de uma visão mais hidrológica, ou seja, que represente quantitativamente a repartição das chuvas em escoamento superficial, armazenamento no solo e outros componentes relacionados à distribuição da água numa bacia hidrográfica.

Como exemplo das limitações conceituais, o balanço hídrico meteorológico considera na sua contabilidade que toda a precipitação mensal se transforma em evapotranspiração. Este fato pode não ocorrer quando a precipitação é de alta intensidade mesmo quando ela ocorre em solos com baixo teor de água armazenada, como é comum no nordeste brasileiro. Estas particularidades, entretanto, não inviabilizam a observação do balanço hídrico climatológico como elemento auxiliar na análise qualitativa da formação do escoamento numa bacia.

Para complementar o elenco de informações que são levadas em conta para a análise hidrológica das bacias em questão, são destacados a seguir, alguns aspectos relativos ao meio físico que, na interação com os aspectos do clima, resultam no comportamento dos cursos de água regional e respectivo regime de vazões.

No que se referem às características do meio físico encontradas na área em estudo, estas serão analisadas sob a ótica macroscópica dos principais fatores que imprimem traços de comportamento geral do sistema hidrológico, tais como a base geológica e o relevo regional.

Os terrenos da bacia do Subaé, assim como do Rio Grande e do Riacho da Pitanga podem apresentar dois tipos básicos de características físicas no que se refere à influência sobre a formação do escoamento nos cursos de água local sendo um deles bem predominante sobre o outro. Esta predominância na bacia é corresponde a setores da Bacia Sedimentar do Recôncavo, com características que favorecem a manutenção do escoamento de base nas estiagens, favorecendo a perenidade dos cursos de água. Existem ainda na bacia áreas de depósitos da Formação Barreiras localizados nos trechos mais à montante ou nas bordas mais elevadas. Neste tipo de terreno a infiltração é de certa forma favorecida por conta do relevo plano, todavia aquela formação apresenta terrenos com capacidade de infiltração variável. Nestes setores podem ser encontrados vales profundos, tendo, os fundos de vale, áreas vizinhas relativamente estreitas e com alta declividade dos terrenos.

Há, portanto aí nestas áreas, aspectos que favorecem tanto o escoamento direto, quanto o de base. Os terrenos sobre este tipo de domínio são também favoráveis ao armazenamento das chuvas e a distribuição destas águas ao longo do tempo, mas são menos eficientes que os encontrados na Bacia Sedimentar.

A.3 Demandas de Água

Quanto a demandas de água relativa a outros usos, utilizou-se como estudo de referência os resultados apresentados na publicação do IICA / INEMA cujo título é Revisão do Balanço Hídrico do Plano Estadual de Recursos Hídricos, editada em 2012. No referido estudo, estas demandas são apresentadas de forma global para cada uma destas bacias, cada uma delas considerada uma unidade de balanço – UB – unidade básica sobre a qual foram estimadas as demandas e disponibilidades.

Não há uma definição clara das coordenadas onde se encontram as demandas dentro de uma UB e os valores correspondem a um valor global estimado para toda sua área. Em face da pequena extensão das bacias de contribuição em estudo, será considerado que demandas para outros usos podem ser desprezadas.

A.4 Características Hidrológicas das sub - bacias dos rios Açu, Doce e Subaé

A caracterização dos aspectos hidrológicos referentes às bacias de interesse deste estudo se faz a partir da observação e interpretação dos dados diversos apresentados. Entre os objetivos desta análise está descrição dos aspectos mais significativos do regime de vazões dos cursos de água associados às estruturas de captação dos sistemas de abastecimento das populações das localidades em estudo. Destaque maior é dado para a definição da disponibilidade de águas superficiais, esta definida a partir das vazões de referência consideradas no gerenciamento dos recursos hídricos, em particular, aquelas que servem de base para a emissão de outorgas do direito de uso.

Analisando os dados de vazão das estações fluviométricas selecionadas à luz dos elementos já apresentados, relativos ao clima e ao meio físico, é possível entender o comportamento do regime dos cursos de água nas bacias do Rio Grande e do Riacho da Pitanga podem ser estimados a partir dos dados referentes ao do Rio Subaé nas duas estações já mencionadas.

Os quadros a seguir apresentam as médias mensais de vazão obtidas para as estações Subaé e Subaé II, anteriormente mencionadas (**Quadro 1. 1**). É possível verificar que existem falhas no período.

Quadro 1. 7 - Vazões médias mensais e anuais (m³/s) na estação Subaé

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIAS ANUAIS
1968	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,260	7,450	9,180	-
1969	4,200	-	-	8,500	22,000	13,000	9,420	7,450	5,770	4,530	3,620	4,680	-
1970	4,980	3,240	2,640	2,280	2,140	2,860	5,640	4,900	1,740	1,470	10,600	1,560	3,671
1971	1,080	0,991	0,990	2,000	3,990	4,030	6,620	3,760	3,920	2,450	1,940	1,290	2,755
1972	1,360	1,300	1,010	0,969	3,850	3,360	2,000	2,620	1,500	1,030	0,705	0,690	1,700
1973	0,571	0,517	0,913	0,818	4,100	5,440	3,180	1,640	5,710	6,180	2,510	2,070	2,804
1974	1,720	2,170	2,070	2,500	8,000	5,560	4,960	4,300	3,130	2,220	2,170	1,980	3,398
1975	1,540	1,330	1,360	2,860	4,140	2,920	8,910	6,330	5,740	2,570	2,070	2,310	3,507
1976	1,570	2,450	1,570	1,470	1,660	1,790	2,670	1,670	1,400	3,470	1,670	1,530	1,910
1977	1,860	2,260	1,360	1,370	2,590	3,840	2,360	1,310	1,490	2,560	1,480	3,920	2,200
1978	2,200	2,190	5,000	2,740	12,300	7,860	-	-	2,630	2,540	1,940	2,260	-
1979	3,150	2,770	2,010	1,460	1,780	6,980	3,570	2,220	1,770	1,220	1,310	1,120	2,447
1980	2,560	5,550	1,970	1,170	1,390	1,740	1,780	1,780	1,420	1,190	1,080	0,678	1,859
1981	0,647	0,627	2,700	2,390	1,460	1,690	3,320	1,340	0,776	0,512	0,620	0,632	1,393
1982	0,490	0,505	0,357	3,140	4,750	15,500	2,580	1,560	5,360	2,620	1,820	1,520	3,350
1983	1,550	2,920	2,010	2,900	1,670	1,710	1,390	1,830	1,030	1,120	1,130	0,745	1,667

(cont.)

Continuação do Quadro 1. 7 - Vazões médias mensais e anuais (m³/s) na estação Subaé

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIAS ANUAIS
1984	0,661	0,492	0,568	3,140	1,980	1,450	1,620	1,220	2,100	0,831	0,662	0,401	1,260
1985	0,577	0,562	0,574	4,410	8,750	4,820	10,300	7,360	3,290	2,360	18,000	10,200	5,934
1986	3,600	2,760	2,600	5,410	4,430	5,760	4,630	3,300	5,530	8,350	5,320	3,880	4,631
1987	2,810	2,290	2,940	2,810	4,230	4,290	3,920	2,460	2,010	1,850	1,870	1,340	2,735
1988	1,400	1,060	1,430	2,640	3,970	6,860	6,970	5,940	2,820	1,930	2,490	14,200	4,309
1989	2,640	2,000	2,960	6,760	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIAS	1,960	1,899	1,852	2,940	4,959	5,073	4,518	3,315	2,957	2,632	3,355	3,152	2,863

Fonte: Hidroweb (ANA), 2014

Quadro 1. 8 - Vazões médias mensais e anuais (m³/s) na estação Subaé II

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIAS ANUAIS
1989	-	-	-	-	-	-	10,571	9,077	8,744	-	5,766	-	-
1990	9,820	7,490	6,370	6,220	-	7,140	5,451	5,783	4,927	4,774	3,438	3,439	-
1991	2,918	2,454	2,766	2,700	3,369	6,629	4,328	4,337	4,809	2,296	2,211	2,219	3,420
1992	2,617	7,364	3,094	2,352	1,817	2,242	3,475	2,166	1,610	1,162	0,972	1,542	2,534
1993	0,739	0,569	0,537	0,577	1,279	1,280	0,538	1,137	0,681	0,972	0,544	0,400	0,771
1994	0,399	0,665	1,220	4,697	3,393	3,448	7,025	2,438	1,507	1,773	1,068	0,862	2,375
1995	0,781	0,695	0,622	0,974	1,887	1,643	1,236	0,783	0,717	0,469	1,005	0,831	0,970
1996	0,367	0,332	0,395	-	2,221	7,687	2,769	2,040	-	-	-	4,032	-
1997	1,530	2,010	12,013	4,522	6,289	5,267	3,441	2,100	1,681	1,758	1,176	1,404	3,599
1998	1,338	1,308	1,168	2,066	0,636	1,016	1,826	0,790	1,184	0,998	0,977	1,082	1,199
1999	0,953	0,842	0,949	1,153	1,546	-	1,237	2,972	1,242	1,481	2,683	5,504	-
2000	2,057	1,150	1,153	1,817	2,837	5,871	3,035	5,132	6,932	4,903	3,353	3,020	3,438
2001	2,742	2,047	2,326	1,489	1,967	2,608	3,112	2,564	3,941	4,309	1,854	1,539	2,541
2002	3,400	1,720	1,853	2,519	2,121	2,590	2,738	2,029	2,261	1,438	0,830	0,811	2,026
2003	0,838	0,920	1,764	1,129	6,130	3,071	4,102	3,638	3,366	1,514	1,568	1,155	2,433
2004	3,919	1,760	1,918	1,764	1,894	2,485	2,170	1,979	1,081	1,064	1,010	0,814	1,821
2005	0,885	1,357	0,903	0,922	1,381	2,711	2,407	1,439	1,324	0,843	0,964	0,868	1,334
2006	-	-	-	-	-	7,105	3,631	1,564	4,732	3,526	4,978	2,113	-
2007	1,785		3,459	1,440	5,030	5,271	2,922	2,833	2,602	1,966	1,298	1,232	-
2008	0,962	1,382	1,493	1,351	1,496	1,632	2,426	1,672	1,190	1,043	0,719	1,842	1,434
2009	0,982	1,154	0,662	1,396	-	3,270	1,915	1,416	1,167	1,414	1,110	0,884	-
2010	1,014	0,915	1,027	5,772	1,951	1,760	7,056	2,840	2,152	1,824	1,568	1,646	2,460
2011	1,270	1,091	1,288	2,478	2,778	2,609	1,430	1,299	1,131	2,696	3,910	1,417	1,950
2012	1,482	0,919	0,838	0,863	1,257	0,995	1,094	1,140	0,835	0,811	0,884	0,439	0,963
2013	0,452	0,334	0,466	0,900	1,584	4,132	-	-	1,241	1,235	0,949	1,003	-
2014	0,736	-	1,134	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIAS	1,833	1,749	2,059	2,232	2,517	3,585	3,331	2,632	2,544	1,925	1,868	1,671	2,075

Fonte: Hidroweb (ANA), 2014

Como estas estações basicamente tratam do mesmo ponto do rio Subaé, foi observado o comportamento conjunto das informações mensais, conforme apresentado na **Figura 1. 8**.

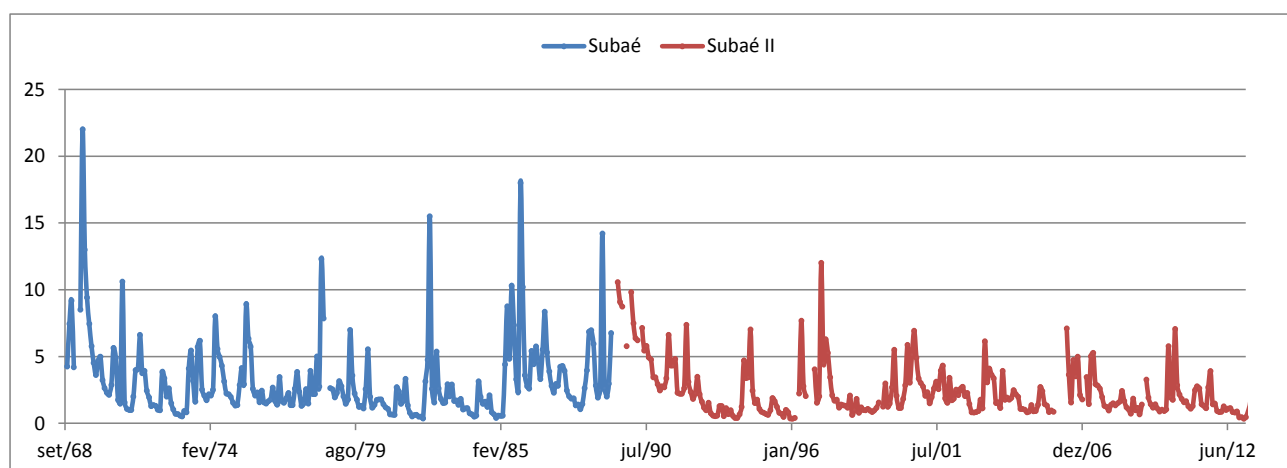


Figura 1. 8 - Fluviograma mensal das estações Subaé e Subaé II

Fonte: Geohidro, 2014

Pode ser observado que de uma forma mais geral o comportamento das duas estações é de certa forma semelhante. A diferença mais significativa pode ser encontrada para as vazões e maior porte que não são mais observadas no período mais recente ou que, por aspectos operacionais alteram seu comportamento.

Com base neste fato, para a definição da vazão de referência que caracteriza a disponibilidade para as outorgas nos mananciais apenas serão consideradas as vazões medidas em Subaé II, uma vez que evidenciam a tendência mais atual. Assim considerando, foi estabelecida a curva de permanência para os dados diários desta estação sendo obtidos os elementos do **Quadro 1. 9** e apresentados na **Figura 1. 9**.

Quadro 1. 9 - Vazões médias diárias para a estação Subaé II (0% a 100%)

PERM (%)	VAZÃO MÉDIA DIÁRIA (m³/s)	VAZÃO ESPECÍFICA (L/s/Km²)
0	77,600	3654,247
5	7,128	335,666
10	5,105	240,399
15	3,736	175,912
20	2,937	138,317
25	2,438	114,784
30	2,170	102,187
35	1,950	91,827
40	1,784	83,991
45	1,620	76,287
50	1,478	69,588
55	1,355	63,808
60	1,265	59,570
65	1,168	55,011
70	1,085	51,094
75	0,987	46,495
80	0,806	37,946
85	0,806	37,946
90	0,675	31,946
95	0,497	23,416
100	0,110	5,180

Nota: Área de contribuição da estação = 21,24 km²

Fonte: Geohidro, 2014

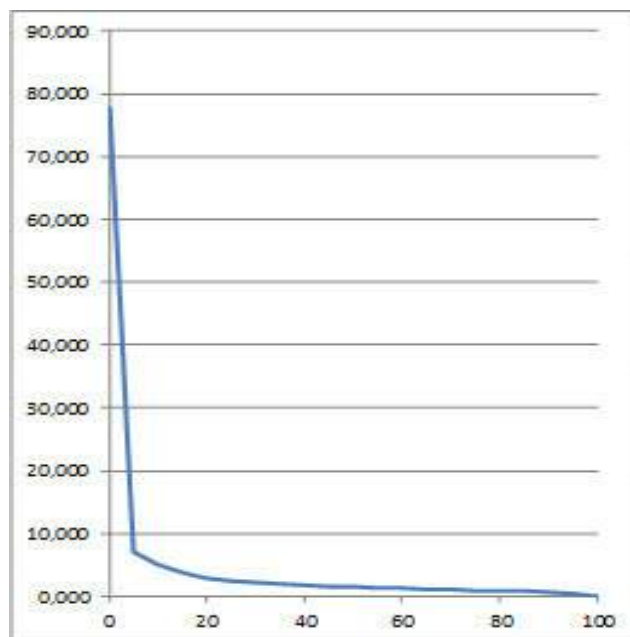


Figura 1. 9 - Curva de permanência da estação Subaé II

Fonte: Geohidro, 2014

Com base nestas informações e considerando que a produção específica das bacias do Subaé, do Rio Grande e do Riacho da Pitanga, a vazão e referência pode ser estimada a partir da proporção de área entre as respectivas bacias de contribuição.

Visando a uma maior segurança da análise do manancial, aplicando-se a vazão com 100% de permanência (Q_{100}) e considerando que a vazão que deve ser restituída ao manancial é de 20% da vazão diária com 90% de permanência (Q_{90}), conclui-se que os mananciais avaliados não têm disponibilidade de serem utilizados para abastecimento humano, como observado no **Quadro 1. 10** a seguir, com destaque as disponibilidades nos locais de interesse.

Quadro 1. 10 - Vazão disponível nos locais de interesse ($Q_{100\%} - 20\% Q_{90\%}$)

CURSO DE ÁGUA	SISTEMAS DE ABASTECIMENTO	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO (km ²)	$Q_{100\%}$ (m ³ /s)	20% $Q_{90\%}$ (m ³ /s)	VAZÃO DISPONÍVEL (m ³ /s)
Subaé	(*)	390,00	0,11	0,14	0
Rio Grande	SIAA Acupe/Saubara	131,06	0,037	0,045	0
Riacho da Pitanga	SAA São Brás	28,67	0,008	0,099	0

(*) O rio Subaé citado no quadro refere-se à Bacia do Subaé utilizada como análise para a vazão disponível nos mananciais de interesse.

Fonte: Geohidro, 2014

B. Geologia e Geomorfologia

As áreas correspondentes as sub - bacias hidrográficas dos rios Açu, Doce e Subaé apresentam litologias associadas a Depressão Sertaneja; Tabuleiro Dissecado do Recôncavo; Baixada Litorânea do Recôncavo; Tabuleiro Pré – Litorâneo; e Planície Marinha e Fluvio-marinha. O **Quadro 1. 11** descreve sucintamente as unidades geológicas encontradas na área das referidas sub - bacias. A **Figura 1. 10** ilustra as informações apresentadas.

Quadro 1. 11 – Unidades Geológicas identificadas nas sub - bacias dos rios Açu, Doce e Subaé

UNIDADES GEOLÓGICAS	DESCRIÇÃO
Depressão Sertaneja	Trata-se de pequeno trecho da Depressão Sertaneja que integra a área das sub-bacias dos rios Açu, Doce e Subaé, em área de clima Subúmido a Seco com precipitação média anual entre 700 mm e 900 mm. Trata-se de áreas de topografia plana a suave ondulada com declives em torno de 3 a 8%, formando aplainamentos que truncam diversas litologias do Pré-Cambriano constituídas por gnaisses e migmatitos, charnockitos, as quais se alteram formando solos de fraca pedogênese, rasos a pouco profundos. A altitude média está em torno de 280 m e é drenada por rios intermitentes da bacia do Paraguaçu e dos rios Jaguaribe e da Dona, cujo divisor das águas entre essas bacias se localiza na parte central da unidade em um trecho de pediplano mais elevado. Os processos morfodinâmicos mais recorrentes estão na dependência dos períodos de chuva, quando o escoamento concentrado e difuso atua sobre a superfície.
Tabuleiro Dissecado do Recôncavo	Localizado em áreas de clima Úmido a Subúmido com precipitação média anual entre 1.300 mm e 2.000 mm. Trata-se de um tabuleiro muito dissecado formando colinas e morros com vertentes côncavo-convexas e topos abaulados e tabulares. As rochas dominantes apresentam intercalações de sedimentos silticos-argilosos e quartzos-arenosos da Formação São Sebastião que geram solos areno-argilosos. A ocorrência também de arenitos, folhelhos e calcários jurássicos do Grupo Brotas. A morfodinâmica é conduzida pelo escoamento superficial, processo de solifluxão nas vertentes, erosão ligeira a moderada com ocasional presença de sulcos. Nos municípios de São Francisco do Conde, Santo Amaro e Candeias evidencia-se Tabuleiro Dissecado do Recôncavo com silvicultura de eucalipto e bambu. Nesse ambiente de relevos suave ondulado e ondulado os solos são Argissolos de textura média/argilosa. Nas margens das baías do Iguape, de Todos os Santos e Aratu, incluindo Saubara, Acupe, Santo Amaro, São Francisco do Conde e Mataripe a referida unidade geológica está associada com Vegetação Arbórea e Arbustiva.
Baixada Litorânea do Recôncavo	Emoldurando a baía de Todos os Santos onde se destacam as cidades de Santo Amaro, Candeias, Madre de Deus, Saubara e Salinas da Margarida, esta unidade tem continuidade na região do Litoral Sul. Inserida em clima Superúmido e Úmido com precipitação média anual entre 2.500 mm e 1.600 mm. Agrupada no domínio da bacia e cobertura sedimentar é constituída por folhelhos, arcóseos e arenitos sobre os quais foram modeladas as rampas, lombas e colinas. A rede de drenagem de alta densidade contorna essas áreas de altitudes abaixo de 100 m, principalmente tendo como bacias principais a dos rios Subaé, que desemboca na baía de Todos os Santos, desembocadura do rio Paraguaçu e Jaguaribe e o rio Joanes. Os solos são os Argissolos de textura média/argilosa em relevo ondulado; e os Vertissolos em relevos suave ondulado e ondulado. Os processos morfodinâmicos estão associados à ação do escoamento superficial difuso e à erosão laminar moderada em decorrência da presença, em algumas unidades, das argilas expansivas, submetidas em pontos localizados a fenômenos de erosão e movimentos de massa, esses aparentes por meio das marcas de solifluxão no material argiloso, com proporções significativas.
Tabuleiro Pré -Litorâneo	Localizado de oeste a norte no município de Santo Amaro. Este tabuleiro faz parte da área de clima Úmido com precipitação média anual entre 1.350 e 1.800 mm e compreende uma superfície dissecada em lombas e colinas com topos tabulares e convexas, e interflúvios extensos, modelados sobre as coberturas detríticas predominantemente arenosas, com níveis conglomeráticos. Apresenta altitude média em torno de 200 m, e têm como processos morfodinâmicos mais recorrentes o escoamento superficial difuso e erosão laminar fraca a moderada.

(cont.)

Continuação do Quadro 1.11 – Unidades Geológicas identificadas nas sub - bacias dos rios Açu, Doce e Subaé

UNIDADES GEOLÓGICAS	DESCRIÇÃO
Planície Marinha e Fluviomarinha	Estão posicionadas em áreas de clima Úmido com precipitação média anual entre 1.800 mm e 2.000 mm. Englobam modelados, compondo praias, cordões litorâneos, restingas, dunas, terraços, planícies e mangues, formas desenvolvidas dos depósitos arenosos, siltico-lamosos e argilosos de idade Quaternária. Todas essas formas de relevo são modeladas nos depósitos arenosos, siltico-lamosos e argilosos de idade Quaternária onde se desenvolvem os solos Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos e não hidromórficos, nas planícies costeiras, Neossolos Quartzarênicos nas dunas e Gleissolos nas áreas de mangues. Na área das sub - bacias em estudo os solos dominantes são os Neossolos Quartzarênicos (Areias Marinhas) em relevo plano e suave ondulado; Areias eólicas das dunas em relevo ondulado e suave ondulado e Solos de Mangues Gleissolos Salinos. Sobre esses solos desenvolve-se a vegetação das formações pioneiras as quais tem origem marinha, fluviomarinha e fluvial. As de origem marinha estão representadas pelas restingas. A vegetação de origem fluviomarinha é constituída pelos mangues, os mesmos estão localizados nas margens das baías do Iguape, de Todos os Santos e Aratu, incluindo Saubara, Acupe, Santo Amaro, São Francisco do Conde e Mataripe. Os processos morfodinâmicos estão relacionados à ação dos fatores marinhos, fluviomarinhos, fluviais e eólicos e a variação do nível do lençol freático, que comandam nessa unidade.

Fonte: SEPLAN e SEMA, 2012.

A área das sub - bacias dos rios Açu, Doce e Subaé se estende por três domínios morfoestruturais – o Planalto Pré – Litorâneo, as Depressões Periféricas e Interplanálticas e a Bacia Sedimentar do Reconcâvo – Tucano. O **Quadro 1. 12** descreve sucintamente estes domínios morfoestruturais e a **Figura 1. 11** ilustra as informações apresentadas.

Quadro 1. 12 – Domínios Morfoestruturais das sub - bacias dos rios Açu, Doce e Subaé

DOMÍNIO MORFOESTRUTURAIS	DESCRIÇÃO
Planalto Pré - Litorâneo	Trata-se de relevo dissecado em colinas, de fraco aprofundamento da drenagem, desenvolvida sobre as rochas gnáissicas e charnockíticas do Complexo Jequié e morros de topos tabulares com cobertura terciária - quaternária, e vertentes convexas. A altitude está entre 100 m e 200 m e os processos morfodinâmicos estão representados pelos movimentos de massa, os quais se intensificam nas áreas de pastagens com o pisoteio de gado, enquanto o escoamento superficial difuso e concentrado provoca a formação de sulcos ravinas e terracetes.
Depressões Periféricas e Interplanálticas	Abrange relevos sobre rochas altamente metamorizadas, áreas de escudos cristalinos que se caracterizam por terem sido submetidas à ablação intensa, influenciada pelas variações climáticas sobre as estruturas, ao longo da evolução morfogenética.
Bacia Sedimentar do Reconcâvo-Tucano	Trata-se de um tabuleiro dissecado, constituído por arenitos e folhelhos da Formação São Sebastião e areias e argilas da Formação Marizal e localmente restos de coberturas do Grupo Barreiras, localizados sobre alguns tabuleiros, principalmente no setor norte da unidade mapeada. A oeste ocorrem arenitos, folhelhos e calcários jurássicos do Grupo Brotas.

Fonte: SEPLAN e SEMA, 2012.

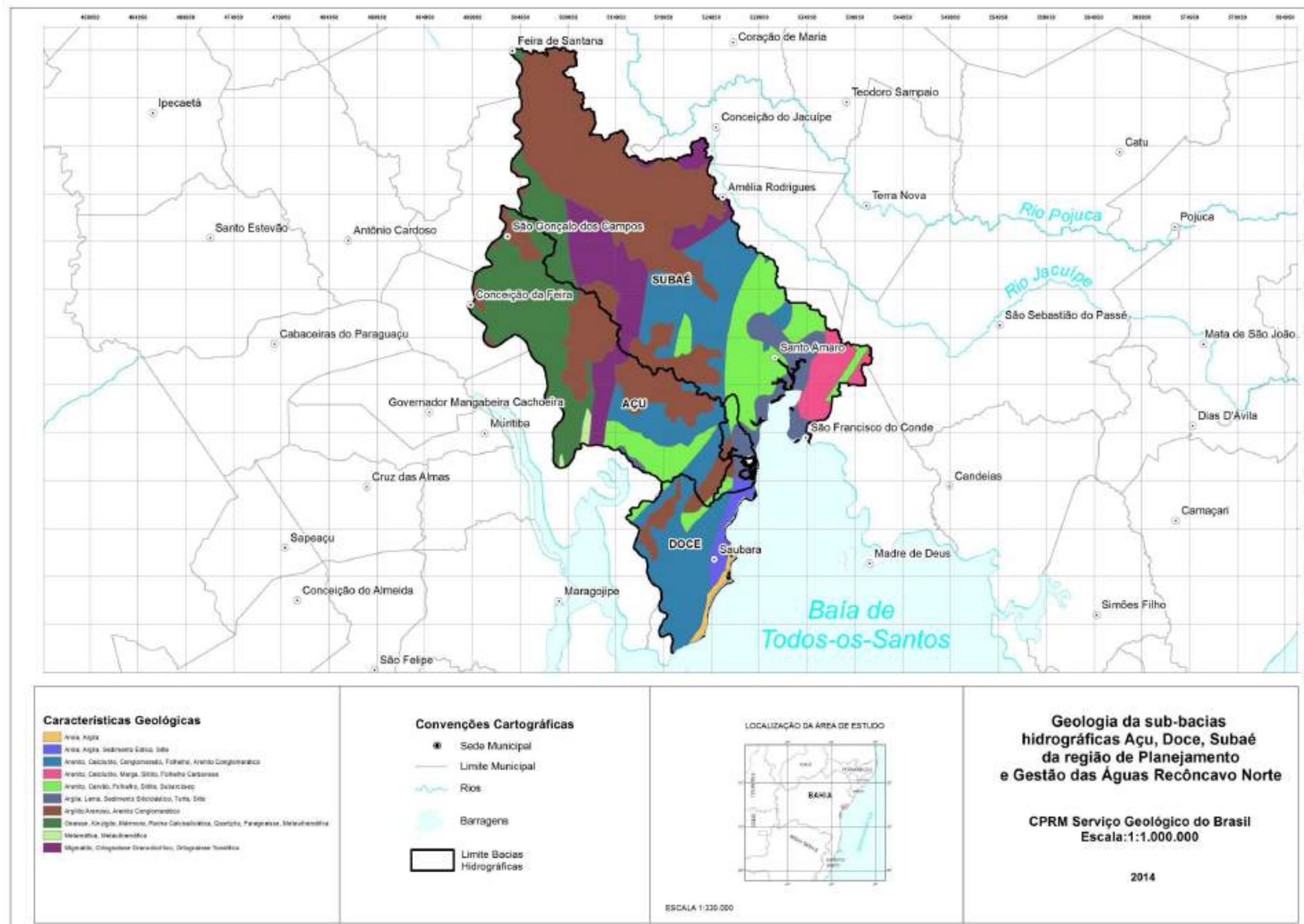


Figura 1. 10 – Geologia das sub - bacias hidrográficas dos rios Açu, Doce e Subaé

Fonte: CPRM, 2014; Elaboração Geohidro, 2014.

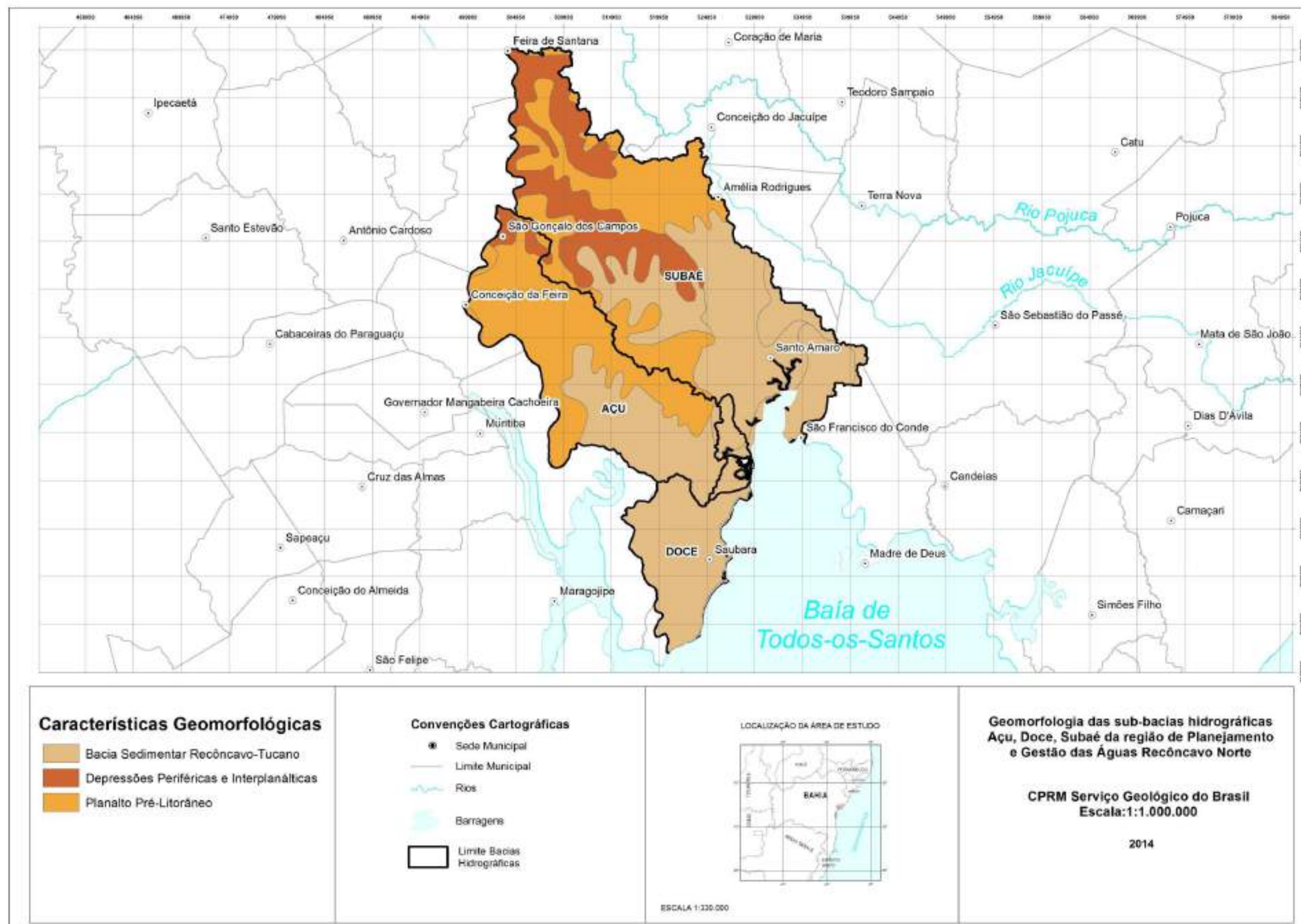


Figura 1. 11 – Geomorfologia das sub - bacias hidrográficas dos rios Açu, Doce e Subaé

Fonte: CPRM, 2014; Elaboração Geohidro, 2014

C. Demografia

Os dez municípios que integram a área das sub - bacias hidrográficas dos rios Açu, Doce e Subaé, somam uma população total de 778.334 habitantes (IBGE, 2010). A análise da população destes municípios permite sua classificação com base no contingente populacional em dois grupos:

- Grupo dos municípios com população menor que 30 mil habitantes, integrado por Amélia Rodrigues, Conceição da Feira, São Francisco do Conde e Saubara;
- Grupo dos municípios com população maior que 30 mil, composto por Cachoeira, Conceição do Jacuípe, Feira de Santana, Santo Amaro, São Gonçalo dos Campos e São Sebastião do Passé.

Os dados de evolução da população dos municípios inseridos nas sub-bacias dos rios Açu, Doce e Subaé apresentados no **Quadro 1. 13** indicam um crescimento positivo da população nas últimas três décadas, sendo mais significativo nos municípios de Feira de Santana e São Francisco do Conde. Todavia, na última década em Santo Amaro houve um decréscimo populacional.

Observando a evolução da população por situação de domicílio verifica-se que o grau de urbanização nos últimos 20 anos superou 70% em Amélia Rodrigues, Conceição do Jacuípe, Feira de Santana, Santo Amaro, São Francisco do Conde, São Sebastião do Passé e Saubara, devido à migração da população rural para áreas urbanas, enquanto que em Cachoeira, Conceição da Feira e São Gonçalo dos Campos esse índice foi inferior a 65%.

Quadro 1. 13 - Evolução da População Residente por Situação de Domicílio nos municípios das sub-bacias hidrográficas dos rios Açu, Doce e Subaé - 1991, 2000 e 2010

MUNICÍPIO	SITUAÇÃO DO DOMICÍLIO	POPULAÇÃO			GRAU DE URBANIZAÇÃO		
		1991	2000	2010	1991	2000	2010
Amélia Rodrigues	Total	22.779	24.134	25.190	72,19%	78,82%	79,23%
	Urbana	16.444	19.022	19.957			
	Rural	6.335	5.112	5.233			
Cachoeira	Total	28.290	30.416	32.026	50,17%	52,05%	51,17%
	Urbana	14.193	15.831	16.387			
	Rural	14.097	14.585	15.639			
Conceição da Feira	Total	16.067	17.514	20.391	50,01%	64,16%	64,43%
	Urbana	8.035	11.237	13.137			
	Rural	8.032	6.277	7.254			
Conceição do Jacuípe	Total	22.905	26.194	30.123	70,61%	74,31%	78,14%
	Urbana	16.174	19.466	23.539			
	Rural	6.731	6.728	6.584			
Feira de Santana	Total	406.447	480.949	556.642	86,00%	89,77%	91,73%
	Urbana	349.557	431.730	510.635			
	Rural	56.890	49.219	46.007			
Santo Amaro	Total	54.160	58.414	57.800	75,51%	76,19%	77,45%
	Urbana	40.894	44.505	44.766			
	Rural	13.266	13.909	13.034			

(cont.)

Continuação do Quadro 1. 13 - Evolução da População Residente por Situação de Domicílio nos municípios das sub-bacias hidrográficas dos rios Açu, Doce e Subaé - 1991, 2000 e 2010

MUNICÍPIO	SITUAÇÃO DO DOMICÍLIO	POPULAÇÃO			GRAU DE URBANIZAÇÃO		
		1991	2000	2010	1991	2000	2010
São Francisco do Conde	Total	20.238	26.282	33.183	77,74%	83,21%	82,55%
	Urbana	15.734	21.870	27.391			
	Rural	4.504	4.412	5.792			
São Gonçalo dos Campos	Total	24.288	27.000	33.283	46,82%	50,19%	49,59%
	Urbana	11.372	13.552	16.505			
	Rural	12.916	13.448	16.778			
São Sebastião do Passé	Total	36.825	39.960	42.153	70,08%	73,95%	78,55%
	Urbana	25.806	29.549	33.112			
	Rural	11.019	10.411	9.041			
Saubara	Total	8.016	10.193	11.201	68,23%	98,85%	97,74%
	Urbana	5.469	10.076	10.948			
	Rural	2.547	117	253			
TOTAL		587.642	682.933	778.374	-	-	-

Nota: Para o ano de 1991: dados da amostra; para os anos de 2000 e 2010: dados do universo

Fonte: IBGE - Censos Demográficos, 1991, 2000 e 2010.

Salienta-se que o dinamismo populacional de Santo Amaro segue um padrão de baixa intensidade, tendo a menor taxa de crescimento anual dos demais municípios inseridos nas sub-bacias em estudo entre os Censos de 2000 e 2010 (-0,11% a.a.), após ter ocupado a antepenúltima menor taxa no intervalo censitário anterior, entre os anos 1991 a 2000 (0,84% a.a.), conforme apresentado na **Figura 1. 12**. O município, além da sua baixa taxa de crescimento, tem a menor participação da imigração na composição dos fatores que contribuem para o crescimento populacional, enquanto vivência queda importante em seus níveis de fecundidade (IBGE, 2010).

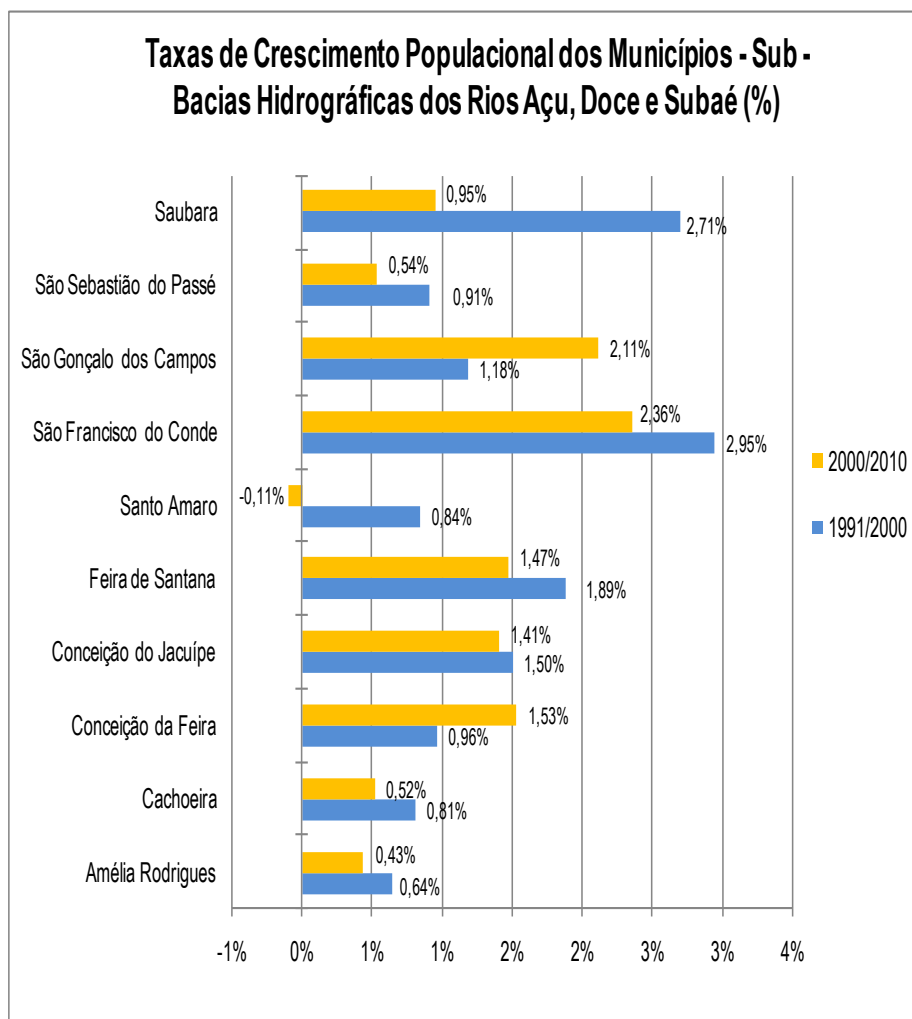


Figura 1. 12– Taxas de Crescimento dos municípios: Sub - bacias hidrográficas dos rios Açu, Doce e Subaé

Fonte: Elaboração Geohidro, 2014 a partir dos dados do IBGE, 2010.

Em termos de densidade populacional, verifica-se que no ano 2010 a densidade demográfica nas sub - bacias hidrográficas dos rios Açu, Doce e Subaé era concentrada na sede municipal de Santo Amaro, Saubara Feira de Santana, São Gonçalo dos Campos, Conceição da Feira e São Francisco do Conde, e na sede dos distritos de Acupe (situado em Santo Amaro), Cabuçu e Bom Jesus dos Pobres (Saubara), conforme ilustra a **Figura 1. 13**.

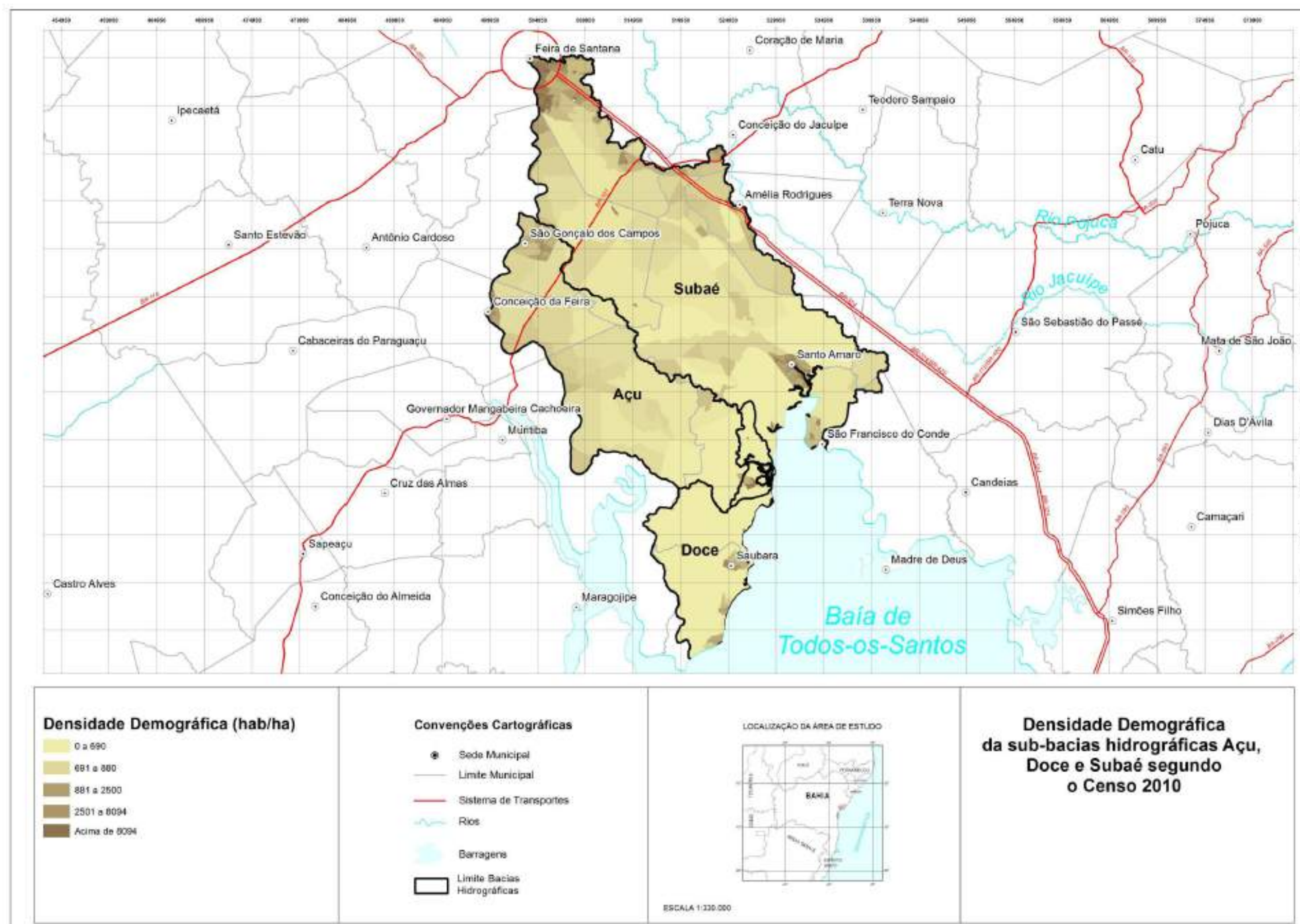


Figura 1. 13 – Densidade Demográfica das sub - bacias hidrográficas dos rios Açu, Doce e Subaé, segundo Censo IBGE 2010

Fonte: Elaboração Geohidro, 2014 a partir dos dados do IBGE Censo, 2010.

D. Economia

O PIB é um indicador usado para avaliar o desempenho econômico de um território num momento específico. Este indicador não considera os estoques, mas permite medir o fluxo de capital e relacionar diferentes contextos econômicos. Além de contribuir para a percepção de um perfil dos setores econômicos dos municípios.

Feira de Santana e São Francisco do Conde são os municípios com maior representação econômica da região, verificando-se que no período entre 2009 e 2011 o setor de serviços foi o que mais agregou valor ao PIB nestes municípios (**Figura 1. 14**). Embora em números muito menos expressivos, observa-se tendência semelhante nos municípios de Santo Amaro e Saubara, assim como nos demais municípios das sub-bacias dos rios Açu, Doce e Subaé.

O setor industrial aparece em segundo lugar na bacia, tendo em Santo Amaro maior representatividade do que em Saubara, em razão do primeiro município abrigar indústrias de papéis e embalagens.

A **Figura 1. 14** ilustra a evolução do PIB, por setor econômico, para toda a área das sub-bacias em estudo, mostrando para o período entre 2009 e 2011 o crescimento positivo do PIB no setor de serviços, um decréscimo no PIB industrial e uma certa estabilidade no setor agropecuário.

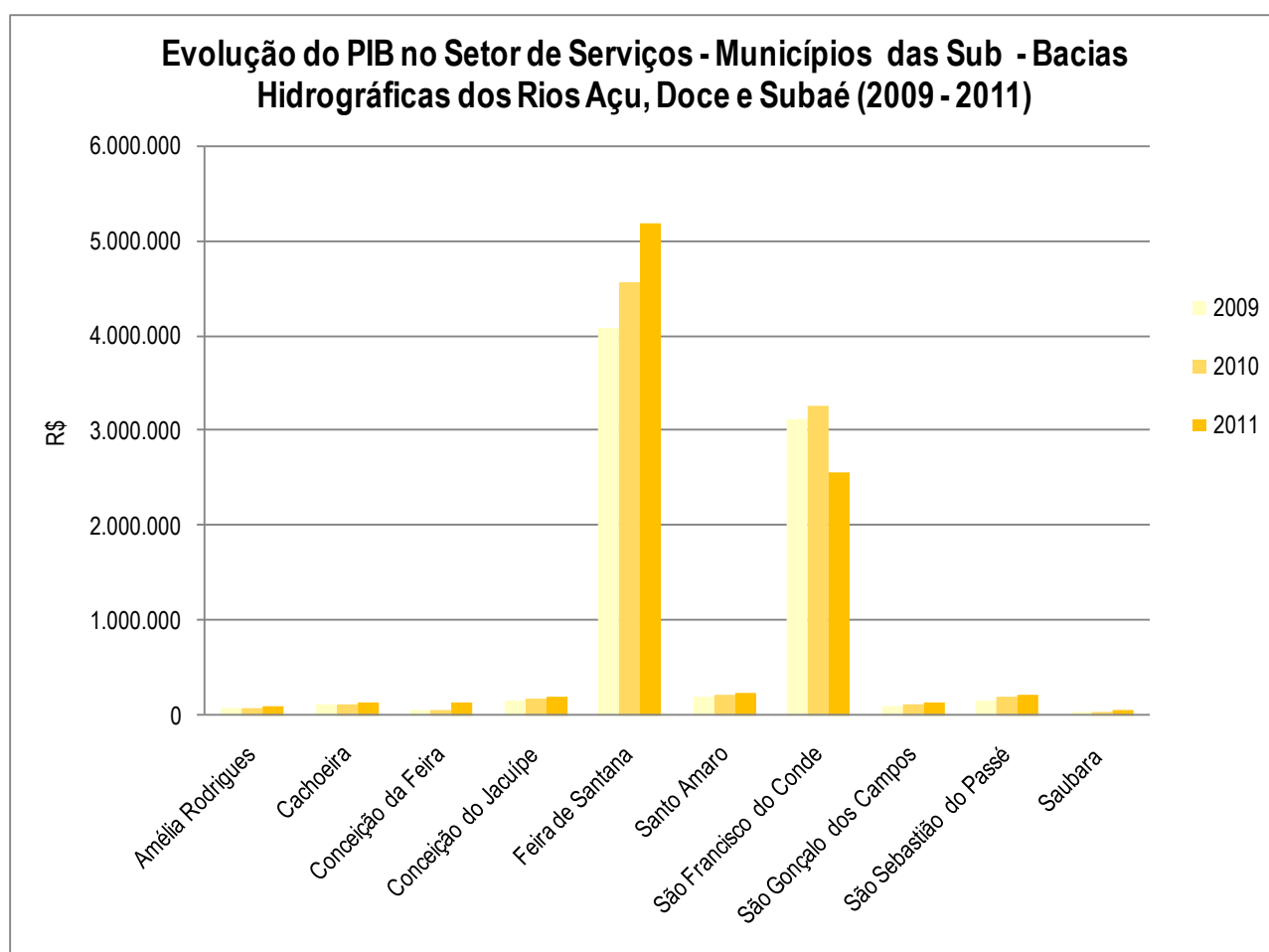


Figura 1. 14 – Evolução do PIB no setor de serviços dos municípios das sub-bacias hidrográficas dos rios Açu, Doce e Subaé (2009-2011)

Fonte: IBGE Cidades, 2014; elaboração: Geohidro

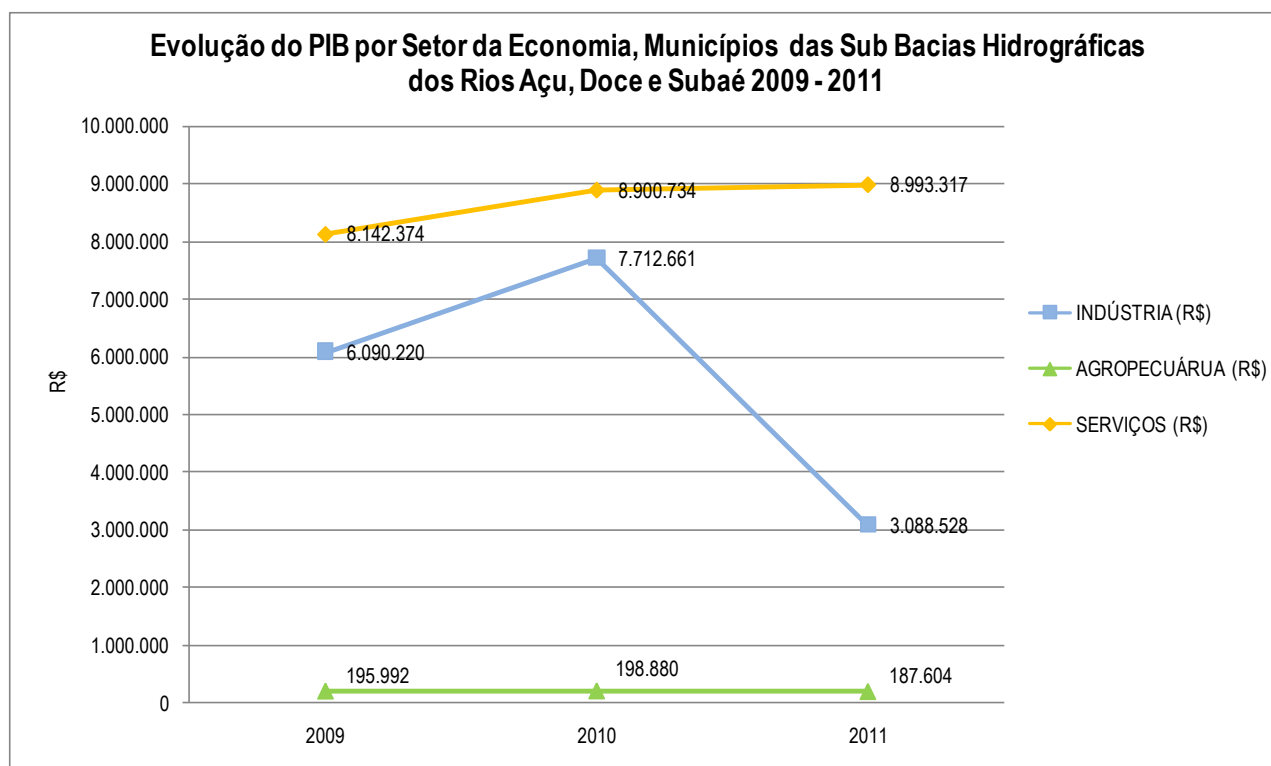


Figura 1. 15 – Evolução do PIB, por setor econômico, nas sub-bacias hidrográficas dos rios Açu, Doce e Subaé (2009-2011)

Fonte: Elaboração Geohidro, 2014 a partir dos dados do IBGE Cidades, 2014

E. Saneamento

A Política Nacional de Saneamento Ambiental (Lei 11.445/2007), define saneamento básico como:

[...] conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:

a) *abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;*

b) *esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;*

c) *limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;*

d) *drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.*

A seguir é apresentado um cenário das condições de saneamento básico das sub-bacias dos rios Açu, Doce e Subaé a partir dos dados do Censo Demográfico do IBGE (2010). Foram também utilizados alguns indicadores do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) para retratar as condições dos serviços públicos de saneamento dos municípios inseridos nessas sub-bacias.

No **Quadro 1. 14** é possível observar que em todos os dez municípios das sub-bacias em estudo a forma de abastecimento predominante é por meio de rede geral. Em Santo Amaro e Saubara, 79% e 95% dos domicílios particulares permanentes são ligados a rede geral, respectivamente.

Quadro 1. 14 - Característica do Saneamento dos Domicílios Particulares Permanentes: Abastecimento de Água

MUNICÍPIOS	REDE GERAL	POÇO OU NASCENTE	CARRO-PIPA OU ÁGUA DA CHUVA	RIO, AÇUDE, LAGO OU IGARAPÉ	OUTRA	TOTAL
Amélia Rodrigues	5.523	1.402	71	40	117	7.153
Cachoeira	6.890	1.761	172	271	215	9.309
Conceição da Feira	4.629	943	7	46	36	5.661
Conceição do Jacuípe	4.772	3.930	29	24	137	8.892
Feira de Santana	137.822	20.714	1.388	679	2.261	162.864
Santo Amaro	13.474	2.352	228	221	722	16.997
São Francisco do Conde	8.718	295	125	41	250	9.429
São Gonçalo dos Campos	6.435	2.318	120	68	74	9.015
São Sebastião do Passé	8.856	3.080	14	96	271	12.317
Saubara	3.362	114	8	15	39	3.538
TOTAL	200.481	39.045	2.162	1.501	4.122	247.311

Fonte: IBGE, 2010

De acordo com a **Figura 1. 16**, houve um aumento na média do Índice de Atendimento de Água nos municípios inseridos nas sub-bacias em estudo, de 76,4% em 2010 para 81,78% em 2012. Observa-se, ainda, que a maior parte dos municípios analisados se encontra acima desta média, com destaque para São Francisco do Conde e Saubara, que atingiram 100% de atendimento no ano de 2012. Os municípios de Conceição do Jacuípe, São Gonçalo dos Campos, e São Sebastião do Passé estão abaixo da média na área em análise.

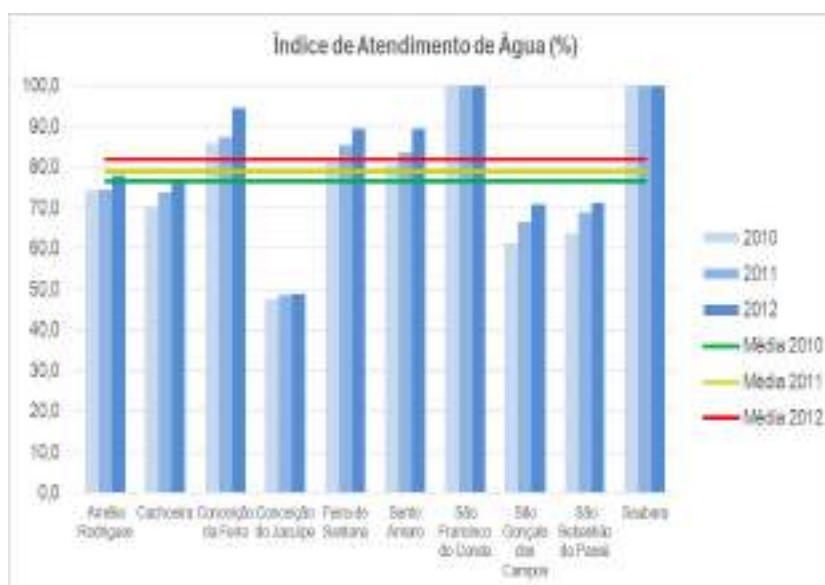


Figura 1. 16 – Índice de atendimento total de água (%) nos municípios das sub-bacias dos rios Açu, Doce e Subaé

Fonte: SNIS, 2012; elaboração: Geohidro

Ainda com relação ao abastecimento de água, o consumo médio *per capita* em quase todos os municípios inseridos nas sub-bacias dos rios Açu, Doce e Subaé, manteve-se praticamente estável no período avaliado, em torno de 110 L/hab.dia (**Figura 1. 17**), com exceção dos municípios de São Francisco do Conde e Saubara, que apresentaram um aumento significativo nos anos de 2011 e 2012. Os municípios de Amélia

Rodrigues, Conceição do Jacuípe, São Gonçalo dos Campos e Cachoeira, para o ano de 2012, apresentaram consumo *per capita* inferior ao recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS), de 100 L/hab.dia.

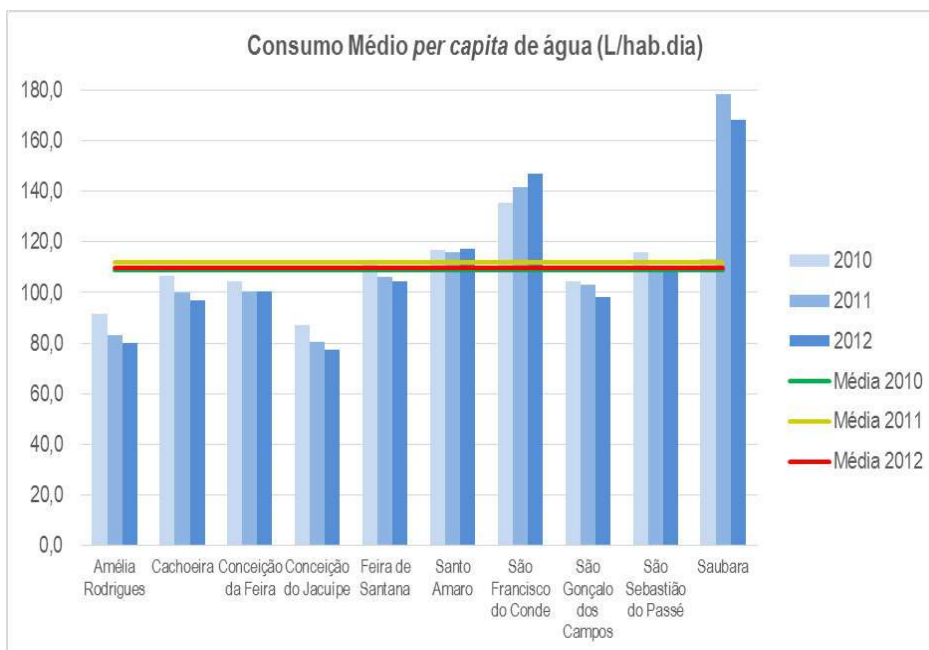


Figura 1. 17 – Consumo médio *per capita* de água – Municípios das sub-bacias dos rios Açu, Doce e Subaé

Fonte: Elaboração Geohidro, 2014 a partir de dados do SNIS, 2012

Quanto ao destino dos efluentes domésticos, com base nos dados do Censo IBGE (2010), do total de domicílios particulares permanentes inseridos nos municípios pertencentes às sub-bacias dos rios Açu, Doce e Subaé, 96,93% possuem banheiro ou sanitário. Deste percentual de domicílios, 42,51% tem seus dejetos lançados em rede coletora de esgoto ou pluvial, 12,21% utilizam fossa séptica, 37,62% usam fossa rudimentar, 2,01% lançam esgoto em vala, 1,65% lançam diretamente em rio, lago ou mar e 0,93% utilizam outra forma de destinação (**Figura 1.18**). Ainda cabe mencionar que, em sua maioria, os municípios não apresentam informações junto ao SNIS, principalmente pelo fato de não serem atendidos por sistema de esgotamento sanitário.

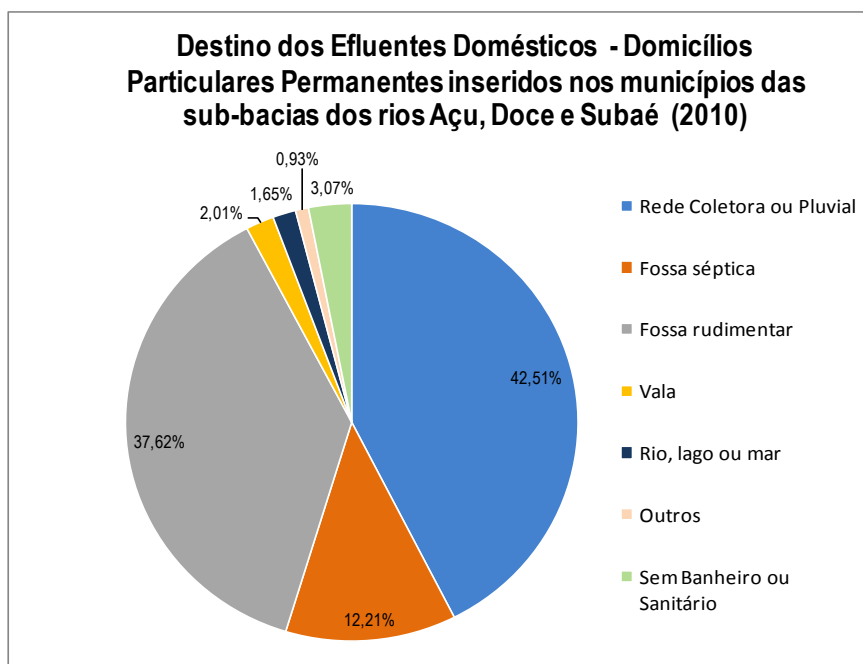


Figura 1.18– Destino dos Efluentes Domésticos nas sub-bacias dos rios Açu, Doce e Subaé (2010)

Fonte: IBGE, 2010; elaboração: Geohidro

Em relação ao Índice de Coleta de Esgoto Doméstico, apenas quatro dos dez municípios apresentam dados com relação a este aspecto. A abrangência deste serviço ainda é considerada insuficiente, atingindo valores abaixo de 50% na maioria dos anos avaliados (**Figura 1.19**). Para o período analisado os municípios que apresentaram melhores desempenhos foram Feira de Santana, em torno de 60% em 2012, seguido por Santo Amaro que em 2010 obteve cerca de 53% do esgoto doméstico coletado.

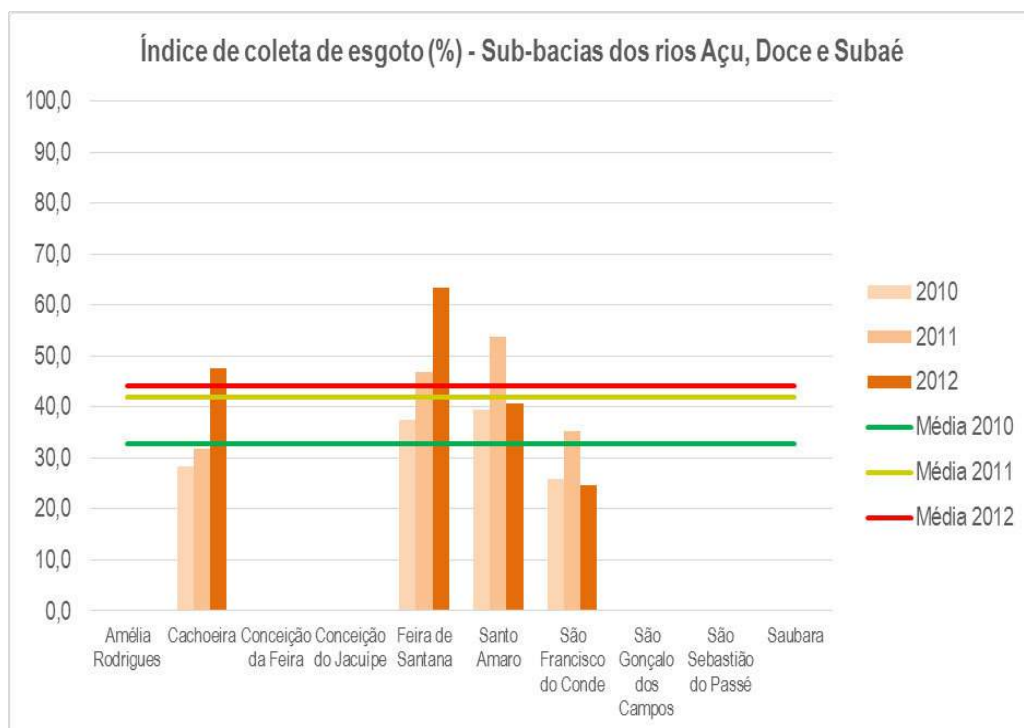


Figura 1.19 – Índice de coleta de esgoto (%) nos municípios das sub-bacias dos rios Açu, Doce e Subaé

Fonte: SNIS, 2012; elaboração: Geohidro

Quanto ao gerenciamento dos resíduos sólidos domésticos, que envolve um conjunto de procedimentos destinados à redução e eliminação ou ao reaproveitamento dos resíduos desde a coleta à destinação final. A destinação inadequada de resíduos sólidos pode acarretar em infiltração de líquidos poluentes no solo e a consequente contaminação do lençol freático, dentre outros problemas relacionados a salubridade do meio e à saúde pública. Considera-se nesta avaliação a existência do serviço de coleta, a destinação dos resíduos, e qual a forma de coleta.

De acordo com o Censo Demográfico do IBGE (2010), quanto à destinação de resíduos sólidos gerados nos domicílios particulares permanentes inseridos nos municípios pertencentes às sub-bacias em estudo (**Figura 1.20**), cerca de 90% dos domicílios tem seu lixo coletado por serviço de limpeza urbana, enquanto 8,80% queimam o lixo na própria propriedade. Esta destinação é muito comum em casas e propriedades na zona rural, e está relacionada a riscos de saúde, bem como a acidentes com resíduos inflamáveis, além da contaminação do solo e manancial subterrâneo. Outras formas de destinação verificadas foram: destinação em terreno baldio ou logradouro (1,73%); enterrado (0,31%); e lago, rio ou mar (0,10%).

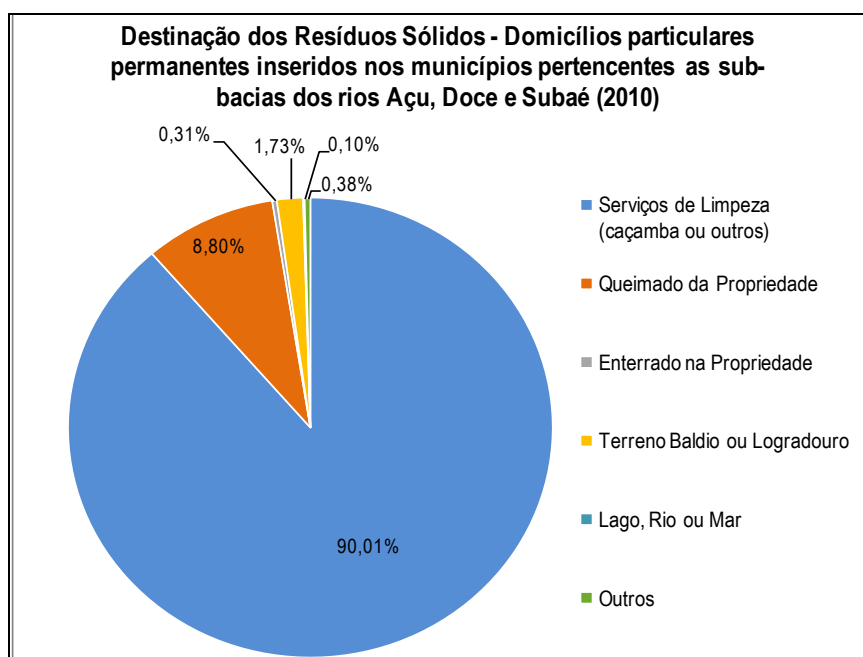


Figura 1.20 – Destinação dos resíduos sólidos nas sub-bacias dos rios Açu, Doce e Subaé (2010)

Fonte: Elaboração Geohidro (2014) a partir dos dados do IBGE, 2010

Quanto à drenagem e manejo de águas pluviais, cerca de 95% dos domicílios particulares permanentes inseridos nos municípios pertencentes as sub-bacias dos rios Açu, Doce e Subaé apresenta no seu entorno equipamentos de drenagem urbana, representados neste caso por bocas de lobo ou bueiros (IBGE, 2010).

A condição de saúde da população dos municípios das sub-bacias dos rios Açu, Doce e Subaé foi avaliada através de dados secundários disponibilizados pela Secretaria da Saúde do Estado da Bahia (SESAB) e Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM) relativos à doenças infecciosas e parasitárias de notificação compulsória.

No **Quadro 1. 15** são apresentadas algumas doenças infecciosas e parasitárias que, segundo o Ministério da Saúde, incluem, dentre outras, aquelas doenças de interesse público, bem como os registros nos municípios das sub-bacias em estudo.

Quadro 1. 15 – Doenças infecciosas e parasitárias de notificação compulsória (2012)

MUNICÍPIO	DOENÇAS					TOTAL
	DENGUE	LEPTOSPIROSE	LEISHMANIOSE TEGUMENTAR	LEISHMANIOSE VISCERAL	HEPATITE VIRAL	
Amélia Rodrigues	52	-	-	2	-	54
Cachoeira	47	-	6	-	1	54
Conceição da Feira	25	-	-	-	1	26
Conceição do Jacuípe	143	-	-	-	2	145
Feira de Santana	2.408	4	4	11	59	2.486
Santo Amaro	83	-	7	1	-	91
São Francisco do Conde	67	-	1	-	3	71
São Gonçalo dos Campos	32	-	-	-	1	33
São Sebastião do Passé	42	-	-	-	3	45
Saubara	2	-	-	1	-	3
TOTAL	2.901	4	18	14	66	2.927

Fonte: Ministério da Saúde - Sistema de Informação de Agravos de Notificação - Sinan Net, 2014.

Conforme se observa no **Quadro 1. 15**, a dengue é a que apresenta o maior número de casos em todos os municípios, seguida de hepatite viral e leishmaniose tegumentar. O município que apresentou o maior número de casos de doenças infecciosas e parasitárias de notificação compulsória foi Feira de Santana (2.486 casos), seguida de Conceição do Jacuípe (145 casos) e Santo Amaro (91 casos). Boa parte das principais doenças de notificação compulsória existentes nos municípios estão relacionadas às condições e existência dos serviços de saneamento, habitação e infraestrutura.

F. Uso do Solo e Cobertura Vegetal

O uso do solo pode ser definido como o conjunto de processos individuais de produção e reprodução de uma sociedade, combinadas com seus padrões ou tipos de assentamento, do ponto de vista da regulação espacial, sendo uma combinação de um tipo de uso – atividade – e de um tipo de assentamento – edificação (DEÁK, 1985).

Extrapolando o espaço urbano das sedes municipais (cidades), podem ainda ser considerados para o uso do solo os aglomerados urbanos que apresentam usos residenciais associados ou não com atividades rurais, tais como: vilas e/ou povoados.

Para análise de Uso e Ocupação do Solo da área estudada foram utilizadas as Unidades de Paisagem elaboradas para o Zoneamento Ecológico - Econômico do Estado da Bahia (SEPLAN, SEMA, 2014). A categoria de análise das Unidades de Paisagem é considerada como geossistema definido como fenômeno natural (aspecto geomorfológico, climático, hidrológico e fitogeográfico) associado ao fenômeno antrópico (aspecto social e econômico). Estes elementos, somados, representam a paisagem modificada ou não pela sociedade.

O Uso e Ocupação do Solo das sub-bacias dos rios Açu, Doce e Subaé é caracterizado, principalmente, por áreas de agricultura/pecuária, floresta secundária e estacional, cabruca, mangue, cursos d'água, reflorestamento, restingas e áreas urbanas, conforme apresentado na **Figura 1. 21**. Entretanto, existem também o tipo de uso associado à Pesca e Aquicultura, que tem grande representatividade nos municípios de Santo Amaro e Saubara.

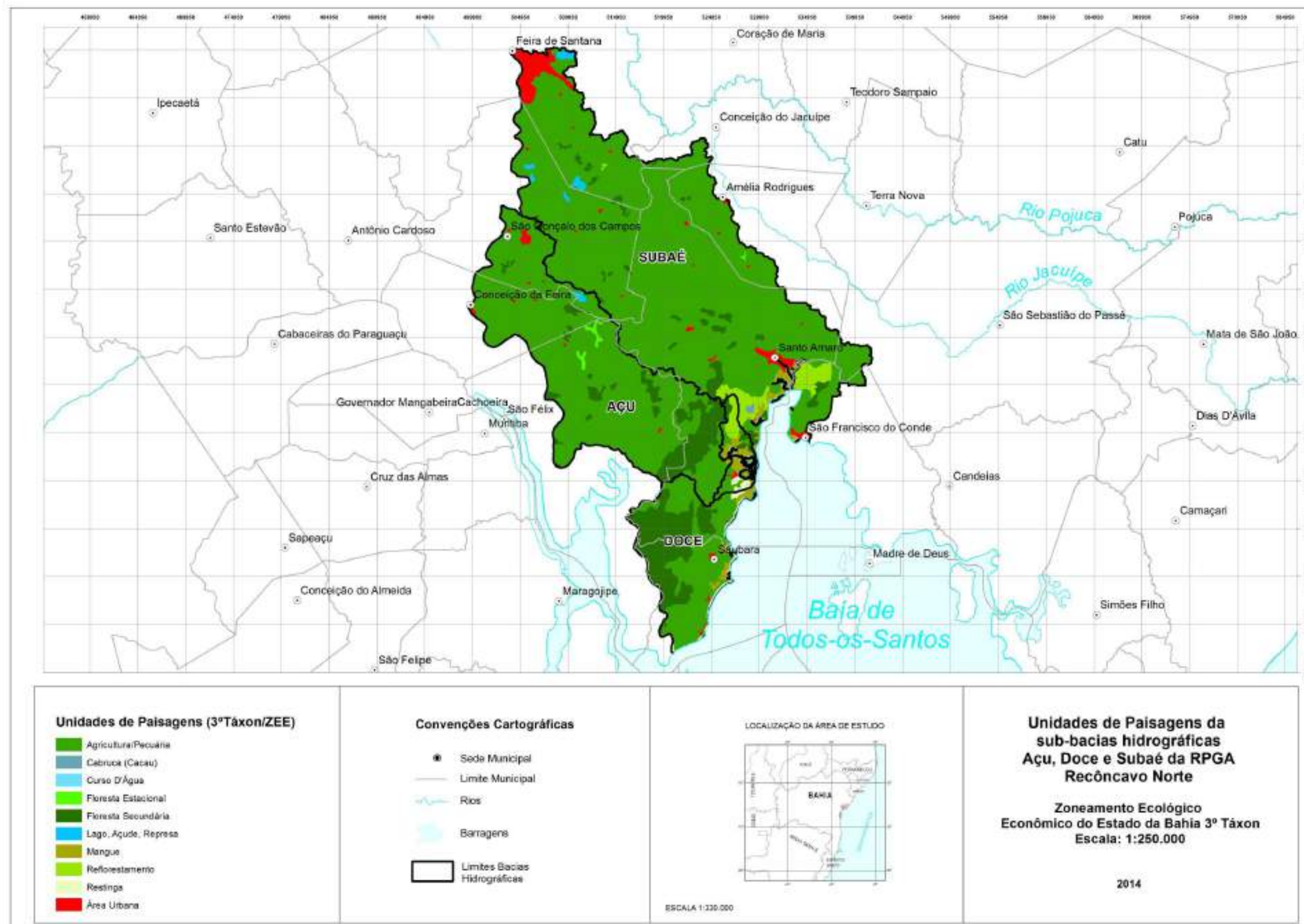


Figura 1. 21– Mapa de Unidades de Paisagens da sub-bacia hidrográfica do rio Açu, Subaé e Doce

Fonte:Elaboração Geohidro, a partir de dados do ZEE, 2014

- Agricultura/Pecuária

As áreas utilizadas para agricultura e pecuária estão presentes em todos os municípios da área das sub-bacias, ocupando grandes extensões de terra. A **Figura 1. 22** apresenta o quantitativo das áreas dos estabelecimentos agropecuários no ano de 2006, segundo o Censo Agropecuário do IBGE, no qual é possível verificar que, em todos os municípios, as lavouras e pastagens são predominantes no uso das terras nessa região.

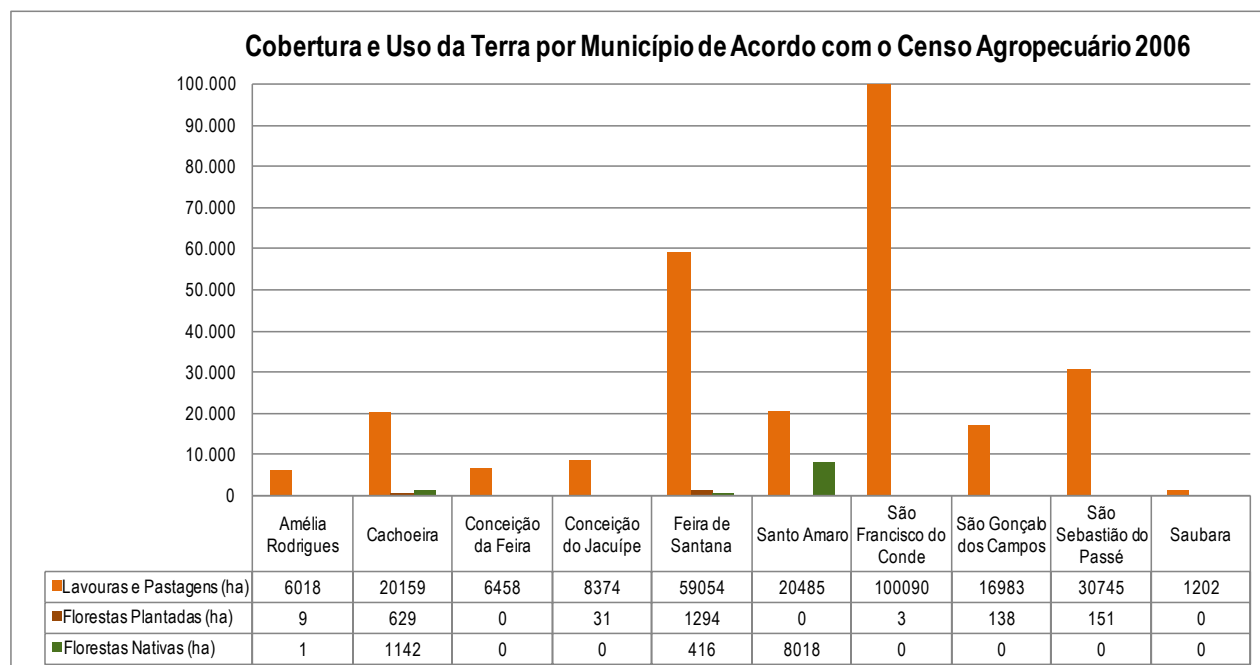


Figura 1. 22 - Cobertura e Uso da Terra por Município, segundo Censo Agropecuário 2006

Fonte: Elaboração Geohidro, 2014 a partir dos dados do IBGE Censo Agropecuária, 2006

Segundo a Pesquisa de Produção Agrícola Municipal – PAM (IBGE, 2012), na área das sub-bacias dos rios Açu, Doce e Subaé, destacam-se as culturas da cana-de-açúcar, banana e mandioca. O município de Cachoeira, em termos de valor obtido pela produção, obteve o maior valor (R\$ 16.223.000 reais) em 2012, seguido por Amélia Rodrigues (R\$ 13.308.000 reais), conforme **Quadro 1. 16**.

Quadro 1. 16 – Produção agrícola dos municípios das sub bacias dos rios Açu, Doce e Subaé (2012)

MUNICÍPIO	PRINCIPAIS CULTURAS	ÁREA PLANTADA (ha)	ÁREA COLHIDA (ha)	VALOR DE PRODUÇÃO (Mil reais)
Amélia Rodrigues	Cana-de-açúcar, banana e mandioca	4.735	4.735	13.308
Cachoeira	Cana-de-açúcar, banana e mandioca	4.227	4.227	16.223
Conceição da Feira	Mandioca, laranja e feijão	937	937	3.751
Conceição do Jacuípe	Mandioca e maracujá	28	8	36
Feira de Santana	Feijão, mandioca e milho	8.000	8.000	1.591
Santo Amaro	Cana-de-açúcar, banana e cacau	266	266	36
São Francisco do Conde	Banana, cacau e mandioca	386	386	1.398
São Gonçalo dos Campos	Mandioca, feijão e milho	5.866	5.866	2.209
São Sebastião do Passé	Cana-de-açúcar, mandioca e abacaxi	1.462	1.462	4.145
Saubara	Banana, manga e coco-da-baía	80	80	220

Fonte: IBGE - PAM, 2012.

A Pecuária, por sua vez, obteve quantitativo de cabeças de gado bovino total de 196.055 cabeças no ano de 2012. A seguir são reproduzidos os dados por município (IBGE, 2012):

- Amélia Rodrigues: 6.210 cabeças;
- Cachoeira: 10.447 cabeças;
- Conceição de Feira: 7.999 cabeças;
- Conceição do Jacuípe: 10.250 cabeças;
- Feira de Santana: 52.000 cabeças;
- Santo Amaro: 15.010 cabeças;
- São Francisco do Conde: 6.546 cabeças;
- São Gonçalo dos Campos: 17.500 cabeças;
- São Sebastião do Passé: 28.204 cabeças;
- Saubara: 1.299 cabeças.

As áreas utilizadas para a atividade pecuária podem causar impactos que interferem no escoamento superficial e na infiltração de água no solo. Em função de superpastoreio em determinado tipo de solo, o pisoteamento de gado pode causar compactação provocando um maior escoamento superficial das águas da chuva, favorecendo o aumento dos riscos de erosão.

Desta maneira, com relação à pecuária, pode-se observar que os impactos ambientais são abrangentes envolvendo diretamente desde o desmatamento a compactação do solo e erosão provenientes da criação de animais de grande porte que utilizam toda a área sem manejo adequado. Indiretamente, aponta-se risco de poluição dos lençóis freáticos, associado ao processo erosivo que culmina por provocar a degradação do solo.

O uso do solo para esta finalidade pode ainda ocasionar a contaminação por agroquímicos, uma constante nas propriedades agrícolas, e que produzem impactos sobre a saúde humana, poluindo as águas, o solo e o ar. A redução dos impactos demanda melhor organização na forma de manejo da pecuária a ponto de haver um controle no deslocamento do gado, bem como aprimorar estas técnicas de sistemas de criação.

- Florestas Secundárias e Estacionais

Na área das sub-bacias dos rios Açu, Doce e Subaé, a cobertura vegetal original predominante encontra-se no domínio da Floresta Ombrófila, em função da tipologia climática - clima úmido a subúmido, com elevadas pluviosidades. Ao longo dos anos a Floresta Ombrófila, conhecida como Mata Atlântica, vem sendo devastada desde o início da colonização portuguesa, quando cedeu espaço para as “*plantation*” de cana-de-açúcar. Por outro lado, o surgimento de núcleos populacionais exerceu forte pressão, pela requisição de espaços para a ocupação urbana, abertura de vias de acesso e, principalmente, para a expansão das fronteiras agrícolas de culturas alimentares e pastagens (SEI, 2003).

De acordo com a **Figura 1. 21**, a cobertura vegetal natural é secundária, com feições variadas, em diversos estágios de regeneração sendo predominante nos municípios de Saubara e Santo Amaro, observando algumas manchas nos outros municípios.

As florestas estacionais semidecíduais, são formações de ambientes menos úmidos do que aqueles onde se desenvolve a floresta ombrófila. Em geral, ocupam ambientes que transitam entre a zona úmida costeira e o ambiente semiárido. Daí porque esta vegetação também é conhecida como “mata seca”. Esta formação vegetal apresenta um porte em torno de 20 metros (estrato mais alto) e apresenta, como característica importante, uma razoável perda de folhas no período seco, notadamente no estrato arbóreo. Na época chuvosa, a sua fisionomia confunde-se com a da floresta ombrófila densa, no entanto, no período seco, nota-se a diferença entre elas (EMBRAPA, 2014). Quase que totalmente substituída pela cana-de-açúcar e culturas diversas, pode-se verificar, pelos poucos remanescentes, que esta formação ocupa pequenas manchas nos municípios de Cachoeira e Feira de Santana.

- Reflorestamento

Essa atividade teve início com a implantação da política de reflorestamento desenvolvida pelo Governo Federal nas décadas de 70 e 80, com vistas à conservação das florestas naturais já bastante devastadas e a viabilizar o Programa Nacional de Papel e Celulose (SEI, 2003).

Desde então, foram realizados estudos e levantamentos para a seleção de áreas com potencial para essa atividade. A escolha se deu levando-se em conta os índices pluviométricos em torno de 1.000 mm, solos de baixa aptidão para a agricultura e áreas consideradas marginais dentro do processo de desenvolvimento econômico do Estado (SEI, 2003).

Na área das sub-bacias dos rios Açú, Doce e Subaé, manchas de reflorestamento são observadas nos municípios de São Francisco do Conde e Santo Amaro. Com relação aos outros municípios, observa-se que este tipo de cobertura vegetal não têm representatividade (**Figura 1. 21**).

- Áreas Urbanas

Para o presente estudo considera-se o conceito do IBGE de áreas urbanas como as áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e algum tipo de infraestrutura urbana, como sistema viário, sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário onde predominam as superfícies artificiais não-agrícolas. Dessa forma, as áreas urbanas são ambientes onde a ocupação e concentração humana se tornam intensas e muitas vezes desordenadas, tornando-se áreas sensíveis às gradativas transformações.

Nesta região foram identificadas as áreas urbanas dos municípios de Feira de Santana, São Francisco do Conde, Saubara, Conceição de Feira, São Gonçalo dos Campos e Santo Amaro. O perfil destas ocupações é de aglomerados populacionais que do ponto de vista socioeconômico – geralmente – se relacionam com a zona rural mais próxima ou com outros centros urbanos de maior porte. De modo geral, as áreas urbanas da região de estudo não dispõem de ampla infraestrutura urbana. Esta carência por um lado significa uma menor intervenção nos recursos naturais gerando, por exemplo, menor impermeabilização do solo, mas por outro lado, representa risco constante de impactos negativos por carência de instrumentos decorrentes do baixo controle das interações homem e ambiente, principalmente nas questões referentes ao saneamento e tratamento dos resíduos sólidos.

Cabe mencionar que o município de Feira de Santana abriga diversas indústrias em seu território, com destaque para o Centro Industrial de Subaé, constituindo-se, portanto, em uma atividade com potencial de poluição na sub-bacia do rio Subaé.

Ainda cabe mencionar, que durante trinta anos o município de Santo Amaro abrigou a empresa Plumbum Mineração e Metalurgia Ltda. (inicialmente COBRAC - Companhia Brasileira de Chumbo) que foi instalada na década de 60, fazendo parte de um complexo minero-metalúrgico para produção de ligas de chumbo. Tal complexo era composto de lavra e beneficiamento do minério de chumbo no município de Boquira, e usina metalúrgica para a produção de ligas de chumbo, em Santo Amaro. Em 1993, a empresa encerrou suas atividades deixando um passivo ambiental de 490 mil toneladas de resíduos contaminados (CETEM, 2012).

Dentre os principais impactos socioambientais causados pelas atividades da metalúrgica em Santo Amaro, podem-se citar: a contaminação de águas subterrâneas e superficiais, a exemplo do rio Subaé, impactando diversas comunidades que tiravam seu sustento do rio; a poluição do ar pela fumaça da indústria; a distribuição pela empresa da escória contaminada para uso como aterro na pavimentação de ruas e construções públicas; e a contaminação do solo por grande quantidade de soluções com contaminantes que se infiltrou no subsolo durante os anos de funcionamento da usina (ALCÂNTARA, 2010).

Conforme Rabelo (2010), os níveis de concentração de cádmio e chumbo nas áreas próximas da extinta fábrica Plumbum (no limite geográfico de até 4,5 km) estão muito acima dos índices de referência

recomendados pelas legislações pertinentes. Os níveis de contaminação também são altos no eixo que passa ao longo da área urbana devido à utilização da escória para pavimentação de ruas e aterro de quintais.

Atualmente o Centro de Tecnologia Mineral do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - CETEM/MCTI juntamente com a comunidade científica e acadêmica desenvolveu o Plano de Recuperação Ambiental de Santo Amaro. Este plano tem como objetivo desencadear uma série de ações visando a remoção do passivo ambiental deste município.

- Demais Áreas

As demais áreas mapeadas são: Mangue, Restingas, Cabruca (cacau), Lagos, Açude e Represa.

As áreas reconhecidas como de lago, açude e represa, foram identificados no atual estudo na mesma categoria por serem ecossistemas lânticos.

Segundo Souza e outros (1991), o mangue, formado por substrato lamoso rico em matéria orgânica, são ecossistemas que se restringem especialmente aos litorais tropicais e subtropicais, situados nas zonas de intermaré, em áreas estuarinas, estão localizados em São Francisco do Conde, em Santo Amaro, mais precisamente no Distrito de Acupe e em Saubara.

A restinga é o conjunto de comunidades vegetais, distribuídas em mosaico, que está associada aos depósitos arenosos costeiros recentes (quaternário) e aos ambientes rochosos litorâneos – também consideradas comunidades edáficas – por dependerem mais da natureza do solo do que do clima, encontradas nos ambientes de praias, cordões arenosos, dunas, depressões e transições para ambientes adjacentes, podendo apresentar, de acordo com a fitofisionomia predominante, estrato herbáceo, arbustivo e arbóreo, este último mais interiorizado (BRASIL, 2006). Manchas dessa tipologia vegetal estão localizadas nos municípios de Santo Amaro e Saubara.

A cabruca é o sistema de cultivo do cacau em consórcio com matas nativas. Porém, no cultivo tradicional promove-se a derrubada total da mata, que inclui a queima para a preparação do solo. O cacaueiro é plantado juntamente com uma espécie exótica, resultando em um sistema pobre em biodiversidade (MOÇO, 2006). Uma pequena mancha de cabruca foi observada no município de Santo Amaro, a mesma intercalada com o plantio de culturas exóticas, áreas reflorestadas.

- Pesca e Aquicultura

A atividade pesqueira é exercida pelo homem ao decorrer de sua história, seja como fonte de renda, geração de trabalho e alimento. Tal atividade pode ser desenvolvida por meio da pesca extrativa e da aquicultura. A pesca extrativa é a retirada de organismos aquáticos da natureza sem seu prévio cultivo; este tipo de atividade pode ocorrer em escala industrial ou artesanal, tanto no mar como no continente. Com relação à aquicultura, esta pode ser definida como o “processo de produção em cativeiro, de organismos com habitat predominantemente aquático, tais como peixes, rãs, camarões, entre outras espécies. Assim como a pesca extrativa esta também pode ser classificada em continental ou marinha, tendo esta última subdividida em carcinicultura, piscicultura, cultivo de algas, ostreicultura dentre outros (RIOS e GERMANI, 2013).

Os municípios de Santo Amaro e Saubara abrigam cinco comunidades pesqueiras, são elas: o distrito de Acupe e as localidades de Itapema e São Brás (Santo Amaro), e os distritos de Cabuçu e Bom Jesus dos Pobres (Saubara). Estes possuem como principal atividade econômica a pesca artesanal e a mariscagem.

A mariscagem desempenha importante papel social para as comunidades locais supracitadas. Além de ser fonte de alimento e alternativa de renda, ocupa quantidade considerável da mão-de-obra ociosa e sem perspectivas de trabalho formal pela falta de qualificação, principalmente a feminina (SEI, 2003).

Quanto à aquicultura, a partir da década de 1980 o distrito de Acupe passou a ter seus territórios pesqueiros ocupados por empreendimentos de cultivo de camarão. Atualmente, existem três Fazendas de Camarões e alguns “viveirinhos artesanais” (RIOS e GERMANI, 2013).

A carcinicultura é uma atividade que modifica a estrutura e a dinâmica do ecossistema. A iniciar pelo desmatamento do mangue, que é realizado para implantação dos viveiros de cultivo de camarão. Em todo o mundo a introdução do cultivo de camarão tem sido um processo permeado pelo comprometimento dos recursos hídricos e de lençóis freáticos, pela restrição do acesso das populações aos manguezais, pela intensificação da concentração da posse da terra, pela privatização dos recursos hídricos e pela desestruturação dos meios de vida de grupos ribeirinhos e litorâneos (MELLO, 2008 citado por RIOS e GERMANI, 2013).

F.1 Unidades de Conservação

No território das sub-bacias localiza-se a unidade de conservação do Monumento Natural dos Canions do Subaé. APAs são áreas nas quais há um certo grau de ocupação humana, que apresentam atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais, e que apresentam esta classificação de modo a proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (BRASIL, 2000). Monumentos Naturais, por sua vez, são definidos como Unidades de Conservação de proteção integral para a proteção de sítios naturais raros, singulares ou de beleza cênica (SEMA, 2014). No **Quadro 1. 17** apresentado a seguir, são sintetizadas as principais informações a respeito desta Unidade de Conservação.

Quadro 1. 17 - Unidades de Conservação existentes nas sub-bacias dos rios Açu, Doce e Subaé

UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	DECRETO DE CRIAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	ATRIBUTOS NATURAIS
MONUMENTO NATURAL DOS CANIONS DO SUBAÉ	D.E nº 10.018/06	O Monumento Natural dos Canions do Subaé está localizado no Município de Santo Amaro, numa área total de aproximadamente 404,15 ha.	A área do Monumento Natural dos Canions do Subaé apresenta significativos recursos naturais de imensos valores cênicos e paisagísticos, propiciando, inclusive, a prática de ecoturismo e esportes radicais. Também lá se encontram os corpos hídricos e as diversas nascentes formadoras dos Rios Peraúna e Sergi, contribuintes do Rio Subaé, impondo-se a recuperação ambiental de seu entorno, em especial as Áreas de Preservação Permanente, com vistas à sua preservação.

Fonte: SEMA, 2014

G. Uso da Água

A água é um recurso natural limitado e de domínio público que desempenha múltiplas funções, seja para atendimento das necessidades básicas humanas, animais e para a manutenção dos ecossistemas, seja como insumo na maioria dos processos produtivos. Estas múltiplas atribuições, de caráter indispensável à vida, tornam essencial a normatização do seu uso, com uma legislação específica e atuação efetiva do poder público (ANA, 2013).

A outorga, um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, visa assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água. A exigência de outorga destina-se a todos que pretendam fazer uso de águas superficiais ou águas subterrâneas para as mais diversas finalidades. A outorga também é necessária para intervenções que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade de um corpo hídrico (BRASIL, 1997).

As solicitações de outorga de direito de uso de recursos hídricos podem se destinar a usos consuntivos ou não consuntivos da água. Os usos consuntivos da água são aqueles que subtraem uma parcela da disponibilidade hídrica em determinado ponto de captação. São exemplos de usos consuntivos, abastecimento humano urbano e rural, animal, industrial e a irrigação. Enquanto os usos não consuntivos são aqueles que não resultarão em retiradas de vazões ou volumes de água do corpo hídrico, mas, eventualmente, irão modificar as suas características naturais, como é o caso da navegação, manutenção de ecossistemas, geração de energia hidrelétrica, recreação e pesca (ANA, 2013).

Além da quantidade de água necessária para os diversos tipos de uso, a sua qualidade é muito importante para o atendimento das necessidades associadas ao seu consumo. Desse modo, usos que comprometem a qualidade de um corpo hídrico, tais como a aquicultura e o lançamento de efluentes, também são passíveis de outorga de direito de uso de recursos hídricos.

Na **Figura 1. 23**, estão indicadas as outorgas do INEMA nas sub-bacias dos rios Açu, Doce e Subaé que possuem cadastro regularizado pela entidade, com informações sobre vazão, natureza do empreendimento e tipo da captação, etc. Além delas, existem outras outorgas que não dispõem de informação, necessitando de regularização pelo INEMA.

A seguir será apresentada uma descrição sucinta dos principais usos da água identificados para as sub-bacias hidrográficas dos rios Açu, Doce e Subaé.

- Irrigação

A irrigação consiste em um conjunto de técnicas destinadas a deslocar a água no tempo ou no espaço para modificar as possibilidades agrícolas de cada região, visando a corrigir a distribuição natural das chuvas (LIMA *et al*, 1999). De acordo com os dados de outorga superficiais fornecidos pelo Inema (2014), o principal uso da água na sub-bacia hidrográfica do rio Subaé, Doce e Açu é para a irrigação, com 15 (quinze) pontos de captação para irrigação de culturas diversas.

O Censo Agropecuário levantou o número de estabelecimentos com uso de irrigação, assim como a fonte de captação da água utilizada nos municípios em estudo, conforme **Quadro 1. 18**.

Quadro 1. 18 - Número de Estabelecimentos Agropecuários com Uso de Irrigação

MUNICÍPIO	FONTES DE ÁGUA UTILIZADAS			TOTAL
	DO PRÓPRIO ESTABELECIMENTO	BOMBEADA DE FONTES DE FORA DO ESTABELECIMENTO COM EQUIPAMENTOS PRÓPRIOS	OBTIDA DE TERCEIROS, OBTIDA ATRAVÉS DE PROJETOS PARTICULARES OU COMUNITÁRIOS DE IRRIGAÇÃO	
Amélia Rodrigues	44	2	4	50
Cachoeira	45	7	13	65
Conceição da Feira	6	1	4	11
Conceição do Jacuípe	179	17	-	196
Feira de Santana	286	157	30	473
Santo Amaro	98	16	4	118
São Francisco do Conde	13	6	1	20
São Gonçalo dos Campos	22	1	-	23
São Sebastião do Passé	43	2	10	55
Saubara	2	-	-	2
TOTAL	738	209	66	1.013

Fonte: IBGE Censo Agropecuário, 2006

A partir do **Quadro 1. 18**, observa-se que em todos os municípios pesquisados a fonte de água mais utilizada para irrigação vem do próprio estabelecimento, no caso da propriedade rural. Além disto, salienta-se a diferença existente entre o total de outorgas fornecidas pelo INEMA (15) e o número total de fontes de água utilizadas (1.013), fato que representa uma divergência de dados. A isto se pode atribuir uma deficiência no sistema de cadastro destas outorgas concedidas, ou a captação de água sem o devido conhecimento do órgão regulador.

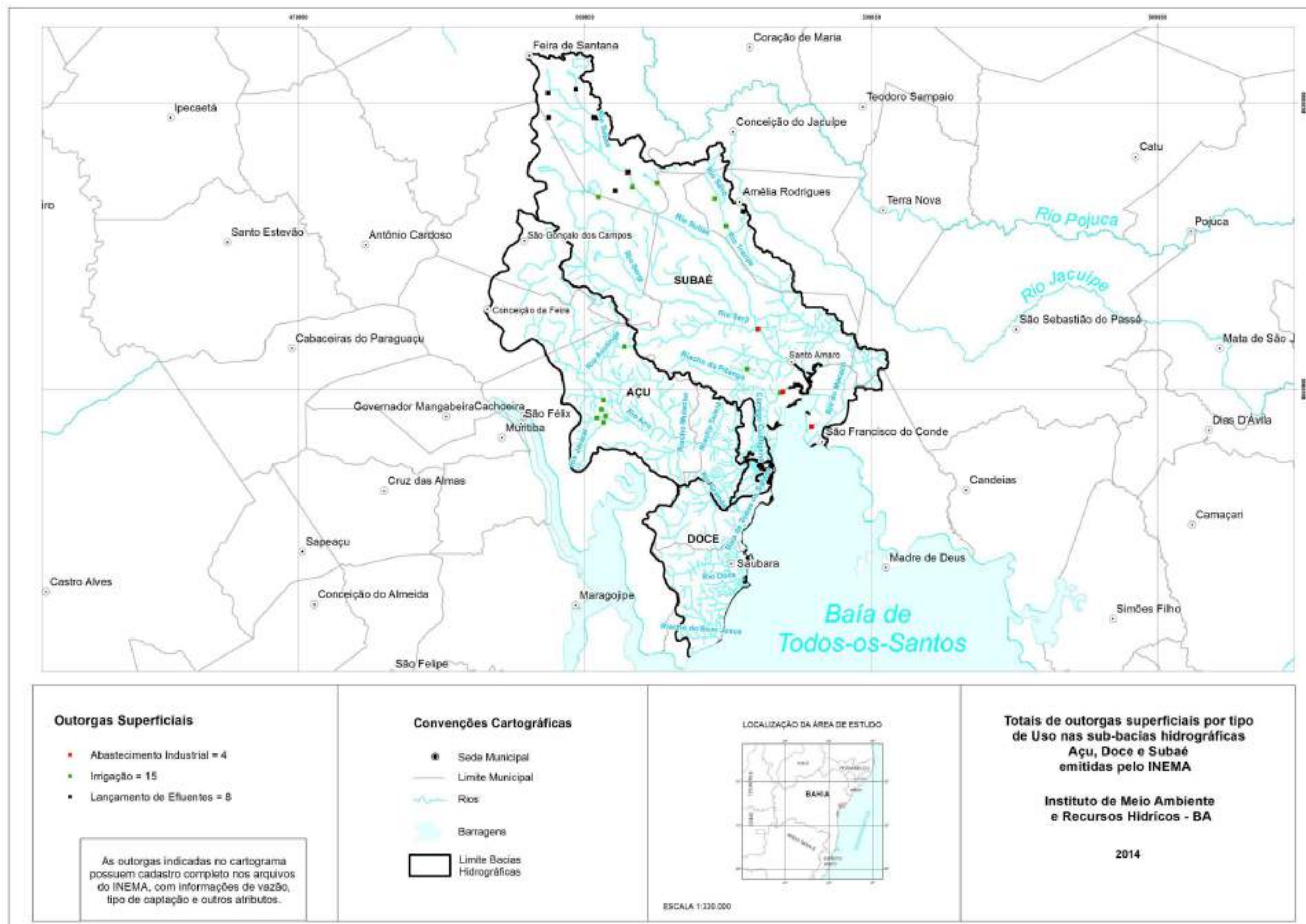


Figura 1. 23 – Outorgas Superficiais emitidas pelo INEMA nas sub-bacias dos rios Açu, Doce e Subaé

Fonte: INEMA, 2014; Elaboração Geohidro, 2014

- Lançamento de efluentes

Os efluentes podem ser descartados nos cursos d'água, desde que tenham um tratamento prévio que permita a conservação dos recursos hídricos em padrões de qualidade compatíveis com a sua utilização para os mais diversos fins, e seja concedida a outorga de direito de uso de recursos hídricos para fins de lançamento de efluentes.

De acordo com os dados de outorga superficiais fornecidos pelo Inema (2014), a sub-bacia hidrográfica do Subaé, Doce e Açu é usada como corpo receptor (diluição de efluentes), tendo 8 (oito) pontos de lançamento de efluentes cadastrados. Na **Figura 1. 23**, observa-se que, em sua maioria, os pontos de lançamento estão localizados próximos a sede de Feira de Santana, município de maior representatividade populacional das sub-bacias dos rios Açu, Doce e Subaé e que abriga diversas indústrias em seu território. Deste modo, o lançamento de seus efluentes pode constituir-se como um potencial de poluição nas sub-bacias.

- Abastecimento Industrial

O desenvolvimento industrial tem motivado diversos impactos sobre os recursos hídricos, como a poluição, reduzindo a sua qualidade, e a captação de água dos rios e extração de água subterrânea, reduzindo sua disponibilidade.

De modo geral, estudos apontam para um consumo pela indústria, de cerca de 22% do consumo total de água, usando quantidades significativa do recurso de boa qualidade para o uso em seus processos, que vão desde a incorporação da água nos produtos até a lavagem de materiais, equipamentos e instalações, utilização em sistemas de refrigeração e geração de vapor (MMA, 2009).

Conforme o ramo industrial e de tecnologia adotada, a água resultante dos processos industriais (efluentes industriais) pode carregar resíduos tóxicos, como metais pesados e restos de materiais em decomposição. Estima-se que a cada ano é acumulado nas águas 300.000 t (trezentas mil toneladas) a 500.000 t (quinhentas mil toneladas) de dejetos provenientes das indústrias (MMA, 2009).

De acordo com os dados de outorga superficiais fornecidos pelo INEMA (2014), foram identificados 4 (quatro) pontos de captação para abastecimento industrial, situados nos municípios de Feira de Santana, São Francisco do Conde e Santo Amaro.

H. Qualidade da Água

No contexto da qualidade da água, conforme mencionado anteriormente, dada a ausência de estudos de enquadramento, os corpos d'água integrantes das sub-bacias do rio Açu, Doce e Subaé foram enquadrados como de Classe 2, de acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 357/05.

Considerando este fato, e visando avaliar a evolução espacial e temporal da qualidade das águas para os diferentes usos, utilizou-se como referência os estudos elaborados pelo INEMA, entidade encarregada de coordenar, executar, acompanhar, monitorar e avaliar a qualidade ambiental e dos recursos hídricos no estado da Bahia, que criou o Programa Monitora. Atualmente são monitorados 134 rios, além de outros corpos d'água, num total de 315 pontos de amostragem. As campanhas de coleta são realizadas semestralmente, sendo analisados diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos. O Programa Monitora vem produzindo uma grande quantidade de dados analíticos desde 2008, dispondo-se de dados até a campanha mais recente, realizada no segundo semestre de 2013 (INEMA, 2014).

Para a elaboração do presente diagnóstico, foram considerados os registros do Programa Monitora em pontos representativos do rio Subaé e do rio Timbó, também denominado riacho Pitanga, manancial no qual localiza-se o ponto de captação. Os dados foram obtidos em campanhas semestrais dos anos de 2010 a 2013.

O rio Subaé conta com cinco pontos de monitoramento cadastrados no Programa Monitora, no entanto, o ponto RCN-SUB-020 só foi acompanhado até a 2ª campanha de 2011. O rio Timbó ou (riacho Pitanga), afluente do Subaé, conta com um ponto de monitoramento cadastrado no Programa, no entanto os dados dos parâmetros pesquisados nas campanhas 2013 não estão disponibilizados. Nas campanhas anteriores a 2010 havia maior número de pontos monitorados que a partir de então deixaram de ser apresentados pelo Programa. A localização precisa de todos os pontos de interesse do presente diagnóstico pode ser verificada no **Quadro 1. 19**.

Quadro 1. 19 - Pontos de monitoramento do Programa Monitora localizados no Rio Subaé

PONTO DE MONITORAMENTO	LATITUDE/ LONGITUDE	LOCALIZAÇÃO	MUNICÍPIO
RCN-PTN-100	12° 34' 33,14" S	Sob a ponte, à montante do município de Santo Amaro.	Santo Amaro
	38° 43' 2,9" W		
RCN-SUB-020	12°17'21,2"	Depois de Amélia Rodrigues e da entrada para Conceição do Jacuípe, no sentido Salvador - Feira de Santana. Estrada do aviário, na captação de água do Horto.	Feira de Santana
	38°55'00,6"		
RCN-SUB-140	12°21'57,8"	Sob ponte sobre o rio Subaé na BR-101, na estrada de terra próxima a empresa Sapelba, paralela a cerca de uma fazenda.	Feira de Santana
	38°52'3,9"		
RCN-SUB-160	12°25'56,0"	Acesso pela BR-324, sob a ponte que cruza o rio, no trecho entre Oliveira dos Campinhos e Santo Amaro da Purificação, à jusante de Oliveira dos Campinhos.	Santo Amaro
	38°48'2,0"		
RCN-SUB-300	12°30'59,0"	Sob a ponte, próximo a BA-084, 100 m à jusante de uma indústria de embalagens.	Santo Amaro
	38°44'25,8"		
RCN-SUB-550	12°32'21,9"	Após o posto 4 rodas, sob a ponte na BA-084, onde se encontra a estação fluviométrica da ANA, na margem direita do rio Subaé.	Santo Amaro
	38°43'37,6"		

Fonte: Adaptado de INEMA, 2014.

Para apresentação dos resultados da qualidade da água, o Programa Monitora utilizou um índice de qualidade de uso consagrado no Brasil, o Índice de Qualidade de Água (IQA-CETESB). O Índice de Qualidade da Água (IQA) foi adaptado e desenvolvido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). A criação do IQA baseou-se numa pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de águas, que indicaram os parâmetros e seus respectivos pesos para composição do índice, formado por nove parâmetros - Temperatura; pH; Oxigênio Dissolvido; Demanda Bioquímica de Oxigênio (5 dias, 20°C); Coliformes Termotolerantes; Nitrogênio Total; Fósforo Total; Sólidos Totais; e Turbidez (CETESB, 2014).

As categorias do IQA estão definidas, conforme as faixas que constam, no **Quadro 1. 20**.

Quadro 1. 20 – Categorias da avaliação da qualidade da água

PONDERAÇÃO	CATEGORIA
79<IQA≤100	ÓTIMA
51<IQA≤79	BOA
36<IQA≤51	REGULAR
19<IQA≤36	RUIM
IQA≤19	PÉSSIMA

Fonte: CETESB, 2014.

Outro indicador bastante utilizado para avaliar a qualidade de mananciais é o Índice do Estado Trófico (IET), o qual tem como objetivo estabelecer uma classificação dos corpos d'água em diferentes graus de trofia, resultando na indicação do enriquecimento ou não de nutrientes e os seus efeitos relacionados ao crescimento excessivo das algas/macrófitas aquáticas (ANA, 2009). O **Quadro 1. 21** define as classificações do IET, caracterizando suas faixas.

Quadro 1. 21 – Categorias da avaliação do estado trófico

PONDERAÇÃO	CATEGORIA	CARACTERÍSTICAS
IET ≤ 47	ULTRAOLIGOTRÓFICO	Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.
47 < IET ≤ 52	OLIGOTRÓFICO	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
52 < IET ≤ 59	MESOTRÓFICO	Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
59 < IET ≤ 63	EUTRÓFICO	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
63 < IET ≤ 67	SUPEREUTRÓFICO	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos.
IET > 67	HIPEREUTRÓFICO	Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: CETESB, 2014; ANA, 2009.

Desse modo, foram calculados o IQA e o IET para as campanhas que possuem registros de todos os parâmetros que compõem ambos os índices, uma vez que a ausência de qualquer parâmetro inviabiliza a sua análise. Salienta-se que, com o objetivo de viabilizar o cálculo dos índices, para os parâmetros em que seus resultados foram expressos pelos seus limites máximos detectados, foi adotado o valor imediatamente inferior ao valor indicado como máximo, refletindo, portanto, a pior condição do parâmetro para a análise do resultado.

No que diz respeito à metodologia de cálculo destes indicadores tem-se que o IQA é calculado através das médias ponderadas dos produtos das notas atribuídas a cada parâmetro de qualidade da água e seus respectivos pesos, de acordo com a relação (CETESB, 2014):

$$IQA = \pi q_i^{w_i}$$

onde:

IQA: É o Índice de Qualidade de Água, número variando de 0 a 100.

qi: qualidade do i-ésimo parâmetro, entre 0 a 100, obtido da “curva média de variação de qualidade”, em função da sua concentração ou medida.

wi: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 a 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade.

Os parâmetros avaliados, com seus respectivos pesos são:

- Temperatura: peso 0,10
- pH: peso 0,12
- Coliformes Termotolerantes: peso 0,15
- Oxigênio Dissolvido: peso 0,17
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5, 20°C}): peso 0,10
- Nitrogênio Total: peso 0,10
- Fósforo Total: peso 0,10
- Sólidos Totais: peso 0,08
- Turbidez: peso 0,08

O cálculo do IET, por sua vez, levou em consideração a relação das concentrações de clorofila-a (CL) e fósforo (P) - ambos em µg/L - através da fórmula (CETESB, 2014):

$$IET = \{(\ln(80,32/P_{\mu g/L})/\ln 2) + [(2,04 - 0,695 * \ln CL_{\mu g/L})/\ln 2]\}/2$$

onde:

IET: Índice do Estado Trófico

P: Concentração de fósforo total (µg/L)

CL: Concentração de clorofila-a (µg/L)

Os resultados dos cálculos do IQA e IET estão discriminados por campanha no **Quadro 1. 22** e **Quadro 1. 23**, respectivamente.

Quadro 1. 22 – Resultado do IQA para os pontos de monitoramento localizados no Rio Subaé e Riacho Pitanga

PONTO	2010		2011		2012		2013	
	1ª CAMPANHA	2ª CAMPANHA	1ª CAMPANHA	2ª CAMPANHA	1ª CAMPANHA	2ª CAMPANHA	1ª CAMPANHA	2ª CAMPANHA
RCN-PTN-100	BOA	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM	BOA
RCN-SUB-020	PÉSSIMO	REGULAR	REGULAR	RUIM	-	-	-	-
RCN-SUB-140	REGULAR	BOA	BOA	BOA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	BOA
RCN-SUB-160	BOA	BOA	BOA	BOA	BOA	BOA	BOA	BOA
RCN-SUB-300	BOA	BOA	BOA	BOA	BOA	BOA	BOA	BOA
RCN-SUB-550	BOA	BOA	BOA	BOA	BOA	BOA	BOA	BOA

Fonte: Elaboração Geohidro, 2014 a partir de dados INEMA, 2014.

Quadro 1. 23 – Resultado do IET para os pontos de monitoramento localizados no rio Subaé e riacho Pitanga

PONTO	2010		2011		2012		2013	
	1ª CAMPANHA	2ª CAMPANHA	1ª CAMPANHA	2ª CAMPANHA	1ª CAMPANHA	2ª CAMPANHA	1ª CAMPANHA	2ª CAMPANHA
RCN-PTN-100	ULTRAOLIGOTRÓFICO	MESOTRÓFICO	EUTRÓFICO	SUPEREUTRÓFICO	SUPEREUTRÓFICO	EUTRÓFICO	-	-
RCN-SUB-020	HIPEREUTRÓFICO	SUPEREUTRÓFICO	SUPEREUTRÓFICO	EUTRÓFICO	-	-	-	-
RCN-SUB-140	HIPEREUTRÓFICO	HIPEREUTRÓFICO	HIPEREUTRÓFICO	HIPEREUTRÓFICO	HIPEREUTRÓFICO	HIPEREUTRÓFICO	HIPEREUTRÓFICO	HIPEREUTRÓFICO
RCN-SUB-160	SUPEREUTRÓFICO	EUTRÓFICO	EUTRÓFICO	SUPEREUTRÓFICO	EUTRÓFICO	EUTRÓFICO	MESOTRÓFICO	MESOTRÓFICO
RCN-SUB-300	ULTRAOLIGOTRÓFICO	MESOTRÓFICO	MESOTRÓFICO	EUTRÓFICO	MESOTRÓFICO	EUTRÓFICO	MESOTRÓFICO	MESOTRÓFICO
RCN-SUB-550	MESOTRÓFICO	ULTRAOLIGOTRÓFICO	EUTRÓFICO	EUTRÓFICO	EUTRÓFICO	MESOTRÓFICO	MESOTRÓFICO	OLIGOTRÓFICO

Fonte: Elaboração Geohidro, 2014 a partir de dados INEMA, 2014.

Conforme pode ser observado no **Quadro 1. 22**, três dos seis pontos apresentaram resultados satisfatórios com relação ao IQA, para todas as campanhas. O ponto RCN-SUB-020, apresentou resultados insatisfatórios para todas as campanhas, o ponto RCN-SUB-140, apresentou períodos com resultados satisfatórios e o ponto RCN-PTN-100 apresentou a maioria dos resultados insatisfatórios com exceção da primeira campanha de 2010 e última de 2013.

Quanto ao IET, conforme **Quadro 1. 23**, a maioria dos resultados indicaram médios a altos graus de trofia para os corpos d'água, o que acarreta possíveis implicações sobre a qualidade da água. Apenas o ponto RCN-SUB-550 apresentou resultados satisfatórios na segunda campanha de 2013, após cinco semestres de resultados insatisfatórios. Os pontos RCN-SUB-020, RCN-SUB-160 e RCN-SUB-140 indicaram resultados insatisfatórios em todas as campanhas, com destaque para este último ponto que indicou a única condição hipereutrófica, apontando que provavelmente vêm sofrendo interferência de ação antrópica, afetando pontualmente o corpo d'água, e indica a presença de elevadas concentrações de matéria orgânica e de nutrientes. Os pontos RCN-PTN-100 e RCN-PTN-300 apresentaram resultados satisfatórios em 2010 que deram sequência a resultados indesejáveis.

A **Figura 1. 24** representa os resultados do IQA e do IET obtidos nas estações de amostragem de modo espacial, para as últimas campanhas de monitoramento que possuíam dados disponíveis.

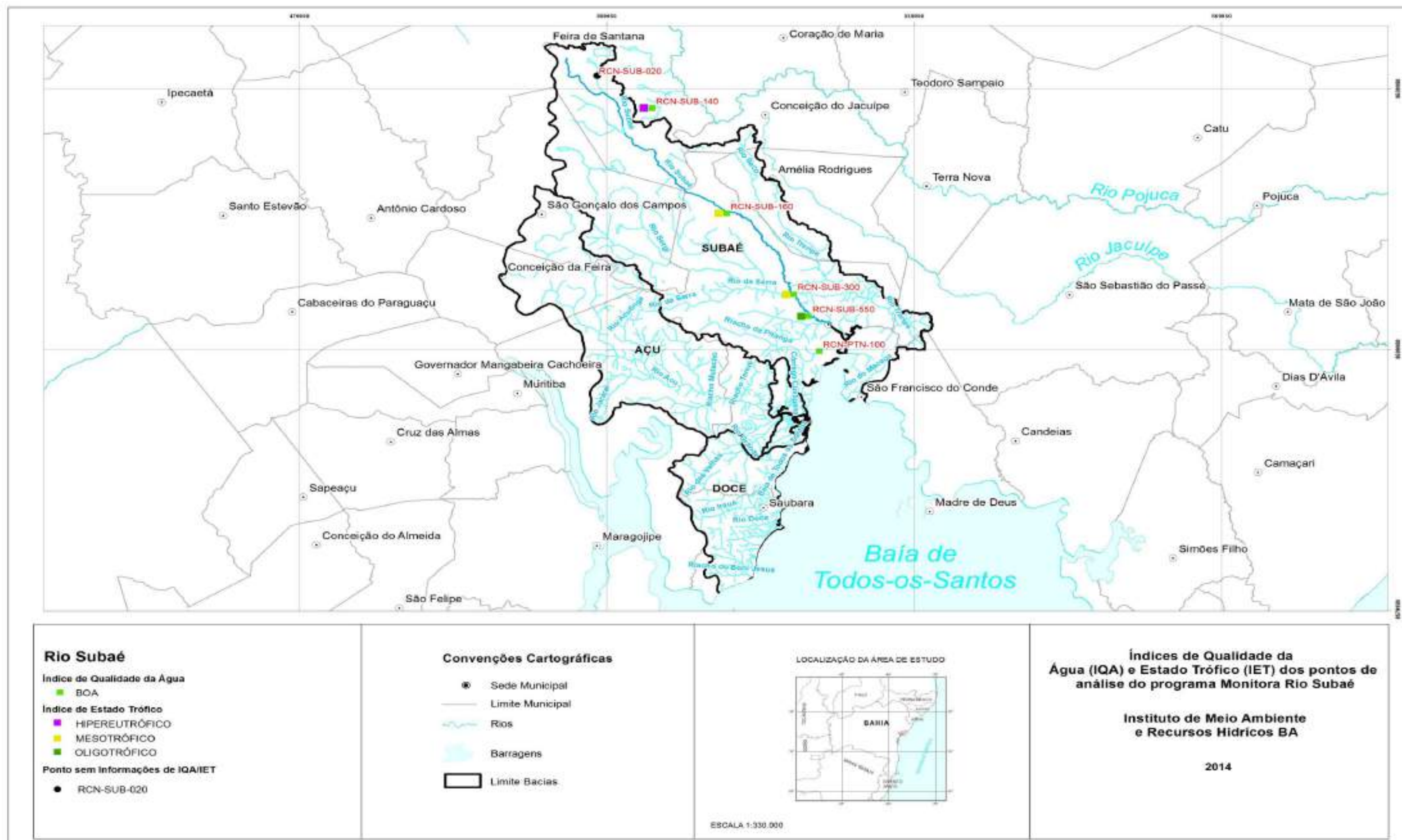


Figura 1. 24 - Classificação do IQA e do IET para as últimas campanhas com dados disponíveis dos pontos de monitoramento localizados na área de interesse

Fonte: INEMA, 2014; Elaboração Geohidro, 2014.

Na **Figura 1. 24**, observa-se que o ponto monitorado mais próximo ao local de captação atual do Sistema de São Brás é o RCN-PTN-100. Portanto, o presente diagnóstico dará ênfase aos resultados obtidos para este ponto. Não há pontos próximo ao local de captação dos Sistemas de Pedras (Fonte do Valentim) e Acupei/Saubara (rio Iraúá).

Segundo a classificação relativa ao IQA (Índice da Qualidade da Água), o ponto RCN-PTN-100 apresentou desempenho ruim, sendo o pior de todos os pontos de monitoramento localizados nos Rios Subaé e no riacho Pitanga, indicando uma má qualidade nas campanhas realizadas entre o segundo semestre de 2010 a primeiro semestre de 2013 e apenas duas classificações de boa qualidade na primeira campanha de 2010 e 2013. Com relação ao IET, este ponto também apresentou resultados indesejáveis, com exceção apenas da 1ª campanha de 2010.

O resultado de todos os parâmetros, divididos por campanha de monitoramento, é apresentado no **Quadro 1. 24** a seguir, destacando em vermelho os resultados dos parâmetros que estavam em não conformidade com os limites dos parâmetros especificados para classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/05.

Para o ponto RCN-PTN-100, a maior fração dos parâmetros estavam em desconformidade com os limites estabelecidos pela legislação ambiental para águas doces de Classe 2 em ao menos uma campanha, exceto o Clorofila e Cianobactérias, esta última monitorada uma única vez. O parâmetro Coliformes termotolerantes apresentou valores consideravelmente superiores ao Valor Máximo Permitido pela resolução em todas as campanhas. A baixa disponibilidade de OD e alta DBO chamam atenção especialmente nas campanhas de 2012. Variações nos valores de turbidez, salinidade e STD, por sua vez, complementam o quadro de degradação apresentado pelo riacho.

Ainda como subsídio para análise da qualidade da água no ponto de captação, utilizou-se os resultados de análises das águas dos mananciais de cada sistema de abastecimento de Santo Amaro e Saubara. Neste item, referente ao SAA de São Brás, serão avaliados os resultados referentes ao rio Timbó/riacho Pitanga.

Quadro 1. 24 – Resultados, por campanha, dos parâmetros do ponto de monitoramento RCN-SUB-100

DATA			2010		2011		2012		RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/05 Valores Máximos Permitidos (VMP)
			1ª Campanha	2ª Campanha	1ª Campanha	2ª Campanha	1ª Campanha	2ª Campanha	
PARÂMETROS	BIOLÓGICOS	Cianobactérias (Cél/mL)	-	Ausência	-	-	-	-	50.000
		Clorofila a (µg/L)	-	12,1	< 5	< 5	< 5	< 5	30
		Colif. Termotolerantes (UFC/100mL)	9,4 x 10 ²	4,6 x 10 ⁴	>1,6 x 10 ⁴	9,2 x 10 ⁵	1,5 x 10 ³	4,9 x 10 ³	1.000
	FÍSICOS	Salinidade (‰)	0,01 J	0,4	-	-	0,9	0,6	<0,5
		STD (mg/L)	-	572	-	-	-	842	500
		Temperatura (°C)	25,97	29,35	27,5	25,8	31,3	27,3	
		Turbidez (NTU)	21,5	321	124	34,5	263	61,5	100
	QUÍMICOS	DBO (mg/L)	2,9 J	4	552	54	758	392	5
		OD (mg/L)	4,48	3,6	6	8,12	6,16	2,57	> 5
		pH	5,35	6,88	6,42	7,65	6,77	6,48	6,0 a 9,0

Fonte: CONAMA, 2005; INEMA, 2014.

A partir dos resultados apresentados no **Quadro 1. 24**, observa-se que o manancial apresentou quantidade considerável de parâmetros em não conformidade com os limites preconizados pela legislação ambiental vigente para a Classe 2 de águas doces. Destaque deve ser dado ao parâmetro Coliformes, o qual teve valor acima do VMP em cinco das seis campanhas com resultados disponíveis. As bactérias do grupo Coliformes são indicadores de contaminação por esgotos domésticos, por ocorrerem no trato intestinal de animais de sangue quente. Apesar de não serem patogênicas, indicam a possibilidade de existência de microrganismos que são responsáveis pela contaminação da água (ANA, 2014)

Outros parâmetros que apresentaram não conformidade com os limites preconizados pela legislação foram: Turbidez, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD) e pH. Estas características da água bruta têm influência direta sobre o tipo de tratamento adotado, de modo a obter água tratada dentro dos padrões de potabilidade, com maior eficiência e, por conseguinte, menores custos.

Os resultados apresentados no **Quadro 1. 25**, por sua vez, demonstram uma melhora na qualidade da água, que indica apenas presença de Coliformes em três dos quinze resultados disponíveis. Verifica-se, ainda, que os parâmetros biológicos, físicos e químicos são analisados com periodicidade de seis meses, sendo que os parâmetros Temperatura, Cianobactérias e Coliformes são analisados com periodicidade mensal. Esta metodologia de avaliação da qualidade da água bruta está de acordo com a legislação vigente, Portaria nº 2914/2011 do Ministério de Saúde, que salienta que a água bruta deve ser coletada e analisada no ponto de captação semestralmente *“para análise de acordo com os parâmetros exigidos nas legislações específicas, com a finalidade de avaliação de risco à saúde humana”* (BRASIL, 2011).

Quadro 1. 25 - Resultados de análises de água do rio Timbó/riacho Pitanga de amostras coletadas no local da captação da Embasa

DATA			17/01/13	21/02/13	26/03/13	04/04/13	24/05/13	26/06/13	08/07/13	14/08/13	17/09/13	09/10/13	13/11/13	16/12/13	14/01/14	13/02/14	24/02/14	13/03/14	16/04/14	29/04/14	15/05/14	RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/05 Valores Máximos Permitidos (VMP)
PARÂMETROS	BIOLÓGICOS/ BACTERIOLÓGICO	Cianobactérias (Cél/mL)	106	40	18	75	40	18	9	57	27	106	0	633	8228	7595	-	127	823	-	19620	50.000 Cél/mL
		Clorofila a (µg/L)	0,73	-	-	-	-	-	0,18	-	-	-	-	-	0,18	-	-	-	-	-	-	30 µg/L
		Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	9300	1200	170	240	110	470	1,00E+3	170	230	870	260	280	1900	500	-	370	-	-	-	1.000 UFC/100mL
	FÍSICOS	STD (mg/L)	<100	-	-	-	-	-	<100	-	-	-	-	-	<100	-	-	-	-	-	-	500 mg/L
		Temperatura (°C)	25	25	25	24	24	25	21	24	27	24	25	28	25	26		24	25	24	24	-
		Turbidez (NTU)	10,5	-	-	-	-	-	38,7	-	-	-	-	-	28,8	-	-	-	-	-	-	100 NTU
		Cor Real (mg Pt/L)	14	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	14	-	20	-	-	-	-	75 mg Pt/L
	QUÍMICOS	DBO (mg/L)	<1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1,4	-	-	-	-	-	-	5 mg/L
		OD (mg/L)	6,97	-	-	-	-	-	6,92	-	-	-	-	-	7,2	-	-	-	-	-	-	> 5 mg/L
		pH	6,87	-	-	-	-	-	7,45	-	-	-	-	-	7,04	-	-	-	-	-	-	6,0 a 9,0

Fonte: CONAMA, 2005; Embasa, 2014

1.2.2.2. Captações

Como já citado o SAA de São Brás é suprido por manancial de superfície, o rio Timbó, nas coordenadas 529293 e 8608549 (UTM SAD 69), no município de Santo Amaro. A captação nesse curso d'água é realizada por tomada direta por meio de 2 (dois) conjuntos motobomba (EEAB1), sendo um de reserva. A tubulação de sucção apresenta proteção através de gradeamento.

A área da captação encontra-se em local afastado da zona urbana, sem focos de contaminação nas suas proximidades, às margens da BA - 878. Entretanto, não existem barreiras físicas e sinalização que impeçam o acesso de pessoas estranhas e animais. Quanto ao manancial observa-se que nesse trecho, ao entorno da captação, o mesmo encontra-se assoreado. Além disso, em épocas de estiagem a altura d'água é insuficiente para suprir a demanda do sistema.

Em relação às estruturas componentes da captação, são observadas condições insatisfatórias de conservação. O sistema é automatizado, acionado quando o reservatório de distribuição atinge nível mínimo, e o registro de controle do sistema está desprotegido, possibilitando o crescimento da vegetação e acesso de corpos estranhos, com riscos ao seu funcionamento.

As **Figura 1. 25** a **Figura 1. 34** adiante apresentadas ilustram estes comentários (GEOHIDRO, 2014).



Figura 1. 25 - Portão de acesso a área da captação do SAA de São Brás



Figura 1. 26 - Área da captação do SAA de São Brás - sem barreiras físicas



Figura 1. 27 - Vista parcial da área captação do SAA de São Brás, aspecto de abandonada



Figura 1. 28 - Trecho do manancial assoreado, área da captação rio Timbó



Figura 1. 29 e Figura 1. 30 - Vista geral área da captação



Figura 1. 31 e Figura 1. 32 - Edificação onde estão abrigados os conjuntos motobombas (CMB), responsáveis pela captação



Figura 1. 33 - Destaque para as estruturas componentes da captação



Figura 1. 34 - Caixa de registro desprotegida

No **Quadro 1. 26**, estão sintetizadas as principais características técnicas dos conjuntos motobombas que compõe a captação do SAA de São Brás.

Quadro 1. 26 – Características técnicas dos conjuntos motobombas utilizados na captação do SAA de São Brás

CMB	MARCA/ MODELO	TIPO	VAZÃO (L/s)	AMT (mca)	POTÊNCIA (CV)
CMB -01	WORTHINGTON/3x2x6	Bomba Monobloco	4	(*)	(*)
CMB - 02	WORTHINGTON/D 820 3X2X6		4	(*)	

(*) Dados inconsistentes.

Fonte: EMBASA, 2014; GEOHIDRO 2014.

Conforme apresentado anteriormente - *subitem A Estudo Hidrológico* - a respeito da capacidade do rio Timbó, concluiu-se que considerando a vazão com 100% de permanência (Q_{100}) subtraída da vazão de restituição ao rio (20% da Q_{90}), o mesmo resultou em vazão nula. Inviabilizando, portanto, a utilização deste manancial para suprimento das demandas requeridas ao longo do horizonte deste trabalho (**Quadro 1. 27**).

Quadro 1. 27 – Demandas previstas para Zona São Brás

DEMANDA MÁXIMA DIÁRIA (L/s)					
2015	2020	2025	2030	2035	2040
10,38	10,17	9,86	9,44	8,91	8,27

Fonte: Geohidro, 2014

1.2.3. SAA da Localidade de Pedras

O atual sistema de abastecimento de água da Localidade de Pedras entrou em operação no ano de 1986. Seu esquema de funcionamento pode ser visualizado na **Figura 1.35**. Este sistema também é operado pelo Escritório Local de Santo Amaro e pela mesma equipe que opera os sistemas da sede municipal, São Brás e Planalto.

No que se refere ao licenciamento ambiental, o sistema supracitado, assim como todos os sistemas de abastecimento de água subordinados a Unidade Regional de Candeias, está contemplado pela Licença de Operação da UMS, concedida pela Portaria do Inema nº 3.027 emitida em 13/07/2012 e válida até 13/07/2016. Em relação ao uso da água, não constam informações sobre a concessão da outorga no quadro “Situação das Outorgas – Março 2014”, disponibilizado pela EMBASA.

O sistema possui um total de 385 economias, sendo 336 ativas, 9 inativas e 40 suprimidas, atendendo uma população de aproximadamente 1.155 habitantes, com uma vazão média de 3.785 m³/mês, para um regime de operação de 10 horas/dia, em média (EMBASA, 2014).

O SAA de Pedras constitui-se das unidades de captação, tratamento e reservação para posterior distribuição. A captação se dá em minadouro, Fonte Valetim, de onde a água bruta é recalçada a partir de uma caixa de tomada para a unidade de reservação. Este sistema opera em média 10 h/dia, cujo tratamento da água bruta captada, consiste na simples desinfecção e correção do pH, e se dá próximo ao reservatório do município. Deste ponto, a água é, então, armazenada no Reservatório Elevado de Distribuição (RED), com capacidade de 50m³, para ser distribuída.

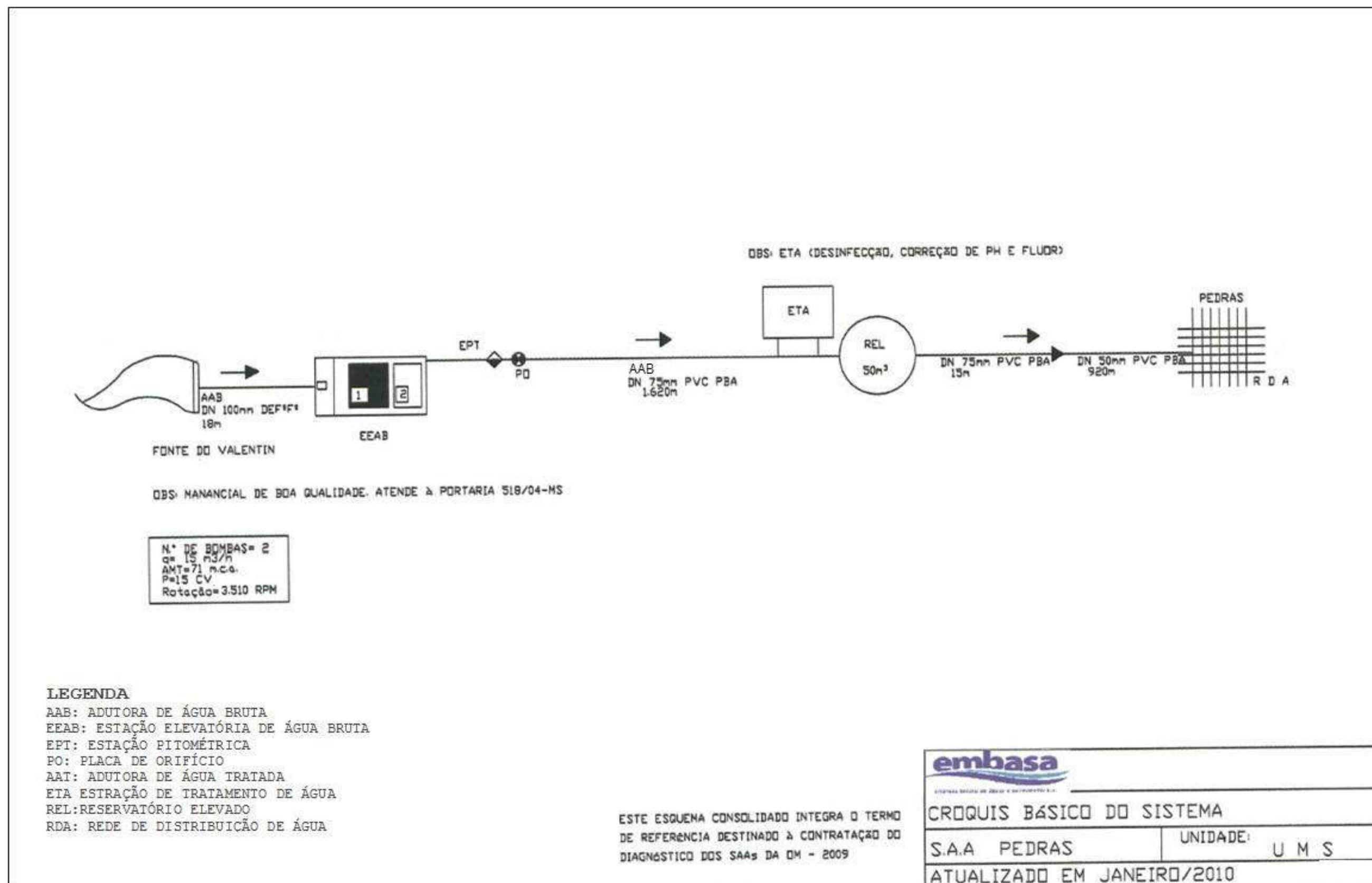


Figura 1.35 - Croqui Esquemático do SAA da Localidade de Pedras

Fonte: Adaptado da EMBASA, 2010.

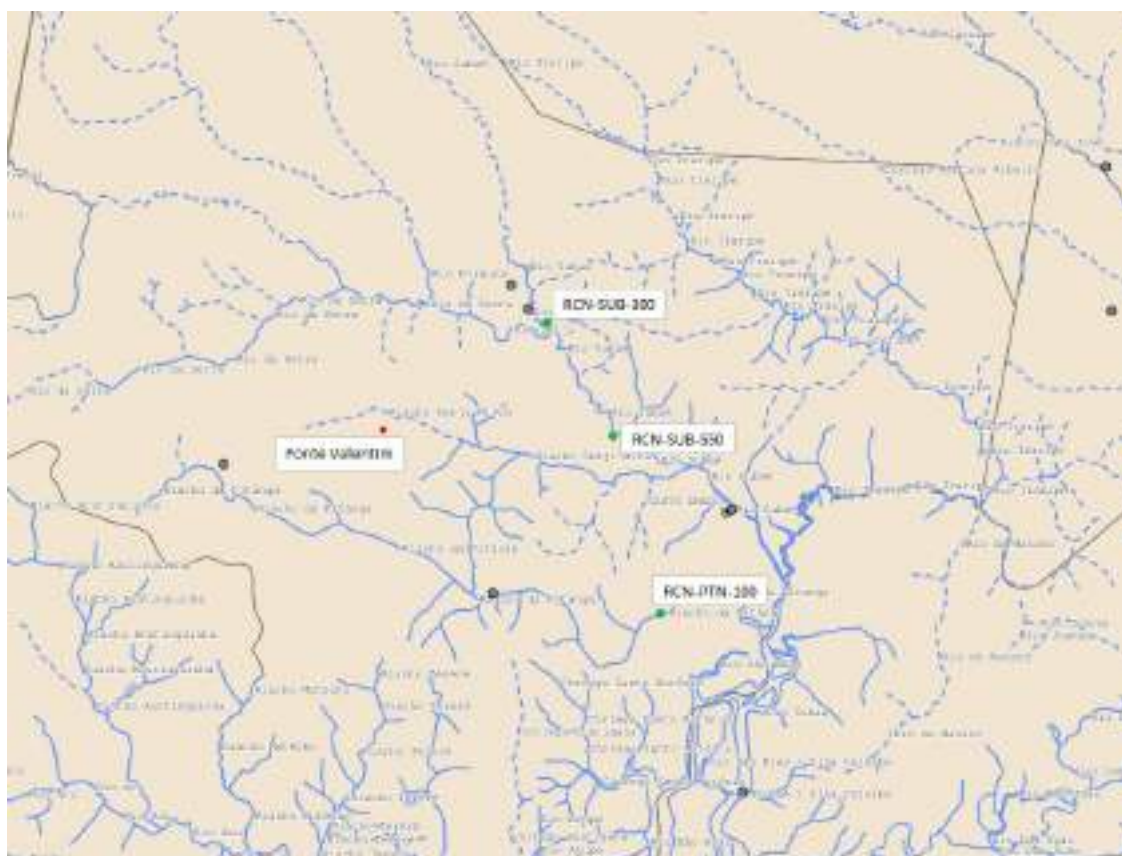
1.2.3.1. Manancial

O manancial responsável pelo SAA da localidade de Pedras está localizado na sub-bacia do rio Subaé, a qual foi analisada no que diz respeito aos seus aspectos hidrológicos e características socioeconômicas, ambientais, físicas e climáticas, que foi apresentada anteriormente no **Item 1.2.2.1**.

A Qualidade da Água

Do mesmo modo que em itens anteriores, buscou-se avaliar a qualidade da água do manancial do SAA de Pedras, a partir de dados do Programa Monitora, como forma de observar a evolução espacial e temporal da qualidade da água deste, e de mananciais próximos. Com relação à Fonte do Valentim, entretanto, não havia pontos de amostragem neste manancial, ou localizado nas proximidades da captação. Os pontos de amostragem mais próximos (RCN-SUB-300, RCN-PTN-100 e RCN-SUB-550), não estão localizados em mananciais que influenciam na qualidade da água desta Fonte (**Figura 1. 36**), sendo, portanto, descartados.

Desta forma, as campanhas realizadas pelo referido programa, não serão consideradas na avaliação da qualidade da água do manancial, sendo utilizados para a elaboração do presente diagnóstico os resultados das análises de água bruta disponibilizados pela Embasa.



Legenda:

- Ponto de Captação na Fonte do Valetim
- Outorgas concedidas pelo INEMA
- Ponto de Monitoramento do INEMA
- Hidrografia
- Limites municipais
- Sede municipal (Santo Amaro)

Figura 1. 36 - Localização do ponto de captação (Fonte do Valetim) e ponto de monitoramento do INEMA mais próximo

Fonte: INEMA, 2014

No **Quadro 1. 28** estão apresentados os resultados das análises da água captada na Fonte Valetim, localidade de Pedras. A qualidade da água na área de captação foi avaliada por meio dos resultados das análises de água bruta disponibilizados pela EMBASA, e comparados à legislação referente à qualidade da água subterrânea. A Resolução CONAMA n° 396 de 2008, dentre outros aspectos, *“dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas”* e serviu de referência para a análise dos referidos dados.

Os parâmetros avaliados foram classificados em físico-químicos, inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos, os quais indicam a provável contaminação por efluentes domésticos, como o nitrato, efluentes industriais (chumbo), fertilizantes (sulfato e os compostos orgânicos avaliados), ou dão indicativo da dificuldade e complexidade necessária ao tratamento da água, como o pH, e a temperatura da água.

A partir dos valores apresentados no **Quadro 1. 28** verifica-se que a qualidade da água captada na Fonte Valetim apresentou valores para o parâmetro alumínio superior ao recomendado na Resolução CONAMA n° 396/2008. Este metal está presente na cadeia produtiva de diversas indústrias, alimentar, farmacêutica, indústrias de papel e fabricação de latas, bem como no próprio tratamento da água, através da aplicação de coagulantes. Muito influenciado pelo pH, o alumínio atinge altas concentrações em água bruta com características mais ácidas, pH abaixo de 5. Desta forma, espera-se que o fato de este parâmetro se apresentar acima do Valor Máximo Permitido (VMP) está associado aos valores de pH abaixo de 5.

Apesar disto, em linhas gerais, a água captada apresentou boa qualidade, com resultados dos parâmetros em conformidade com os limites preconizados pela legislação ambiental vigente para águas subterrâneas.

Quadro 1. 28 - Resultados de análises de água da Fonte do Valentim de amostras coletadas no local da captação da Embasa

	DATA DA COLETA	17/01/13	21/02/13	26/03/13	04/04/13	24/05/13	26/06/13	08/07/13	14/08/13	17/09/13	09/10/13	13/11/13	16/12/13	14/01/14	13/02/14	13/03/14	16/04/14	28/04/14	15/05/14	Resolução CONAMA Nº 396/2008
PARÂMETROS	FÍSICO/QUÍMICO/ BACTERIOLÓGICO	Coliformes Termotolerantes UFC/100mL	<1	4,00	<1	<1	<1	<1	<1	<1	3,00	<1	<1	<1	<1	<1	-	-	-	200/100 ml
		pH	4,26	-	-	-	-	4,57	-	-	-	-	-	8,34	-	-	-	-	-	-
		Temperatura (°C)	26	25	25	24	25	25	26	24	26	24	25	26	24	25	24	26	22	25
		Sól. Dissolvidos (mg.L-1)	<100	-	-	-	-	<100	-	-	-	-	-	<100	-	-	-	-	-	1.000.000 µg.L-1 (1.000 mg.L-1)
	INORGÂNICOS	Alumínio (µg.L-1)	149	-	-	-	-	322	-	-	-	-	-	308	-	-	-	-	-	200 µg.L-1
		Arsênio (µg.L-1)	<0,5	-	-	-	-	<0,5	-	-	-	-	-	<0,5	-	-	-	-	-	10 µg.L-1
		Chumbo (µg.L-1)	5,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10 µg.L-1
		Cianeto (mg.L-1)	<0,005	-	-	-	-	<0,005	-	-	-	-	-	<0,005	-	-	-	-	-	70 µg.L-1 (0,07 mg.L-1)
		Cloreto (mg.L-1)	6,89	-	-	-	-	8,90	-	-	-	-	-	8,84	-	-	-	-	-	250.000 µg.L-1 (250 mg.L-1)
		Ferro (ug Fe/L)	54,8	-	-	-	-	15,6	-	-	-	-	-	<10	-	-	-	-	-	300 µg.L-1
		Fluoreto (mg/L)	0,2	-	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-
		Nitrato (mg/L)	0,72	-	-	-	-	0,81	-	-	-	-	-	1,15	-	-	-	-	-	10.000 µg.L-1 (10 mg.L-1)
		Sódio (mg Na/L)	4,01	-	-	-	-	5,45	-	-	-	-	-	4,31	-	-	-	-	-	-
		Sulfato (mg.L-1)	<5	-	-	-	-	<5	-	-	-	-	-	<5	-	-	-	-	-	250.000 µg.L-1 (250 mg.L-1)
	ORGÂNICOS	1,1 Dicloroetano (µg.L-1)	<1	-	-	-	-	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30 µg.L-1
		Tetracloroeto de Carbono (µg.L-1)	<1	-	-	-	-	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 µg.L-1
		Diclorometano (µg.L-1)	<1	-	-	-	-	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20 µg.L-1
		Estireno (µg.L-1)	<1	-	-	-	-	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20 µg.L-1
		Etilbenzeno (µg.L-1)	<1	-	-	-	-	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200 µg.L-1
	AGROTÓXICOS	2,4 D (µg.L-1)	<4	-	-	-	-	<4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30 µg.L-1
		Aldrin & Dieldrin (µg.L-1)	<0,005	-	-	-	-	<0,005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03 µg.L-1

Fonte: EMBASA, 2014; CONAMA, 2008.

1.2.3.2. Captações

Conforme já mencionado o SAA de Pedras é suprido por minadouro, Fonte Valentim, nas coordenadas 524535 e 8613921 (UTM SAD 69), no município de Santo Amaro. A captação nesse curso d'água é realizada por caixa de tomada, por meio de 2 (dois) conjuntos motobomba (EEAB1), sendo um de reserva. A tubulação de sucção apresenta proteção através de crivo.

A área da captação está situada em local afastado da zona urbana, com predominância de vegetação nativa, apesar de constatar-se a presença de algumas espécies exóticas. Durante a visita de campo constatou-se a existência de uma fábrica de gramas próxima ao local da captação. Ainda em relação à área da captação, a mesma encontra-se delimitada e devidamente cercada, a área em si é organizada e apresenta espaço disponível para futuras ampliações.

No que diz respeito aos equipamentos e estruturas componentes da captação, os mesmos encontram-se em estado de conservação satisfatório, o conjunto motobomba da EEAB1 apresenta tubulações e peças componentes do sistema em boas condições. Entretanto, estruturas como - medidor de pressão na tubulação de recalque, medidor de vazão, pontes rolantes e automação do sistema, não foram verificadas.

A inexistência de automação torna a operação da captação trabalhosa, para os funcionários, devido ao deslocamento até a área da captação.

As fotografias a seguir ilustram estes comentários (GEOHIDRO, 2014) (**Figura 1. 37 a Figura 1. 47**)



Figura 1. 37 e Figura 1. 38 - Acesso a área da captação do SAA de Pedras



Figura 1. 39 - Escada de acesso a área da captação do SAA de Pedras



Figura 1. 40 - Área da captação do SAA de Pedras, devidamente cercada



Figura 1. 41 e Figura 1. 42 - Manancial supridor, minadouro, Fonte do Valentim



Figura 1. 43 -Vista geral área da captação – SAA de Pedras



Figura 1. 44 -Detalhe das estruturas componentes da captação, tubulações de sucção



Figura 1. 45 -Conjuntos motobomba (CMB) responsáveis pela captação



Figura 1. 46 -Vista geral fábrica de gramas, próximo a área da captação – SAA de Pedras



Figura 1. 47 e Figura 1. 48 -Fábrica de Gramas

No **Quadro 1. 29**, estão sintetizadas as principais características técnicas dos conjuntos motobomba que compõe a captação do SAA de Pedras.

Quadro 1. 29 – Características técnicas dos conjuntos motor - bombas utilizados na captação do SAA de Pedras

CMB	MARCA/ MODELO	TIPO	VAZÃO (L/s)	AMT (mca)	POTÊNCIA (CV)
CMB -01	KSB/ ANS-32-200-1	Bomba Centrífuga	4,17	71	15
CMB - 02					

Fonte: EMBASA, 2014.

1.2.4. SIAA das Localidades do Planalto

O atual SIAA do Planalto entrou em operação no ano de 2013, e atende as localidades de Sítio Camaçari, Santa Catarina e Tabuleiro. Seu esquema de funcionamento pode ser visualizado na **Figura 1.49**.

Este sistema também é operado pelo Escritório Local de Santo Amaro e pela mesma equipe que opera os sistemas da sede municipal de Santo Amaro, São Brás e Pedras.

No que se refere ao licenciamento ambiental, o sistema supracitado, assim como todos os sistemas de abastecimento de água subordinados a Unidade Regional de Candeias, está contemplado pela Licença de Operação da UMS, concedida pela Portaria do Inema nº 3.027 emitida em 13/07/2012 e válida até 13/07/2016. Em relação ao uso da água, não constam informações sobre a concessão da outorga no quadro "Situação das Outorgas – Março 2014", disponibilizado pela EMBASA.

O sistema possui um total de 700 economias, sendo 587 ativas, 103 inativas e 10 suprimidas, atendendo uma população de aproximadamente 2.100 habitantes, com uma vazão média de 3.816,17 m³/mês, para um regime de operação de 11 horas/dia, em média (EMBASA, 2014).

A água de abastecimento é proveniente de 2 (dois) poços tubulares profundos (P01 e P02), cujo tratamento da água consiste em simples desinfecção da água, realizada na área do Poço - P01.

Ressalta-se a existência do Projeto de Ampliação do Sistema Integrado de Abastecimento das Localidades do Planalto, elaborado pela Hydros Engenharia e Planejamento S/A em 2013, que prevê o atendimento das localidades de Bela Vista, Nova Suíça, Ponta do Carvão, Km 25, Cepel, Lama Branca, Pitangas e Tiririca, todas estas situadas na região do Planalto.

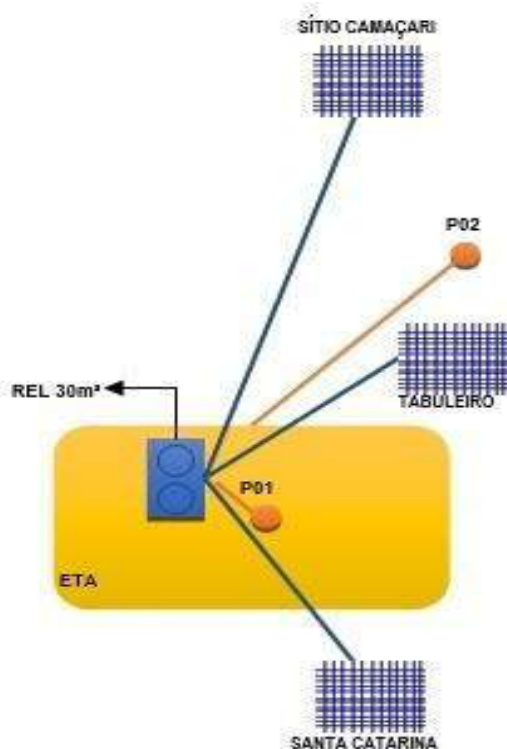


Figura 1.49 - Desenho esquemático do SIAA das localidades de Planalto

Fonte: Elaboração GEOHIDRO, 2014

1.2.4.1. Manancial

O SIAA das localidades do Planalto se utiliza de água captada em manancial subterrâneo. A **Figura 1. 50** mostra a localização dos poços utilizados como mananciais nos sistemas existentes em Santo Amaro e Saubara. Neste item serão avaliadas as características hidrogeológicas destes mananciais e os principais fatores que condicionam a exploração da água subterrânea.

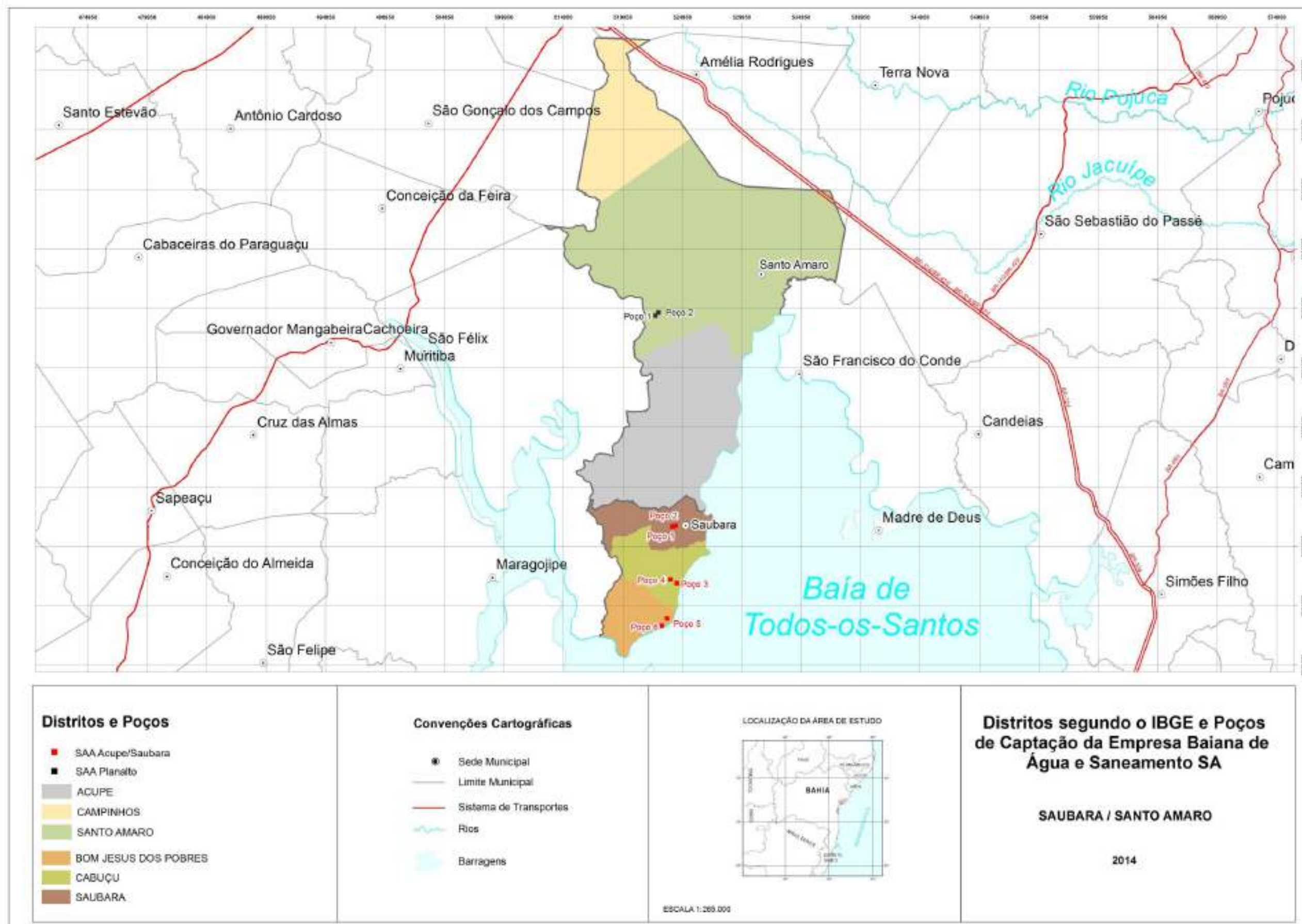


Figura 1. 50 - Localização dos Poços Perfurados pela EMBASA – Santo Amaro e Saubara

Fonte: Geohidro, 2014

A. Caracterização Hidrogeológica

Nos municípios de Santo Amaro e Saubara há predominância dos domínios hidrogeológicos de Bacias Sedimentares e Formações Cenozóicas, e ocorrência de áreas pouco expressivas com o domínio Cristalino (**Figura 1. 51**). As bacias sedimentares são constituídas por rochas sedimentares bastante diversificadas, e representam os mais importantes reservatórios de água subterrânea, formando o denominado aquífero do tipo poroso ou sedimentar. Em termos hidrogeológicos estas bacias possuem alto potencial, em decorrência da grande espessura de sedimentos e da alta permeabilidade de suas litologias, que permite a exploração de vazões significativas. As Formações Cenozóicas, por sua vez, são constituídas por pacotes de rochas sedimentares de naturezas diversas, que recobrem as rochas mais antigas das bacias sedimentares e do cristalino (CPRM, 2005).

A.1 Domínio das Bacias Sedimentares

Esse domínio é composto por bacias com condições adequadas para armazenar grandes volumes de águas subterrâneas (PERH-BA, 2003). Na área da *Zona de Interesse do Plano de Abastecimento de Água* têm-se os dois Subdomínios da Bacia do Tucano e da Bacia do Recôncavo.

O mapeamento da hidrogeologia do PERH-BA (2003) indica que os poços perfurados no Subdomínio da Bacia do Tucano apresentam uma vazão média de 16,50 m³/h e os Sólidos Totais Dissolvidos de 725,79 mg/L.

No Subdomínio da Bacia do Recôncavo as rochas sedimentares cretáceas da Formação São Sebastião são as principais formações geológicas. Os aquíferos mais abundantes e de maior potencial hídrico estão sob a Formação São Sebastião, mas na Formação Marizal também há importantes ocorrências, embora em condição mais limitada de exploração.

A existência desses aquíferos de água doce e o grande volume de água que armazenam, está relacionada à abundância de sedimentos porosos e dos elevados índices de pluviosidade desta região (PDPIC, 2013).

A.2 Domínio das Formações Cenozóicas

Este domínio está representado por depósitos relacionados temporalmente ao Quaternário e Terciário (aluvões, coluviões, depósitos eólicos, areias litorâneas, depósitos fluvio-lagunares, arenitos de praia, depósitos de leques aluviais, depósitos de pântanos e mangues, coberturas detriticas e detriticas-lateriticas diversas e coberturas residuais) (CPRM, 2005).

Em Santo Amaro e Saubara os depósitos são formados predominantemente pelas Coberturas Detriticas. Neste domínio os aquíferos podem ser rasos ou profundos e são recarregados por águas pluviais ou indiretamente pelo sistema hidrográfico descarga dos riachos.

As Coberturas Detriticas Profundas têm comportamento hidrogeológico semelhante aos aquíferos sedimentares, permitindo o armazenamento de consideráveis quantidades de água, normalmente de boa qualidade química, podendo ser captadas por meio de poços tubulares profundos (PERH-BA, 2003). Com base no banco de dados da CERB, em média a produção dos poços nas Coberturas Detriticas foi de 11,45 m³/h e os Sólidos Totais Dissolvidos de 285,51 mg/L.

Com relação às Coberturas Detriticas Rasas, essas são recarregadas por águas pluviais ou indiretamente pela descarga dos riachos e suas águas são captadas por meio de opções artesanais tais como: cacimbas, poços amazonas, poços ponteiros, poços com drenos radiais, trincheiras filtrantes, barragens subterrâneas, etc. Esse tipo de aquífero apresenta alta vulnerabilidade a qualquer tipo de contaminação (PERH-BA, 2003).

A.3 Domínio Cristalino

Os aquíferos do cristalino têm natureza fissural, ou seja, são formados por rochas ígneas, metamórficas ou cristalinas, duras e maciças, onde a circulação da água se faz nas fraturas, fendas e falhas, abertas devido ao movimento tectônico (CPRM, 2005). Assim, esse tipo de aquífero caracteriza-se por sua baixa capacidade de armazenamento e elevado teor de sais em suas águas. Em geral, são aquíferos livres, de baixa permeabilidade, pouco profundos, heterogêneos e anisotrópicos (PERH-BA, 2003). Como a maioria destes litótipos ocorre geralmente sob a forma de grandes e extensos corpos maciços, existe uma tendência de que este domínio seja o de potencial hidrogeológico mais baixo dentre todos aqueles relacionados aos aquíferos fissurais (CPRM, 2005).

Neste domínio, a média de produção dos poços estimado a partir do banco de dados da CERB é da ordem de 3,98 m³/h e os sólidos totais dissolvidos de 2.633,21 mg/L.

Como se observa na **Figura 1. 52**, com base no cadastro de outorgas do Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA), os principais usos da água subterrânea nos municípios de Santo Amaro e Saubara são: industrial (automobilística, cervejarias, água mineral, refrigerantes), e abastecimento humano, conforme apresentado a seguir.

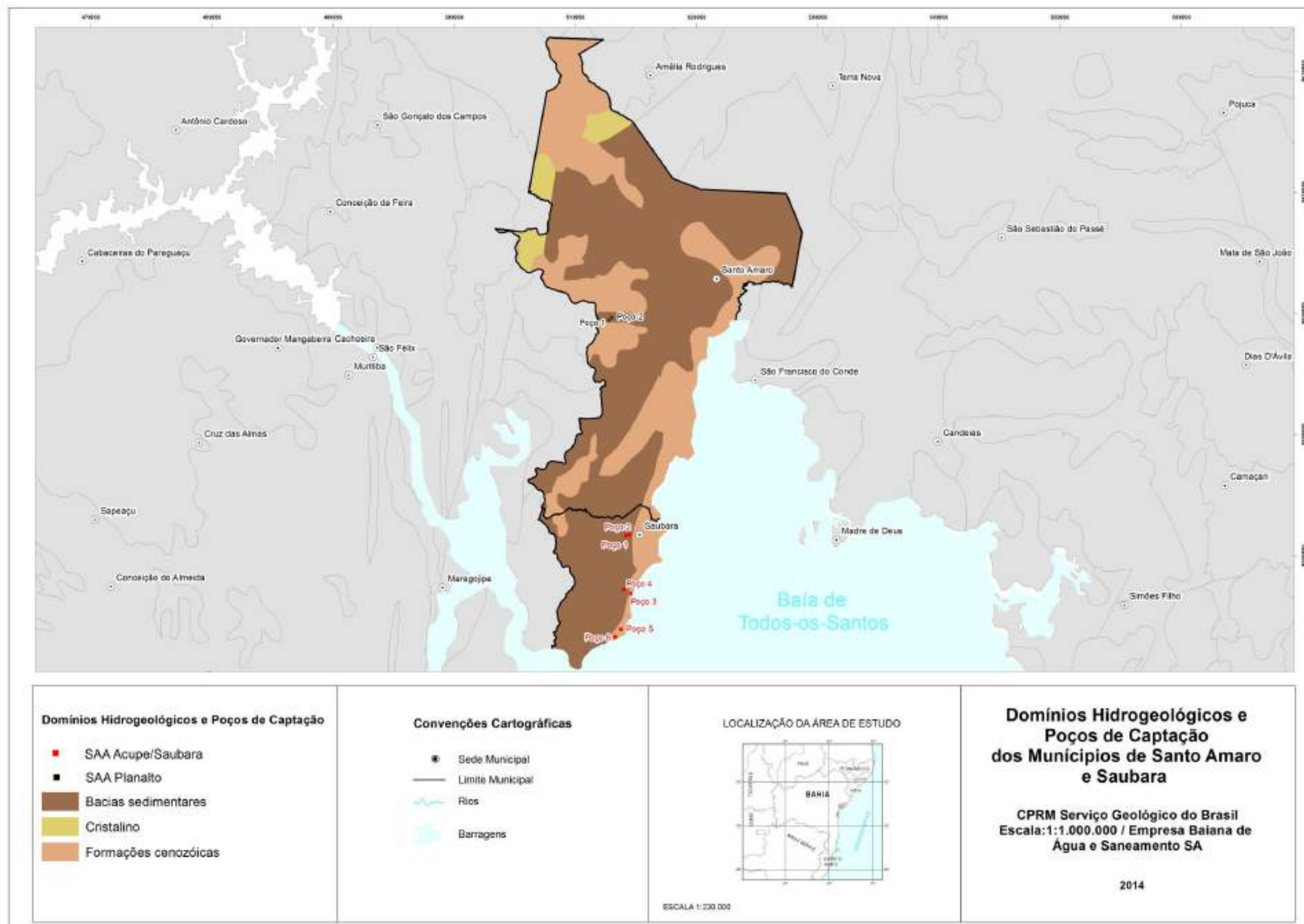


Figura 1. 51 - Mapa dos Domínios Hidrogeológicos e Poços de Captação dos Municípios de Santo Amaro e Saubara
Fonte: Geohidro, 2014

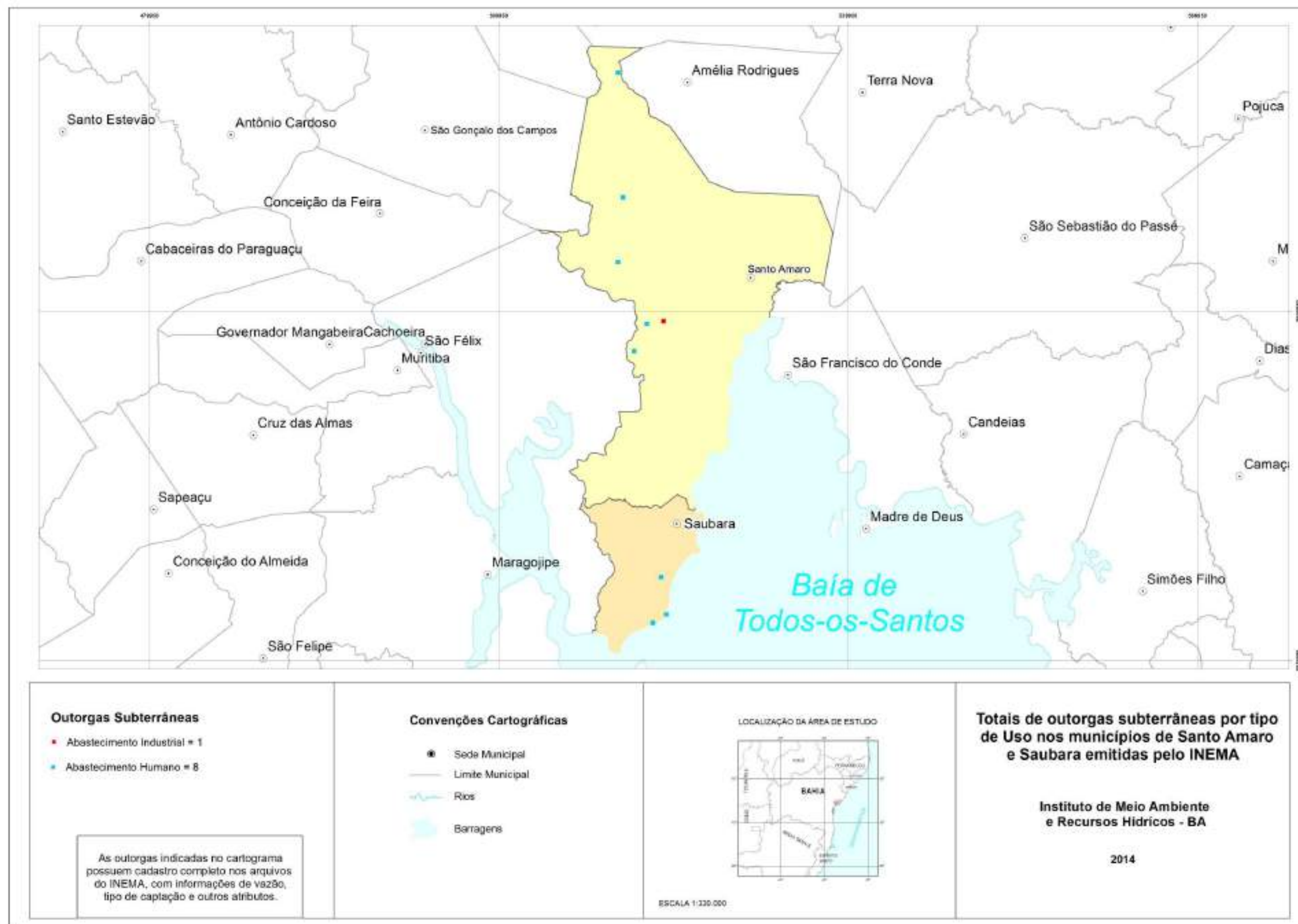


Figura 1. 52 – Outorgas Subterrâneas Emitidas pelo INEMA nos Municípios de Santo Amaro e Saubara

Fonte: INEMA, 2014 elaborado pela Geohidro, 2014

1.2.4.2. Características da ocupação na superfície do terreno

Conforme já mencionado, o sistema de abastecimento de Planalto conta com 2 (dois) poços tubulares – P01 e P02, ambos os poços estão afastados do centro urbano, e apresentam áreas para ampliações futuras.

O poço - P01 possui boas condições de proteção e vigilância, instalado na área da ETA do Planalto, sendo constituído por muro de alvenaria. Enquanto que o poço - P02 não apresenta delimitação da área de proteção do mesmo (muro ou cerca), permitindo o acesso de pessoas não autorizadas e animais, como se pode observar nas fotografias apresentadas a seguir.

Cabe ainda mencionar, que as condições sanitárias no entorno do poço P- 02 evidenciam foco de destinação inadequada de resíduos sólidos (aproximadamente a 5m de distância), possivelmente utilizado de forma clandestina por moradores da região, o qual sugere a necessidade de uma ação rápida da EMBASA para coibir a continuidade desse procedimento inadequado, conforme ilustram as fotografias mostradas a seguir (GEOHIDRO, 2014).



Figura 1. 53 - Poço P01 – Instalado na área da ETA do Planalto



Figura 1. 54 - Poço P01 – Local da Instalação



Figura 1. 55 - Poço P01 - Vista geral do local da instalação



Figura 1. 56 - Poço P02 – Local da instalação



Figura 1. 57 - Poço P02 – Local da instalação, presença de animais



Figura 1. 58 - Poço P02 – Ponto de destinação inadequada de resíduos próximo ao poço (≈ 5 metros)



Figura 1. 59 - Poço P02 – Vista geral do local da instalação, presença de animais

1. Dados operacionais dos poços

O **Quadro 1. 30** sintetiza as principais características técnicas e localização dos poços tubulares existentes no SIAA do Planalto. A vazão total disponível nos mesmos é de 49,97 m³/h (EMBASA, 2013), e segundo informações levantadas no Escritório Local de Santo Amaro, esses poços operam 11 horas/dia.

Quadro 1. 30 – Localização e características funcionais dos poços tubulares do SIAA do Planalto

SAA/SIAA	NOME	COORD.UTM - SAD 69	DIÂMETRO (mm)	PROF. (m)	N.E. (m)	N.D. (m)	VAZÃO (m ³ /h)	SITUAÇÃO
Planalto	P01	0522699	NI	220	40	63,57	NI	OPERANDO
		8609391						
	P02	0522942	NI	237	36,46	138,82	NI	OPERANDO
		8609639						

Fonte: EMBASA, 2014; Geohidro, 2014;
NI: não informado.

2. Qualidade da água

A qualidade das águas do aquífero São Sebastião, nas áreas de captação do sistema de abastecimento do Planalto, foi avaliada por meio dos resultados das análises de água bruta disponibilizados pela EMBASA, e comparados à legislação referente à qualidade da água subterrânea. A Resolução CONAMA n° 396 de 2008, dentre outros aspectos, “dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas” e serviu de referência para a análise dos referidos dados.

Os parâmetros avaliados foram classificados em físico-químicos, inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos, os quais indicam a provável contaminação por efluentes domésticos, como o nitrato, efluentes industriais (chumbo), fertilizantes (sulfato e os compostos orgânicos avaliados), ou dão indicativo da dificuldade e complexidade necessária ao tratamento da água, como o pH, e a temperatura da água.

A partir dos valores apresentados no **Quadro 1. 31** verifica-se que a qualidade da água produzida nos poços avaliados (P01 e P02) apresentou valores para o parâmetro alumínio superior ao recomendado na Resolução CONAMA n° 396/2008. Este metal está presente na cadeia produtiva de diversas indústrias, alimentar, farmacêutica, indústrias de papel e fabricação de latas, bem como no próprio tratamento da água, através da aplicação de coagulantes. Muito influenciado pelo pH, o alumínio atinge altas concentrações em água bruta com características mais ácidas, pH abaixo de 5. Desta forma, sugere-se que o fato de este parâmetro se apresentar acima do Valor Máximo Permitido (VMP) está associado aos valores de pH abaixo de 5.

Deve-se salientar, que não há indicações de que o alumínio apresente toxicidade aguda, nem de carcinogenicidade. Observa-se, ainda, a necessidade de verificação das fontes de utilização próximas, os quais podem estar associadas, inclusive, a outras formas de contaminação do manancial.

Quadro 1. 31 – Resultados das Análises de Água Bruta – SIAA do Planalto

POÇOS DO SIAA			Poço - 01					Poço 02						Resolução CONAMA Nº 396/2008	
DATA DA COLETA			29/04/13	30/04/13	05/09/13	11/12/13	24/01/14	20/05/14	29/04/13	30/04/13	05/09/13	11/12/13	24/01/14		20/05/14
PARÂMETROS	FÍSICO/QUÍMICO/ BACTERIOLÓGICO	Coliformes Termotolerantes UFC/100mL	< 1	-	-	< 1	-	-	< 1	-	-	< 1	-	-	200/100 ml
		pH	4,82	-	4,57	-	-	5	6	-	5,99	-	-	5,21	-
		Temperatura (°C)	26	-	-	-	-	-	26	-	-	-	-	-	-
		Sól. Dissolvidos (mg.L-1)	< 100	-	< 100	-	-	< 100	< 100	-	< 100	-	-	< 100	1.000.000 µg.L-1 (1.000 mg.L-1)
	INORGÂNICOS	Alumínio (µg.L-1)	253	-	524	-	549	-	324	-	130	-	111	-	200 µg.L-1
		Arsênio (µg.L-1)	0,58	-	< 0,5	-	-	-	< 0,5	-	< 0,5	-	-	-	10 µg.L-1
		Chumbo (µg.L-1)	3,6	-	< 2	-	-	-	< 2	-	< 2	-	-	-	10 µg.L-1
		Cianeto (mg.L-1)	-	< 0,005	< 0,005	-	-	< 0,005	-	< 0,005	< 0,005	-	-	< 0,005	70 µg.L-1 (0,07 mg.L-1)
		Cloreto (mg.L-1)	-	4,78	6,05	-	-	6,34	-	6,89	5,12	-	-	8,34	250.000 µg.L-1 (250 mg.L-1)
		Ferro (ug Fe/L)	76,5	-	91,6	-	-	-	132	-	25,4	-	-	-	300 µg.L-1
		Fluoreto (mg/L)	0,1	-	0,1	-	-	< 0,1	0,1	-	0,1	-	-	< 0,1	-
		Nitrato (mg/L)	-	2,42	4,06	-	-	3,83	-	< 0,5	0,51	-	-	0,59	10.000 µg.L-1 (10 mg.L-1)
		Sódio (mg Na/L)	4,17	-	4,77	-	-	-	5,35	-	5,82	-	-	-	-
		Sulfato (mg.L-1)	-	< 5	< 5	-	-	< 5	-	< 5	< 5	-	-	< 5	250.000 µg.L-1 (250 mg.L-1)
	ORGÂNICOS	1,1 Dicloroeteno (µg.L-1)	< 1	-	< 1	-	-	< 1	< 1	-	< 1	-	-	< 1	30 µg.L-1
		Tetracloroeto de Carbono (µg.L-1)	-	-	< 1	-	-	< 1	< 1	-	< 1	-	-	< 1	2 µg.L-1
		Diclorometano (µg.L-1)	< 1	-	< 1	-	-	< 1	< 1	-	< 1	-	-	< 1	20 µg.L-1
		Estireno (µg.L-1)	< 1	-	< 1	-	-	< 1	< 1	-	< 1	-	-	< 1	20 µg.L-1
Etilbenzeno (µg.L-1)		< 1	-	< 1	-	-	< 1	< 1	-	< 1	-	-	< 1	200 µg.L-1	
AGROTÓXICOS	2,4 D (µg.L-1)	-	-	< 4	-	-	-	-	< 4	< 4	-	-	-	30 µg.L-1	
	Aldrin & Dieldrin (µg.L-1)	-	< 0,005	< 0,005	-	-	< 0,005	-	< 0,005	< 0,005	-	-	< 0,005	0,03 µg.L-1	

Fonte: EMBASA, 2014; CONAMA, 2008.

1.2.4.3. Captações

As captações no SIAA do Planalto são realizadas por meio de conjuntos motobomba (CMB) do tipo submerso. O **Quadro 1.32** apresenta as características técnicas dos respectivos equipamentos.

Em relação às estruturas componentes dos conjuntos motobomba dos poços, observa-se que os barriletes encontram-se em estado de conservação razoável, sem vazamentos aparentes e estruturas muito prejudicadas. Apenas o poço - P02 apresenta medidor de pressão, localizado na tubulação de recalque. Ademais, nenhum dos poços apresentam sistema de medição de vazão, pontes rolantes, ou sistema de automação. As fotografias adiante apresentadas ilustram estes comentários (GEOHIDRO, 2014).

Quadro 1.32 – Características técnicas dos conjuntos motor - bomba da captação do SIAA do Planalto

POÇO	CMB	MARCA/ MODELO	TIPO	VAZÃO (L/s)	AMT (mca)	POTÊNCIA (CV)
P01	EEAB1	EBARA/BHS-412-12	Bomba Submersa	3,61	210	9
P02	EEAB2	LEAO/R11-14		3,89	110	

Fonte: EMBASA, 2014; GEOHIDRO, 2014.



Figura 1. 60 - Poço P01 – Vista do barrilete de recalque



Figura 1. 61 - Poço P02 – Vista do barrilete de recalque



Figura 1. 62 - Poço P02 – Medidor de pressão (Detalhe em vermelho)

1.2.5. SIAA Acupe/Saubara

O município de Saubara é abastecido por um único sistema, o qual é integrado ao distrito de Acupe, em Santo Amaro. Este SIAA encontra-se sob a jurisdição da Unidade Regional de Candeias – UMS, e sua operação é de responsabilidade do Escritório Local de Saubara.

No que se refere ao licenciamento ambiental, o sistema supracitado está contemplado pela Licença de Operação da UMS, concedida pela Portaria 2.081 em 15/02/2012 e válida até 15/02/2016, e, também, pela Licença de Alteração, concedida pela Portaria 3.695 emitida em 03/10/2012 e válida até 15/03/2016. Quanto ao uso da água, o sistema tem as seguintes outorgas descritas no **Quadro 1. 33**.

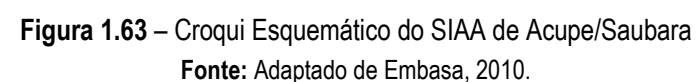
Quadro 1. 33 – Outorgas Concedidas para o SAA de Acupe/Saubara

Nº PORTARIA/ RESOLUÇÃO	DATA DE PUBLICAÇÃO (DIÁRIO OFICIAL)	MANANCIAL	VAZÃO OUTORGADA (m³/dia)
588/09	25/Ago/09	Poço Tubular	576
2928/12	30/Mai/12 1/Jun/12	Poço Tubular (P1)	792
		Poço Tubular (P2)	144
		Poço Tubular (P3)	576
		Rio Iraúá	2.094

Fonte: Embasa, 2014.

A **Figura 1.63** apresenta o esquema de funcionamento do SIAA Acupe/Saubara, o qual possui, além da captação superficial no rio Grande, também chamado rio Iraúá, captação subterrânea através de seis poços tubulares, sendo dois localizados no distrito de Saubara (sede municipal), dois no distrito de Cabuçu e dois no distrito de Bom Jesus dos Pobres, visando o reforço e a descentralização no abastecimento de água.

A maior parte da água captada é tratada na Estação de Tratamento de Água (ETA), localizada na sede municipal, que além de Saubara, atende às localidades de Acupe e Itapema em Santo Amaro, além das localidades de Cabuçu e Bom Jesus dos Pobres no período de alta estação. A água captada nos poços de Cabuçu recebem tratamento no reservatório de distribuição, e em Bom Jesus dos Pobres o tratamento da água captada nos poços se dá numa estação de tratamento compacta. Em Saubara, o sistema de tratamento tem capacidade nominal de cerca de 50 L/s, opera em média 20h/dia, com produção média de cerca de 2.600 m³/dia (COPAE, 2013), enquanto a ETA de Bom Jesus dos Pobres tem capacidade nominal de tratamento de 10L/s, opera em média 10h/dia, possibilitando o tratamento de cerca de 600 m³/dia, segundo dados de campo (GEOHIDRO, 2014).



1.2.5.1. Caracterização do manancial subterrâneo

Assim como o SIAA das localidades do Planalto o sistema de abastecimento de água de Acupe/Saubara também se utiliza de água captada em manancial subterrâneo. A **Figura 1.63** apresentada anteriormente mostra a localização dos poços utilizados como mananciais no referido sistema, cuja caracterização hidrogeológica foi realizada no **Item 1.2.4.1, tópico A**.

A. Características da ocupação na superfície do terreno

Os poços do SIAA de Acupe/Saubara são utilizados como reforço ao abastecimento de água no verão, período de alta estação no qual há o aumento considerável do consumo de água e a diminuição no nível do rio utilizado na captação. Dos seis poços pertencentes ao sistema, dois (um em Saubara e o outro em Bom Jesus dos Pobres) não puderam ser visitados dadas as condições de acesso ao local após um período de chuvas. Entretanto, o poço localizado em Bom Jesus dos Pobres não visitado possui dados e registros fotográficos realizados em 2011 em avaliação ambiental realizada com objetivo de obtenção da Licença de Alteração do Sistema (EMBASA, 2011).

O poço visitado em Saubara encontra-se no mesmo local da captação do manancial superficial, em área protegida e afastada dos centros urbanos. Registra-se a inexistência de caixa de proteção para o registro de controle do poço, o qual se encontrava soterrado. Em Cabuçu, o Poço 1 encontra-se em área urbana densamente povoada, de fácil acesso de transeuntes, com indícios de vandalismo e com presença de fezes de animais, enquanto que o Poço 2, apesar de estar localizado em área urbana, encontra-se mais afastado das áreas mais adensadas. Neste último poço verificou-se a fragilidade das cercas de proteção, as quais não protegem o mesmo do livre acesso de pessoas não autorizadas. À exceção do Poço 1, em Cabuçu, não verificou-se focos de contaminação próximos.

Em Bom Jesus dos Pobres, observou-se as melhores instalações do poço visitado, localizado na área da ETA, em área devidamente cercada e protegida. Apesar de estar localizado em área urbana, não se constatou a presença de focos de contaminação que pudessem vir a prejudicar a qualidade da água produzida. No que diz respeito ao Poço 2, os registros de 2011 indicam a localização do poço em área afastada do centro urbano, porém apresentando sistema de proteção pouco eficiente.

As fotografias a seguir exemplificam os comentários feitos anteriormente (GEOHIDRO, 2014).



Figura 1. 64 - Poço 1 (Saubara) que encontra-se no mesmo local da captação superficial



Figura 1. 65 - Área do Poço 1 (Saubara), devidamente cercada e afastada do centro urbano de Saubara (EMBASA, 2011)



Figura 1. 66 - Poço 1 (Cabuçu) localizado em área densamente povoada



Figura 1. 67 - Ocupação no entorno do Poço 1 (Cabuçu)



Figura 1. 68 - Área sem qualquer restrição ao acesso - Poço 1 (Cabuçu)



Figura 1. 69 - Foto panorâmica da área no entorno do Poço 1 (Cabuçu), que está em destaque.



Figura 1. 70 - Área do Poço 2 (Cabuçu), que encontra-se em área mais afastada da zona urbana



Figura 1. 71 - Poço 2 (Cabuçu). Não foi possível o acesso da equipe para verificação de suas condições



Figura 1. 72 - Área do entorno do Poço 2 (Cabuçu). Existem algumas moradias próximas ao local da captação.



Figura 1. 73 - Poço 1 (Bom Jesus dos Pobres) localizado na área da ETA



Figura 1. 74 - ETA de Bom Jesus dos Pobres, onde está localizado o Poço 1 (em destaque). Verifica-se boa conservação e proteção do local.



Figura 1.75 - Área onde está localizado o Poço 2 (Bom Jesus dos Pobres), afastado do centro urbano do distrito (EMBASA, 2011)



Figura 1.76 - Poço 2 (Bom Jesus dos Pobres) (EMBASA, 2011)

B. Dados operacionais dos poços

O **Quadro 1.34** apresenta a localização e a síntese das características técnicas dos poços tubulares existentes no SIAA de Saubara. A profundidade desses poços varia entre 91,6 e 194,5 m - média de 147,50 m. Os níveis estáticos de água estão situados em profundidades que variam de cerca de 0,32 metros, até o valor máximo de 37,91 m, sendo o valor médio obtido nos seis poços tubulares de 12,63 m. A vazão total disponível nos mesmos é igual a 38,71 L/s, variando entre 2,58 L/s (menor vazão disponível) e 9,17 L/s (maior vazão disponível).

Quadro 1.34 – Localização e características funcionais dos poços tubulares do SIAA de Acupe/Saubara

POÇO	COORDENADAS (UTM SAD 69)	PROF. (m)	DIÂMETRO (mm)	N.E (m)	N.D (m)	VAZÃO (L/s)	SITUAÇÃO
SB POÇO1	524.435	91,6	100	0,93	29,42	6,67	OPERANDO
	8.591.808						
SB POÇO 2	524.117	196	75	0,32	71,07	7,33	OPERANDO
	8.591.641						
BJ POÇO 1	523.725	94	75	10,00	38,00	2,58	OPERANDO
	8.583.970						
BJ POÇO 2	523.263	181	75	37,91	95,04	3,79	OPERANDO
	8.583.348						
CB POÇO 1	524.526	128	75	N.I	48,89	9,17	OPERANDO
	8.586.929						
CB POÇO 2	523.990	194,5	75	14,00	70,90	9,17	OPERANDO
	8.587.248						
TOTAL						Q = 38,71 L/s	

Nota: BJ: Bom Jesus dos Pobres; CB: Cabuçu; SB: Saubara

N.I: Não Informado

Fonte: EMBASA, 2014; Dados de Campo, 2014.

C. Qualidade da água

A avaliação da qualidade da água subterrânea produzida no SIAA de Acupe/Saubara foi realizada através de análise disponibilizada pela Embasa para os seis poços do sistema. Foram realizadas seis análises por cada localidade, totalizando dezoito. Em Bom Jesus dos Pobres foram realizadas duas análises para o Poço 2, e quatro análises para o Poço 1, e nas localidades de Cabuçu e Saubara foram realizadas três análises para cada poço (Poços 1 e 2) destas sedes distritais.

Avaliou-se os resultados disponibilizados pela Embasa, comparando-as com a legislação referente à qualidade da água subterrânea, conforme **Quadro 1. 35**, a seguir. A Resolução CONAMA n° 396 de 2008, que dentre outros aspectos, “dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas”, serviu de parâmetro para a análise dos referidos dados.

Os parâmetros avaliados foram classificados em físico-químicos, inorgânicos, orgânicos e pesticidas, os quais indicam a provável contaminação por efluentes domésticos, como o nitrato, fertilizantes (sulfato e os compostos orgânicos avaliados), industriais (chumbo), ou dão indicativo da dificuldade e complexidade necessária ao tratamento da água, como o pH, e a temperatura da água.

Ressalta-se a não uniformidade existente entre a quantidade e o tempo de realização destas análises, que, neste caso, apresenta falhas no que diz respeito aos resultados do Poço 1 (Cabuçu) em dezembro, que apresenta dados apenas para o parâmetro Coliformes.

De modo geral, os parâmetros avaliados encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela Resolução supracitada, o que é indicativo de qualidade satisfatória da água bruta produzida. Os poços localizados em Bom Jesus dos Pobres, entretanto, apresentam não conformidade em relação ao parâmetro Ferro, com concentração cerca de 80% maior que o Valor Máximo Permitido (VMP).

Concentrações elevadas de ferro não apresentam inconveniente à saúde, todavia, além de conferir cor e sabor à água, pode estar associado à contaminação indireta em canalizações, ao favorecer o desenvolvimento de ferro-bactérias, que podem ocasionar a contaminação biológica (CETESB, 2014). Além disto, altas concentrações desta substância influenciam nas etapas de tratamento da água, principalmente na coagulação e floculação.

Quadro 1. 35 - Resultados das Análises de Água Bruta – SIAA de Acupe/Saubara

POÇOS			BJ POÇO 2	BJ POÇO 1	BJ POÇO 1	BJ POÇO 2	BJ POÇO 2	BJ POÇO 2	CB POÇO 1	CB POÇO 2	CB POÇO 2	CB POÇO1	CB POÇO1	CB POÇO 2	SB POÇO 1	SB POÇO 2	SB POÇO 1	SB POÇO 2	SB POÇO 1	SB POÇO 2	SB POÇO 1	SB POÇO 2	SB POÇO 1	SB POÇO 2	SB POÇO 1	SB POÇO 2	SB POÇO 1	SB POÇO 2	SB POÇO 1	SB POÇO 2	SB POÇO 1	SB POÇO 2	RESOLUÇÃO CONAMA nº 396/2008 Valores Máximos Permitidos (VMP) Consumo Humano	
DATA/COLETA			FEV/13	ABR/13	AGO/13	AGO/13	FEV/14	MAR/14	MAR/13	MAR/13	SET/13	NOV/13	DEZ/13	FEV/14	MAI/13	MAI/13	NOV/13	NOV/13	MAR/14	MAR/14														
PARÂMETROS	FÍSICO/QUÍMICOS/ BACTERIOLÓGICO	Coliformes Termotolerantes UFC/100mL	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	200/100 ml	
		pH	6,64	6,44	6,4	6,46	6,41	6,12	6,88	6,57	6,6	6,36	-	6,32	6,44	6,44	6,24	6,26	6,08	6,18	-													
		TEMP.AM °C	28	26	-	-	-	-	29	30	28	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
		Sólidos Dissolvidos µg/L	101.000	106.000	<100.000	<100.000	<100.000	100.000	143.000	127.000	128.000	127.000	-	128.000	101.000	<100.000	126.000	125.000	140.000	<100.000	1.000.000 µg.L-1													
	INORGÂNICOS	Alumínio µg Al/L	44,3	125	166	58,3	23,8	-	93,7	25,8	144	46,7	-	<10	37,5	18	101	158	-	-	200 µg.L-1													
		As µg As/L	<0,5	0,88	0,87	1,21	0,58	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	-	-	10 µg.L-1												
		Pb µg Pb/L	<2	<2	<2	<2	<2	-	<2	<2	<2	<2	-	<2	<2	<2	<2	<2	<2	-	-	10 µg.L-1												
		Cianeto µg CN/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	70 µg.L-1												
		Cloreto µg Cl/L	19.900	20.200	20.600	20.500	25.500	25.400	20.700	13.200	14.000	30.800	-	14.200	23.800	8.360	43.500	43.800	50.600	13.100	250.000 µg.L-1													
		Na µg Na/L	11.200	11.200	13.500	13.400	12.000	-	14.400	9.610	12.100	21.200	-	11.000	18.600	18.200	34.000	34.100	32.400	23.900	200.000 µg.L-1													
		Fe µg Fe/L	1.740	1.510	2.440	1.500	1.700	-	35,1	<10	<10	273	-	<10	161	10,1	120	53	60,5	53,8	300 µg.L-1													
		Nitrato µg NO3-N/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	10.000 µg.L-1												
	Sulfato µg SO4/L	10.500	10.600	10.100	10.000	12.100	12.100	5.400	5.650	<5.000	8.420	-	<5.000	8.220	<5.000	12.300	12.200	13.500	<5.000	250.000 µg.L-1														
	ORGÂNICOS	11DEE µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	-	<1	<1	<1	-	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	30 µg.L-1												
		CCl4 µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	-	<1	<1	<1	-	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2 µg.L-1												
		CH2Cl2 µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	-	<1	<1	<1	-	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	20 µg.L-1												
		ESTIRN µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	-	<1	<1	<1	-	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	20 µg.L-1												
		ETBZ µg /L	<1	<1	<1	<1	<1	-	<1	<1	<1	-	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	200 µg.L-1												
	AGROTÓXICOS	24D µg/L	<4	<4	<4	<4	<4	-	<4	<4	<4	<4	-	<4	<4	<4	<4	<4	-	-	30 µg.L-1													
		A&D µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,03 µg.L-1												

Nota: BJ: Bom Jesus dos Pobres; CB: Cabuçu; SB: Saubara

Legenda: TEMP.AM: Temperatura da amostra; As: Arsênio; Pb: Chumbo; Na: Sódio; Fe: Ferro; 11DEE: Dicloroetano; CCl4: Tetracloreto de Carbono; CH2Cl2: Diclorometano; ESTIRN: Estireno; ETBZ: Etilbenzeno; 24D: 2,4D; A&D: Aldrin & Dieldrin

Fonte: CONAMA, 2008; Embasa, 2014.

1.2.5.2. Captações

As captações no SIAA de Saubara são realizadas por meio de conjuntos motobomba (CMB) do tipo submerso. O **Quadro 1. 36** apresenta as características técnicas dos respectivos equipamentos.

Quadro 1. 36 – Características técnicas dos conjuntos motobomba da captação do SIAA de Acupe/Saubara

POÇO	MARCA/ MODELO	TIPO	VAZÃO (L/s)	AMT (mca)	POTÊNCIA (CV)
BJ CMB 1	BHS 512-9	Submersa	6,67	98	14
BJ CMB 2	BUS 512-15	Submersa	9,17	120	25
SB CMB 2	R-20	Submersa	6,67	(*)	15
SB CMB 1	N.I	Submersa	3,89	125	10
CB CMB 2	BHS 412-09/MCL	Submersa	4,17	75	8

(*) Dado inconsistente

Legenda: BJ: Bom Jesus dos Pobres; CB: Cabuçu; SB: Saubara; NI – não informado

Fonte: EMBASA, janeiro 2014; Dados de Campo, março 2014.

Em relação às estruturas componentes dos conjuntos motobomba dos poços visitados, observa-se que em Saubara (Poço1) os mesmos apresentam condições razoáveis de conservação, todavia verificou-se ausência de dispositivos de medição de pressão e vazão, além de condições precárias de conservação do registro do sistema, que não possuía caixa para a sua proteção.

O Poço 1, localizado na ETA de Bom Jesus dos Pobres, apresentou as melhores condições no que diz respeito à conservação de suas estruturas e existência de equipamentos de medição. O manômetro, entretanto, não estava em funcionamento e apresentava sinais de vazamentos.

Com relação ao Poço 1 em Cabuçu, único ao qual foi possível o acesso para verificação de suas condições, observa-se a total precariedade de suas instalações, no que diz respeito à ausência de estruturas de proteção, a exemplo da caixa de registro, e equipamentos de medição de pressão e vazão. As condições de conservação deste poço estão associadas à sua localização, em área densamente povoada, com pouca restrição ao acesso de pessoas, o que contribui para atos de vandalismo às suas estruturas.

As fotografias adiante apresentadas ilustram estes comentários (GEOHIDRO, 2014).



Figura 1. 77 - Poço 1 (Saubara) não apresenta estruturas de medição de pressão



Figura 1. 78 - Registro de controle do Poço 1 (Saubara) sem caixa de proteção e aterrado



Figura 1.79 - Instalações elétricas do Poço 1 (Bom Jesus dos Pobres).



Figura 1.80 - Estruturas de medição de pressão e controle de vazão do Poço 1 (Bom Jesus dos Pobres)



Figura 1.81 - Manômetro com vazamento Poço 1 (Bom Jesus dos Pobres)



Figura 1.82 - Registro do Poço 1 (Cabuçu) sem estrutura de proteção



Figura 1.83 - Em destaque, a inexistência de estruturas de medição de vazão, ou registro de controle do sistema do Poço 1 (Cabuçu)

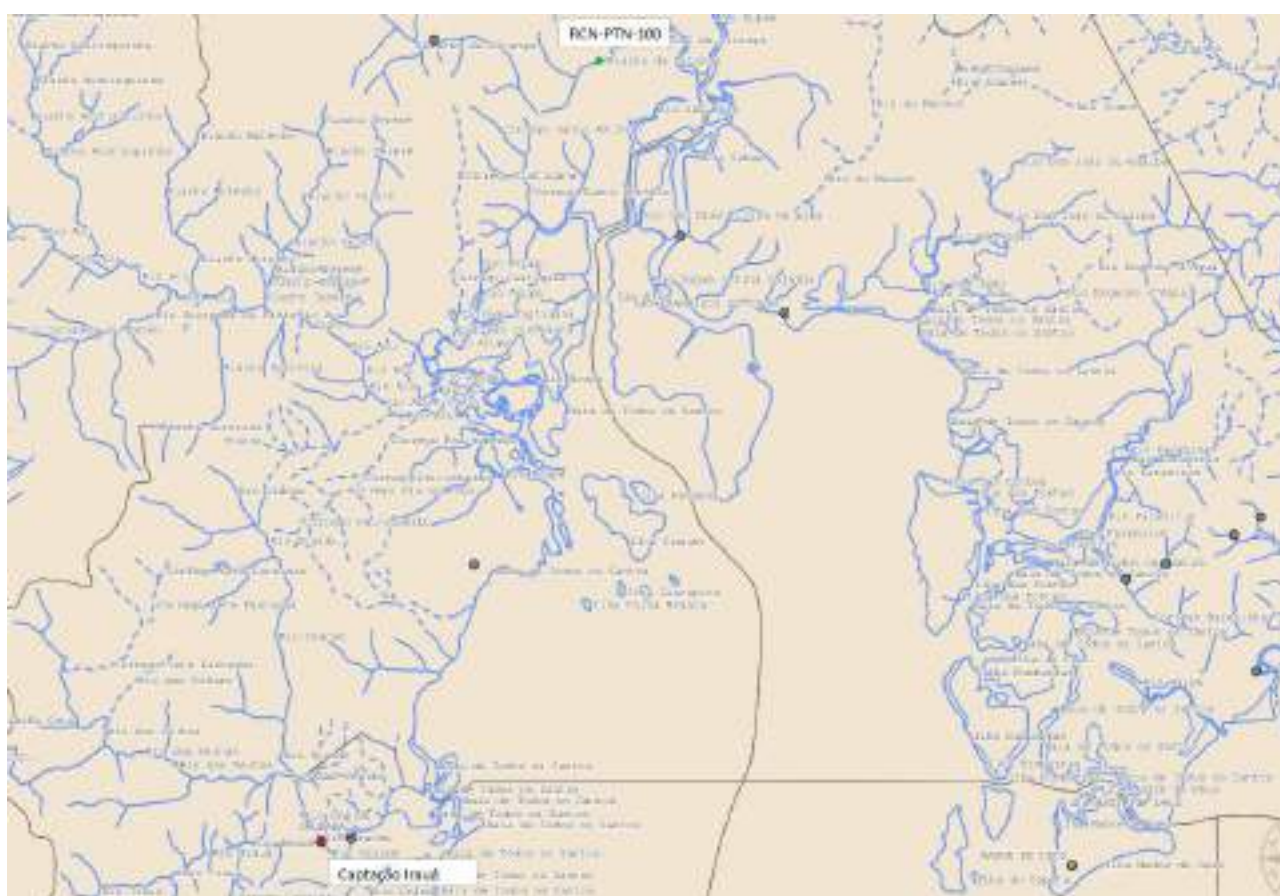
1.2.5.3. Caracterização do manancial superficial

A. Estudo Hidrológico

O manancial de captação do SIAA de Acupe Saubara, rio Iraúá/Grande, é um afluente do rio Doce, uma das sub-bacias analisadas no **Item 1.2.2.1, subitem A**. Desta forma, os aspectos relativos à capacidade do manancial, bem como a situação atual da área abrangida pelas sub-bacias dos rios Açu, Doce e Subaé, estão abordadas no referido item.

B. Qualidade da água

No que diz respeito à avaliação da qualidade da água através do Programa Monitora, observa-se a partir da **Figura 1. 84** que o único ponto próximo ao mesmo (RCN-PTN-100) não possui qualquer influência no manancial analisado, sendo, portanto, descartado. Desta forma, as campanhas realizadas pelo referido programa, não serão consideradas na avaliação da qualidade da água do manancial, portanto para a elaboração do presente diagnóstico, foram utilizados os resultados das análises de água bruta disponibilizados pela Embasa.



Legenda:

- Ponto de Captação no rio Iraúá
- Outorgas concedidas pelo INEMA
- Ponto de Monitoramento do INEMA
- Hidrografia
- Limites municipais
- Sedes municipais

Figura 1. 84 - Localização do ponto de captação no rio Iraúá e ponto de monitoramento do INEMA mais próximo

Fonte: INEMA, 2014

No **Quadro 1. 37** estão apresentados os resultados das análises da água captada no rio Iraúá, no município de Saubara. Verifica-se a partir dos resultados apresentados que os parâmetros biológicos, físicos e químicos são analisados com periodicidade de seis meses, sendo que os parâmetros cianobactérias, Coliformes Termotolerantes, e Sólidos Totais Dissolvidos (STD) são analisados com periodicidade mensal, conforme o preconizado em legislação (Portaria nº 2914/2011 do MS).

Em linhas gerais, a água captada apresentou boa qualidade, com resultados dos parâmetros em conformidade com os limites preconizados pela legislação ambiental vigente para a Classe 2 de águas doces. A exceção encontra-se na análise de Coliformes Termotolerantes, onde observa-se uma alteração acima do Valor Máximo Permitido (VMP) no mês de janeiro. Este resultado representa um valor fora da média, tendo em vista que as análises posteriores têm uma média de 208 UFC/100mL. Apesar disto, deve-se observar a existência de focos de contaminação próximos que venham a prejudicar a qualidade da água captada.

Observa-se, ainda, falhas nas análises realizadas mensalmente, nas quais alguns parâmetros não são analisados, a exemplo dos resultados de fevereiro e de Abril de 2014, onde não foi analisado o parâmetro Coliformes. Salienta-se a necessidade de monitoramento deste e de outros parâmetros, de modo a garantir a qualidade da água bruta captada.

Quadro 1. 37 - Resultados de análises de água do rio Iraúá de amostras coletadas no local da captação da Embasa

DATA			17/01/13	21/02/13	26/03/13	04/04/13	24/05/13	26/06/13	08/07/13	14/08/13	19/09/13	09/10/13	13/11/13	16/12/13	14/01/14	13/02/14	17/02/14	13/03/14	16/04/14	28/04/14	RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/05 Valores Máximos Permitidos (VMP)
PARÂMETROS	BIOLÓGICOS/ BACTERIOLÓGICO	Cianobactérias (Cél/mL)	88	0	66	31	13	0	0	18	61	133	53	2025	1582	380	-	316	3797	1069	50.000 Cél/mL
		Clorofila a (µg/L)	0,546	-	-	-	-	-	0,182	-	-	-	-	-	1,456	-	-	-	-	-	30 µg/L
		Colif. Termotolerantes (UFC/100mL)	1100	410	330	70	80	<1	220	190	>600	400	134	52	56	-	104	62	-	-	1.000 UFC/100mL
	FÍSICOS	STD (mg/L)	<100	-	-	-	-	-	<100	-	-	-	-	-	<100	-	-	-	-	-	500 mg/L
		Temperatura (°C)	26	-	33	28	24	29	23	24	25	26	26	28	26	27	-	25	25	24	-
		Turbidez (NTU)	15,2	-	-	-	-	-	14,3	-	-	-	-	-	6,35	-	-	-	-	-	100 NTU
		Cor Real (mg Pt/L)	39	-	-	-	-	-	37	-	-	-	-	-	24	-	-	-	-	-	75 mg Pt/L
	QUÍMICOS	DBO (mg/L)	1,7	-	-	-	-	-	<1	-	-	-	-	-	1,9	-	-	-	-	-	5 mg/L
		OD (mg/L)	6,87	-	-	-	-	-	6,71	-	-	-	-	-	7,15	-	-	-	-	-	> 5 mg/L
		pH	7,19	-	-	-	-	-	6,71	-	-	-	-	-	7,15	-	-	-	-	-	6,0 a 9,0

Fonte: CONAMA, 2005; Embasa, 2014

1.2.5.4. Captações

Como já citado, o SIAA de Acupe/Saubara é suprido por manancial de superfície, o rio Irauá, nas coordenadas 524.435 e 8.591.808 (UTM SAD 69). A captação nesse curso d'água é realizada, por meio de duas bombas submersíveis, que operam paralelamente, e sem reserva. Atualmente, uma delas está fora de operação, para manutenção.

A área da captação encontra-se em local afastado da zona urbana, sem focos de contaminação nas suas proximidades. Foi possível verificar a conservação da mata ciliar tanto à montante quanto à jusante, o que é favorável à manutenção da qualidade e da quantidade da água produzida. De modo geral, considera-se a vazão do rio suficiente para a captação, todavia, o mesmo sofre forte influência da sazonalidade, reduzindo a capacidade deste manancial no período do verão. Foi feita uma barragem de nível, confeccionada com sacos de areia, como alternativa frente a este problema.

Em relação às estruturas componentes da captação, são observadas condições insatisfatórias de instalação dos equipamentos, a exemplo da estrutura de sustentação da bomba e dos mangotes, instalações elétricas expostas, além da ausência de algumas estruturas - medidor de vazão, pontes rolantes e automação do sistema.

As fotografias a seguir apresentadas ilustram estes comentários (GEOHIDRO, 2014).



Figura 1. 85 - Ponto de captação no rio Irauá. Evidencia-se a estrutura de sustentação da bomba e pequena barragem.



Figura 1. 86 - Condições do rio à montante da captação



Figura 1. 87 - Condições do rio à jusante da captação



Figura 1. 88 - Estrutura de sustentação dos mangotes e da bomba



Figura 1. 89 - Estrutura de sustentação dos mangotes



Figura 1. 90 - Instalações elétricas (em destaque) expostas

No **Quadro 1. 38**, estão sintetizadas as principais características técnicas dos conjuntos motobomba que compõe a captação do SIAA de Barra de Saubara.

Quadro 1. 38 – Características técnicas dos conjuntos motor - bombas utilizados na captação do SIAA de Açupe/Saubara

CMB	UNIDADES	MARCA/ MODELO	TIPO	VAZÃO (L/s)	AMT (mca)	POTÊNCIA (CV)
CMB1	2+0	KRT K100 251 164 XG	Submersível	50	20	22

Legenda: NI – não informado

Fonte: Embasa, janeiro 2014; Dados de Campo, março 2014.

Conforme apresentado anteriormente - *subitem A Estudo Hidrológico* - a respeito da capacidade do rio Iraú/Grande, concluiu-se que considerando a vazão com 100% de permanência (Q_{100}) subtraída da vazão de restituição ao rio (20% da Q_{90}), o mesmo resultou em vazão nula. Inviabilizando, portanto, a utilização deste manancial para suprimento das demandas requeridas ao longo do horizonte deste trabalho (**Quadro 1. 39**).

Quadro 1. 39 – Demandas previstas para Saubara

DEMANDA MÁXIMA DIÁRIA (L/s)					
2015	2020	2025	2030	2035	2040
106,49	109,76	112,97	116,14	119,26	122,35

Fonte: Geohidro, 2014

REFERÊNCIAS

Agência Nacional das Águas - ANA. **Portal da Qualidade das Águas**. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx#_ftnref2>. Acesso em: Julho, 2014.

ANTUNES, Paulo de Bessa. **Direito Ambiental**, Rio de Janeiro, Ed: Lumen Juris, 1996. p 259.

BAHIA / BRASIL. **Constituição do Estado da Bahia** (Texto Consolidado). Atualizada pelas Emendas: 01, de 05 de julho de 1990; 02, de 12 de junho de 1991; 03, de 02 de dezembro de 1991; 04, de 03 de junho de 1994; 05, de 06 de setembro de 1994; 06, de 27 de setembro de 1995; 07, de 18 de janeiro de 1999; 08, de 20 de dezembro de 2000; 09, de 28 de maio de 2003 e 10, de 24 de julho de 2003. Brasil / Constituição do Estado da Bahia de 1989.

BRASIL. Lei n. 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: 22 mar. 2014.

BRASIL. Lei nº 9.982 de 18 de Julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Desenvolvimento Sustentável. Conservação do Solo e água**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/conservacao-solo-agua>>.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL Folha SD.24 Salvador. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1981.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Água. 2009**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_proecotur/_publicacao/140_publicacao09062009025910.pdf>.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 396 de 3 de Abril e 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, nº 66, de 7 de Abril de 2008, Seção 1, p. 64-68.

CENTRO DE PLANEJAMENTO DA BAHIA. (BAHIA / SEPLANTEC / CEPLAB). **Atlas Climatológico do Estado da Bahia: análise espacial da temperatura. Documento n. 1**. Salvador, 1976. v.1, 237p. Editado pelo antigo Centro de Estatística e Informação – CEI, da Secretaria de Planejamento Ciência e Tecnologia, entidade que atualmente corresponde ao SEI

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. Ministério de Minas e Energia - Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Mapa Hidrogeológico do Brasil – Folha Salvador SD.24. Brasil, 2010. Escala 1: 1.000.000

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. Organizado [por] Vieira *et al*. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea Diagnóstico do Município de Inhambupe. Bahia, 2005.

DEÁK, Csaba. **Rent theory and the price of urban land/Spatial organization in a capitalist Economy**. Cambridge: PhD Thesis, 1985.

EMBASA. Empresa Baiana de Águas e Saneamento S/A. Análises de Água Bruta dos Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) operados pela Unidade Regional de Candeias - UMS. Resultado diário. 2013.

EMBASA. Empresa Baiana de Águas e Saneamento S/A. Croquis dos Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) operados pela Unidade Regional de Candeias - UMS. Janeiro, 2010.

EMBASA. Empresa Baiana de Águas e Saneamento S/A. DT/TS/TSD - Departamento de Desenvolvimento Operacional. COPAE - Controle Operacional de Água e Esgoto. Março, 2014.

EMBASA. Empresa Baiana de Águas e Saneamento S/A. Situação das Outorgas. Diretoria Técnica e de Sustentabilidade. Superintendência de Meio Ambiente e Responsabilidade Social. Departamento de Gestão Ambiental – TMA. Março, 2014.

Geohidro. Dados de levantamento de campo, março de 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Manuais técnicos em Geociências. Número 1. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário. 2006a**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: junho de 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 1991**.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2000**.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010 - Resultados do universo**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: março de 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades@**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: junho de 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Agrícola Municipal (PAM)**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2011/default.shtm>>. Acesso em: junho de 2014.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Número 7. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2006b.

Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – INEMA. Programa MONITORA – Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas do Estado da Bahia – RPGA do rio Paraguaçu. Disponível em: <<http://monitora.inema.ba.gov.br/>>. Acesso em: Junho, 2014.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A; CRISTOFIDIS, D., 1999. O uso da Irrigação no Brasil. In: Freitas, M. A V., O Estado das Águas no Brasil. MME, MMA/SRH, OMM p73-101.

PDPIC - Plano Diretor do Pólo Industrial de Camaçari. Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração do Estado da Bahia - SICM. Organizado [por] Guimarães *et al.*. Bahia, 2013.

São Paulo. Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e Controle de Poluição das Águas – CETESB. Variáveis de Qualidade das Águas. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-das-%C3%81guas>>. Acesso em: Junho, 2014.

SEIXAS, B. L. S. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Superintendência de Recursos Hídricos. **Água: usos, características e potencialidades**. 2004. 255 p.

SEPLAN - Secretaria do Planejamento & SEMA - Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Zoneamento Ecológico Econômico – Caderno I – Dimensão Físico-Biótica. Terceiro Relatório Básico, abril de 2012.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. Série Histórica. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/serieHistorica/>> Acesso em: Junho, 2014.

SOUZA, Regina Celeste de Almeida *et al.* Estudo Preliminar de Impacto Ambiental: Empreendimento da Linha Verde (BA-099). Salvador: Departamento de Estrada e Rodagem da Bahia (DERBA). 1991. (mimeo).

Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia – SEI. Uso atual das terras: Bacias do Recôncavo Norte e do Rio Inhambupe. Salvador: SEI, 2003. 114p. Il tab (Série estudos e pesquisas, 64).

Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia – SEI. Sistema de Informações Municipais (SIM). Disponível em: <http://sim.sei.ba.gov.br/sim/informacoes_municipais.wsp>. Acesso em: Junho, 2014.

APÊNDICE 2

ESTUDOS HIDROLÓGICOS

APÊNDICE 2 – ESTUDOS HIDROLÓGICOS

SUMÁRIO

2.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	6
2.2	RESERVATÓRIO DE SANTA HELENA	9
2.2.1	Dados fluviométricos disponíveis	9
2.2.2	Caracterização das bacias de interesse	10
2.2.3	Avaliações Hidrológicas	20
2.2.4	Análise dos Cenários Propostos e Considerações relevantes para Santa Helena	46
2.3	RESERVATÓRIO DE PEDRA DO CAVALO	49
2.3.1	Dados fluviométricos disponíveis	49
2.3.2	Caracterização da bacia	50
2.3.3	Avaliações Hidrológicas.....	57
2.3.4	Análise dos Cenários Propostos e Considerações relevantes para Pedra do Cavalo	79
2.4	RESERVATÓRIOS DO JOANES	81
2.5	RESERVATÓRIOS DE IPITANGA	87
2.6	DISPONIBILIDADE HÍDRICA DOS RESERVATÓRIOS	Erro! Indicador não definido.
	REFERÊNCIAS	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 2. 1 - Mananciais do SIAA de Salvador e SIAA do Recôncavo.....	7
Figura 2. 2 - Localização da Sub-Bacia 50.....	11
Figura 2. 3 - Médias mensais de precipitação no período 1971 a 1978.....	14
Figura 2. 4 - Precipitação e Evapotranspiração Potencial (em mm) – Emboacica.....	18
Figura 2. 5 - Excedente Hídrico e Deficiência Hídrica (em mm) – Emboacica.....	18
Figura 2. 6 - Comparação gráfica das estimativas da Evaporação.....	23
Figura 2. 7 - Comparação entre variação de volume entre cotas, obtidos por dois procedimentos distintos a partir dos dados informados.....	25
Figura 2. 8 - Comparando relações quantitativas entre cotas, áreas e volumes.....	26
Figura 2. 9 - Relações entre cotas, áreas e volumes em Santa Helena.....	26
Figura 2. 10 - Curva cota x volume.....	27
Figura 2. 11 - Curva cota x área.....	27
Figura 2. 12 - Comparação dos resultados das vazões geradas – em m ³ /s.....	35
Figura 2. 13 - Comparação dados medidos e gerados em Emboacica (1961 a 1979) – em m ³ /s.....	37
Figura 2. 14 - Primeiro conjunto de dados de entrada do BHIM.....	39
Figura 2. 15 - Segundo conjunto de dados de entrada do BHIM.....	40
Figura 2. 16 - Balanço hídrico da primeira etapa do processo iterativo.....	40
Figura 2. 17 - Passos subsequentes do processo iterativo.....	41
Figura 2. 18 - Elementos de controle para elaboração de sínteses do comportamento no cenário estudado.....	42
Figura 2. 19 - Saídas do BHIM.....	42
Figura 2. 20 - Saída gráfica do BHIM.....	43
Figura 2. 21 - Entradas no BHIM para cota mínima igual a 17,0 m.....	44
Figura 2. 22 - Saídas do BHIM para o nível mínimo igual a cota 17,0 m.....	44
Figura 2. 23 - Comportamento esperado cenário com cota mínima igual a 17,0 m.....	44
Figura 2. 24 - Aspectos relevantes do cenário atual de vazões.....	45
Figura 2. 25 - Vazões representativas do período estudado em 1996.....	46
Figura 2. 26 - Precipitação e Evapotranspiração Potencial - Usina Bananeiras.....	55
Figura 2. 27 - Excedente Hídrico e Deficiência Hídrica - Usina Bananeiras.....	55
Figura 2. 28 - Entradas no BHIM para o cenário proposto sem considerar a precipitação.....	59
Figura 2. 29 - Saídas do BHIM e Comportamento esperado do cenário proposto sem considerar a precipitação.....	60
Figura 2. 30 - Entradas no BHIM para o cenário proposto considerando a precipitação.....	60
Figura 2. 31 - Saídas do BHIM e Comportamento esperado do cenário proposto considerando a precipitação.....	61

Figura 2. 32 - Regressão entre dados de Argoim e Argoim + Ponte Rio Branco com os dados da estação Pedra do Cavalo	70
Figura 2. 33 - Preenchimento de falha para o mês dez/2003 em Argoim	71
Figura 2. 34 - Preenchimento de falha para o mês dez/2006 em Argoim	71
Figura 2. 35 - Preenchimento de falha em Argoim para meses sem dados em laçu	72
Figura 2. 36 - Comparação das vazões medidas e geradas	73
Figura 2. 37 - Vazões médias mensais medidas em Argoim e estimadas em Pedra do Cavalo entre 1980 e 2013 (m ³ /s).....	76
Figura 2. 38 - Elementos de entrada do cenário proposto	77
Figura 2. 39 - Saídas para o cenário proposto	77
Figura 2. 40 - Médias anuais nos dois períodos.....	78
Figura 2. 41 - Cotas, áreas e volumes em Ipitanga I e II.....	88
Figura 2. 42 - ETP nos reservatórios Ipitanga I e Ipitanga II	89
Figura 2. 43 - Vazões estimadas para Ipitanga II	90
Figura 2. 44 - Entradas no BHIM para Ipitanga II	90
Figura 2. 45 - Saídas do BHIM para Ipitanga II	91
Figura 2. 46 - Volumes extravazados estimados para Ipitanga II no cenário de máxima vazão regularizada com 100% de garantia	91
Figura 2. 47 - Vazão em Ipitanga I (bacia incremental, equivalentes ao volume extravasado de Ipitanga II e total) de janeiro a junho.....	92
Figura 2. 48 - Vazão em Ipitanga I (bacia incremental, equivalentes ao volume extravasado de Ipitanga II e total) de julho a dezembro.....	92
Figura 2. 49 - Entradas no BHIM para Ipitanga I	93
Figura 2. 50 - Saídas do BHIM para Ipitanga I, considerando Ipitanga II operando segundo o que anteriormente foi mostrado	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 2. 1 - Expectativa de vazões regularizadas nos mananciais da RMS em estudos existentes	6
Quadro 2. 2 – Estações Fluviométricas de interesse	10
Quadro 2. 3 - Estações Pluviométricas de interesse na região da Barragem de Santa Helena	12
Quadro 2. 4 - Dados mensais de precipitação (em mm) em Emboacica (01238046) – Dados consistidos	13
Quadro 2. 5 - Dados mensais de precipitação (em mm) em Amélia Rodrigues (01238088) – Dados brutos sem consistência	14
Quadro 2. 6 - Coeficientes para estimativa das temperaturas média das mínimas, média das médias e média das máximas	16
Quadro 2. 7 - Temperatura média e Evapotranspiração Potencial em Emboacica	17
Quadro 2. 8 - Balanço Hídrico Climatológico em Emboacica (em mm)	17
Quadro 2. 9 - Demandas estimadas para outros usos que não o abastecimento humano	19
Quadro 2. 10 - Demanda <i>per capita</i> por tipo de rebanho	19
Quadro 2. 11 - Vazão regularizada com 100% de permanência em Santa Helena estimada em estudos anteriores (m³/s)	22
Quadro 2. 12 - Estimativas da Evaporação	23
Quadro 2. 13 - Área e volume em função da altura, no reservatório de Santa Helena utilizados nos estudos de 1996 e 1998	24
Quadro 2. 14 - Comparação entre volumes calculado e informado	24
Quadro 2. 15 - Dados fluviométricos do rio Jacuípe em Mata de São João (50840000) – em m³/s	29
Quadro 2. 16 - Dados fluviométricos do rio Jacuípe em Emboacica (50890000) – em m³/s	31
Quadro 2. 17 - Equações utilizadas para gerar vazões médias mensais em Santa Helena período janeiro 1986 a dezembro de 2005	33
Quadro 2. 18 - Expressões de regressão utilizadas para gerar dados em Santa Helena com uma única função para todo o ano	33
Quadro 2. 19 - Vazões geradas a partir de múltiplas expressões (uma para cada mês) – em m³/s	34
Quadro 2. 20 - Vazões geradas a partir de uma única expressão do tipo potência para todos os meses do ano – em m³/s	34
Quadro 2. 21 - Vazões geradas a partir de uma única expressão do tipo polinomial do segundo grau para todos os meses do ano – em m³/s	35
Quadro 2. 22 - Comparação dos resultados das vazões geradas – em m³/s	35
Quadro 2. 23 - Comparação entre valores gerados e medidos – em m³/s	36
Quadro 2. 24 - Volumes correspondentes aos níveis operacionais dos reservatórios	47
Quadro 2. 25 - Vazões regularizadas em Santa Helena para cenários mais recentes	47
Quadro 2. 26 - Vazão regularizada com 100% de permanência em Santa Helena estimada em estudos distintos	47
Quadro 2. 27 - Resultados da simulação para o cenário estabelecido	48

Quadro 2. 28 - Estações Fluviométricas mais representativas para Pedra do Cavalo	49
Quadro 2. 29 - Estações Pluviométricas de interesse na região da Barragem de Pedra do Cavalo	51
Quadro 2. 30 - Dados mensais de precipitação (em mm) em Usina Bananeiras (01239004) – Dados brutos sem consistência	52
Quadro 2. 31 - Dados mensais de precipitação (em mm) em São Félix (01238025) – Dados brutos sem consistência	53
Quadro 2. 32 - Temperatura média e Evapotranspiração Potencial em Usina Bananeiras	54
Quadro 2. 33 - Balanço Hídrico Climatológico em Usina Bananeiras (em mm)	54
Quadro 2. 34 - Evolução esperada para as relações entre cota com área e volume	58
Quadro 2. 35 - Valores de K, m e r^2 para as curvas cota x área e cota x volume	58
Quadro 2. 36 - Dados fluviométricos da estação de Argoim (51350000) – em m^3/s	62
Quadro 2. 37 - Dados fluviométricos Ponte Rio Branco (51460000) – em m^3/s	64
Quadro 2. 38 - Dados fluviométricos Pedra do Cavalo (51490000) – em m^3/s	68
Quadro 2. 39 - Equações utilizadas para gerar vazões médias mensais período janeiro 1965 a dezembro de 1975	72
Quadro 2. 40 - Coeficientes de correlação entre dados medidos e gerados	73
Quadro 2. 41 - Vazões geradas para estação Pedra do Cavalo (1980 a 2013) - em m^3/s	74
Quadro 2. 42 - Volumes disponíveis para regularização e vazões em Pedra do Cavalo	79
Quadro 2. 43 - Vazões em Joanes I, geradas a partir do Rio Jacuípe em Mata de São João - em m^3/s	82
Quadro 2. 44 - Vazões em Joanes II, geradas a partir do Rio Jacuípe em Mata de São João - em m^3/s	84
Quadro 2. 45 - Indicadores relativos aos reservatórios de Joanes I e de Joanes II	86
Quadro 2. 46 - Vazões média mensais (m^3/s) na bacia do Joanes II estimadas pela FEP	87
Quadro 2. 47 - Comparação das estimativas de vazão regularizada em Joanes I e Joanes II	87
Quadro 2. 48 - Curvas cota x área e cota x volume para Ipitanga I e Ipitanga II	88
Quadro 2. 49 - Vazões médias estimadas para as bacias de Ipitanga I e Ipitanga II	94
Quadro 2. 50 - Parâmetros Indicadores dos reservatórios de Ipitanga I e Ipitanga II	94
Quadro 2. 51 - Comparação das estimativas de vazão regularizada em Ipitanga I e Ipitanga II	Erro! Indicador não definido.
Quadro 2. 52 - Síntese da disponibilidade hídrica dos reservatórios analisados	Erro! Indicador não definido.

2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

São apresentadas neste item as avaliações hidrológicas referentes aos mananciais de superfície que abastecem os sistemas das sedes municipais e dos principais núcleos urbanos dos municípios em estudo. Os reservatórios das barragens de Santa Helena, Pedra do Cavalo, Joanes I e II e Ipitanga I e II são os responsáveis pelo abastecimento da maior parcela da população da RMS, incluindo a capital do Estado e diversos municípios situados no seu entorno.

Esses mananciais foram implantados progressivamente em períodos distintos, ao longo de muitos anos, e a capacidade de atendimento (vazão regularizada) de cada um deles foi avaliada por meio de estudos realizados à época de sua implantação e, em alguns casos, por outros trabalhos posteriores. No **Quadro 2. 1**

apresentado a seguir estão indicadas as expectativas de vazões regularizadas nesses reservatórios, de acordo com duas fontes de informações reconhecidamente importantes no contexto dos estudos: i) Revisão do Balanço Hídrico do Plano de Recursos Hídricos do Estado da Bahia, construído pelo INEMA em colaboração com o IICA (2012); e ii) Plano Diretor de Abastecimento de Água da RMS, PDAA/98 (EMBASA, 1998). É possível observar que os valores são quase sempre distintos. E a **Figura 2. 1** mostra a localização desses reservatórios.

Quadro 2. 1 - Expectativa de vazões regularizadas nos mananciais da RMS em estudos existentes

RESERVATÓRIO	RIO BARRADO	CONSTRUÇÃO ***	EXPECTATIVA DE VAZÃO REGULARIZADA (m³/s)	
			IICA / INEMA *	PDAA/98 **
Pedra do Cavalo	Paraguaçu	1982	75,50	-
Santa Helena	Jacuípe	1981	10,00	9,42
Joanes I	Joanes	1955	1,24	1,20
Joanes II	Joanes	1971	2,40	3,80
Ipitanga I	Ipitanga	1935	0,30	-
Ipitanga II	Ipitanga	1971	0,29	-

Fontes:

* Revisão do Balanço Hídrico do Plano Estadual de Recursos Hídricos – IICA / INEMA (2012)

** Plano Diretor de Abastecimento de Água da RMS – PDAA/98 (EMBASA, 1998)

*** Açudes Públicos da Bahia – CEI / SEPLANTEC (1985)

As bacias hidrográficas e os processos hidrológicos que nelas ocorrem possuem um caráter bastante dinâmico, respondendo às oscilações naturais dos indicadores meteorológicos e às alterações resultantes das atividades antrópicas. Neste contexto, a definição da vazão segura para atendimento às demandas deve se constituir em um processo permanente de avaliação, capaz de observar a evolução do sistema na produção das reservas hídricas e identificar cenários de restrição de oferta que se apresentam ao longo do tempo, os quais devem ser considerados para aperfeiçoamento do gerenciamento do sistema.

As avaliações hidrológicas desenvolvidas neste estudo tiveram como objetivo avaliar, no tempo presente, as vazões que podem ser consideradas como referência para o atendimento das demandas, levando em conta novos contornos experimentados nas respectivas bacias.



Figura 2. 1 - Mananciais do SIAA de Salvador e SIAA do Recôncavo

Fonte: EMBASA, 2013

Para atender ao escopo dos trabalhos definidos nos TDR, foram consultados e analisados estudos e bancos de dados existentes relacionados a aspectos da hidrologia regional e local, assim como dados oficiais de variáveis hidrológicas, climatológicas e relacionadas ao meio físico. Entre eles destacam-se:

- Hidroweb (Banco de Dados Hidrometeorológicos da Agência Nacional de Águas – ANA);
- Revisão do Balanço Hídrico do Plano Estadual de Recursos Hídricos - Bahia (PERH-BA);
- Estudo da Vazão de 95% de Permanência da Sub-Bacia 50 (CPRM);
- Zoneamento Ecológico Econômico do Estado da Bahia (SEMA-BA e SEPLAN-BA);
- Dados fluviométricos e sobre reservatórios de regularização do INEMA- BA;
- Estudos de Definição do Reaproveitamento do Potencial Hídrico do Rio Jacuípe (Geohidro);
- Revisão e Atualização do Plano Diretor do Sistema de Abastecimento da Grande Salvador (Hydros);
- Projeto de Revitalização e Gestão Ambiental dos Mananciais do Sistema Joanes/Ipitanga (Fundação Escola Politécnica/EMBASA/SEDUR).

Estabelecem os termos de referência deste estudo que seja feita uma caracterização clara e concisa que possibilite o conhecimento do panorama atual da bacia, a partir da análise integrada de dados de diversas variáveis que interferem nas principais características do sistema hidrológico. Para atingir este objetivo, os mananciais são observados a partir dos seguintes elementos:

- a bacia hidrográfica e a RPGA (Região de Planejamento e Gestão das Águas) onde se inserem, destacando aspectos relativos à gestão de suas águas;
- as características do meio físico a partir dos fatores mais significativos para a formação dos dois principais componentes do escoamento superficial (o escoamento direto e o escoamento de base);
- aspectos relevantes do clima regional, responsáveis pela alimentação do sistema hidrológico;
- macro caracterização dos demais usos da água (outros que não o abastecimento das comunidades) estimados para a região.

O aprofundamento das análises hidrológicas é efetuado a partir da caracterização do regime dos cursos de água ou dos reservatórios de regularização, conforme o caso, de interesse do estudo. Para tanto, nos locais associados às estruturas de captação dos sistemas de abastecimento é destacado o comportamento das vazões médias, das máximas e das mínimas, quando as captações são realizadas a fio d'água ou da caracterização do comportamento de reservatórios, quando os sistemas se utilizam deste tipo de estrutura para garantir o suprimento das demandas.

Para área de abrangência deste trabalho, os estudos dizem respeito à avaliação da capacidade de regularização dos reservatórios de Santa Helena, Pedra do Cavalo e os existentes nos rios Joanes e Ipitanga, mananciais que abastecem Salvador e outras cidades relevantes da RMS.

Em todos os casos acima citados, as captações são realizadas a partir de reservatórios, não existindo captação a fio d'água.

Para dar suporte às análises hidrológicas foi levantado o maior número possível de dados referentes aos reservatórios de interesse, além de informações relativas a estações fluviométricas e pluviométricas e outras existentes e que sejam de interesse dos objetivos deste estudo. Tais levantamentos visam proporcionar uma base de dados que permitisse retratar, com maior representatividade possível, o comportamento esperado dos reservatórios de interesse.

O conjunto de reservatórios analisados como mananciais de abastecimento da cidade de Salvador e outras próximas não é concentrado em uma única bacia. Por conta disso, a apresentação do tema é realizada por reservatório, permitindo que as características correspondentes a cada bacia ou curso de água a ele atrelado possam ser devidamente abordadas.

Por se tratarem de reservatórios existentes, avaliações da capacidade de regularização esperada para cada um deles já foram efetuadas em épocas anteriores. Neste trabalho, foram analisados, sempre que possível, os estudos existentes com este propósito, com especial atenção na metodologia empregada, nos dados disponíveis e utilizados naquela oportunidade com vistas à definição da garantia de oferta de água para o sistema. Considerando a dinâmica do sistema hidrológico, os estudos agora realizados aferem também esta capacidade sob a luz de dados mais recentes, quando estes existem, ou a partir de estimativas do comportamento atual, permitindo comparar estes resultados com as estimativas existentes. A análise deste conjunto e informações leva à definição da capacidade que deve ser esperada para cada um dos reservatórios.

A primeira estimativa da vazão de referência para atendimento das demandas correspondeu à vazão regularizada pelo reservatório com 100% de permanência. Este valor foi obtido numa hipótese puramente teórica de não liberação de vazão para jusante. Da mesma forma foram estabelecidos os valores das vazões regularizadas com 95% e 90% de permanência.

A Instrução Normativa Nº 01, de 27 de fevereiro de 2007, que dispõe sobre a emissão de outorga de direito de uso dos recursos hídricos de domínio do Estado da Bahia, estabelece que, em barramentos implantados em mananciais perenes, a máxima vazão resultante das outorgas para diversos fins deve ser igual a 80% (oitenta por cento) das vazões regularizadas com 90% (noventa por cento) de garantia. Estabelece ainda que nos casos de abastecimento humano, tal limite poderá atingir até 95%.

Estabelecida a vazão regularizada para cada reservatório e considerando que o uso prioritário destes mananciais é o abastecimento humano, foram definidas as vazões de liberação à jusante sob duas hipóteses:

- Em condições normais do regime de vazões, corresponde a 20% da vazão regularizada com 90% de permanência; e
- Em condições de escassez de oferta, considerada igual a 5% da vazão regularizada com 90% de garantia.

Identificados estes indicadores globais de disponibilidade foram também consideradas questões específicas relacionadas ao uso da água relativas a cada uma das bacias onde estão inseridos os reservatórios de tal maneira a estabelecer referenciais significativos que levam em conta outros usos que possam concorrer com o abastecimento humano, e com isto avaliar como considerar estas questões para o desenvolvimento de estratégias deste plano.

Por uma questão de estratégia de apresentação, os estudos serão abordados por reservatório, contemplando, para cada um deles, os diversos elementos e aspectos necessários à obtenção do objetivo pretendido.

2.2 RESERVATÓRIO DE SANTA HELENA

2.2.1 Dados fluviométricos disponíveis

Está implantada no trecho baixo do Rio Jacuípe. Esta barragem foi construída na década de 70, rompeu e ficou fora de operação normal por alguns anos e posteriormente foi reconstruída. Por conta deste histórico, vários estudos sobre ela foram desenvolvidos e para tanto foram sempre utilizados dados de três estações inseridas no Inventário de Estações Fluviométricas da ANA para a caracterização do regime de escoamento deste curso de água no local da barragem. Essas estações são apresentadas no **Quadro 2. 2** a seguir.

Quadro 2. 2 – Estações Fluviométricas de interesse

CÓDIGO	SIGLA UTILIZADA	NOME DA ESTAÇÃO	AREA DA BACIA (Km²)	OPERADORA	COORDENADAS		OPERAÇÃO	
					LAT	LONG	INICIO	FIM
50820000	SSP	SÃO SEBASTIÃO DO PASSÉ	288	CPRM / ANA	-12:30:32	-38:29:45	1956	2013
50840000	MSJ	MATA DE SÃO JOÃO	442	CPRM / ANA	-12:31:33	-38:17:34	1956	2009
50890000	BEM	EMBOACICA	946	ANA	-12:37:0	-38:11:00	1961	1979

Fonte: Agência Nacional de Água

A estação de Emboacica (EMB) deixou de ser operada em face da construção da Barragem de Santa Helena. Ficava situada em local muito próximo e imediatamente à jusante da obra. Por conta disto seus dados assumiram papel relevante nos primeiros estudos desenvolvidos acerca deste barramento.

Com o colapso estrutural desta barragem, as etapas posteriores de planejamento do SAA da RMS promoveram estudos de reavaliação do potencial do rio Jacuípe e nestes trabalhos, já sem a operação da estação de Emboacica, a análise conjunta dos dados existentes em período comum entre as três estações permitiu estimar o comportamento do curso de água na alimentação do reservatório para os anos em que não mais se dispunha de dados em Emboacica. Seus dados foram determinantes para a construção de séries sintéticas a partir dos elementos medidos nas duas outras estações.

Os trabalhos intitulados Estudos de Definição do Reaproveitamento do Potencial Hídrico do Rio Jacuípe, realizado pela Geohidro, e o Plano Diretor do Sistema de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de Salvador, desenvolvido pela Hydros, realizaram avaliações referentes à consistência dos dados para as três estações e estas análises proporcionam condições satisfatórias para o desenvolvimento dos trabalhos que foram realizados neste estudo em desenvolvimento, conforme posteriormente será apresentado.

2.2.2 Caracterização das bacias de interesse

A bacia do Rio Jacuípe está inserida na Região de Planejamento e Gestão das Águas – RPGA do Recôncavo Norte e Inhambupe. Todos os recursos hídricos superficiais dos cursos desta RPGA são de domínio do Estado da Bahia.

Na configuração do sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, a RPGA do Recôncavo Norte e Inhambupe está inserida na Bacia 5 – Bacias do Atlântico Sul – Trecho Leste e, dentro desta região, na Sub-Bacia 50, composta pelas bacias hidrográficas da Bacia 5, situadas mais ao norte.

Esta RPGA possui Comitê de Bacia já instituído e, atualmente está iniciando a elaboração do Plano de Bacia desta RPGA. Na década de 1990, o Estado da Bahia elaborou Planos Diretores de Recursos Hídricos – PDRH – para diversas das suas regiões hidrográficas. O PDRH Bacias do Recôncavo Norte e Inhambupe é de 1996 e por conta disto encontra-se bastante defasado.

A **Figura 2. 2** localiza a Sub-Bacia 50 no nordeste brasileiro e no Estado da Bahia e identifica seus principais rios, entre eles o Jacuípe. A RPGA do Recôncavo Norte e Inhambupe é composta pela bacia do Inhambupe e todas aquelas situadas a sul desta até a costa norte da Baía de Todos os Santos.

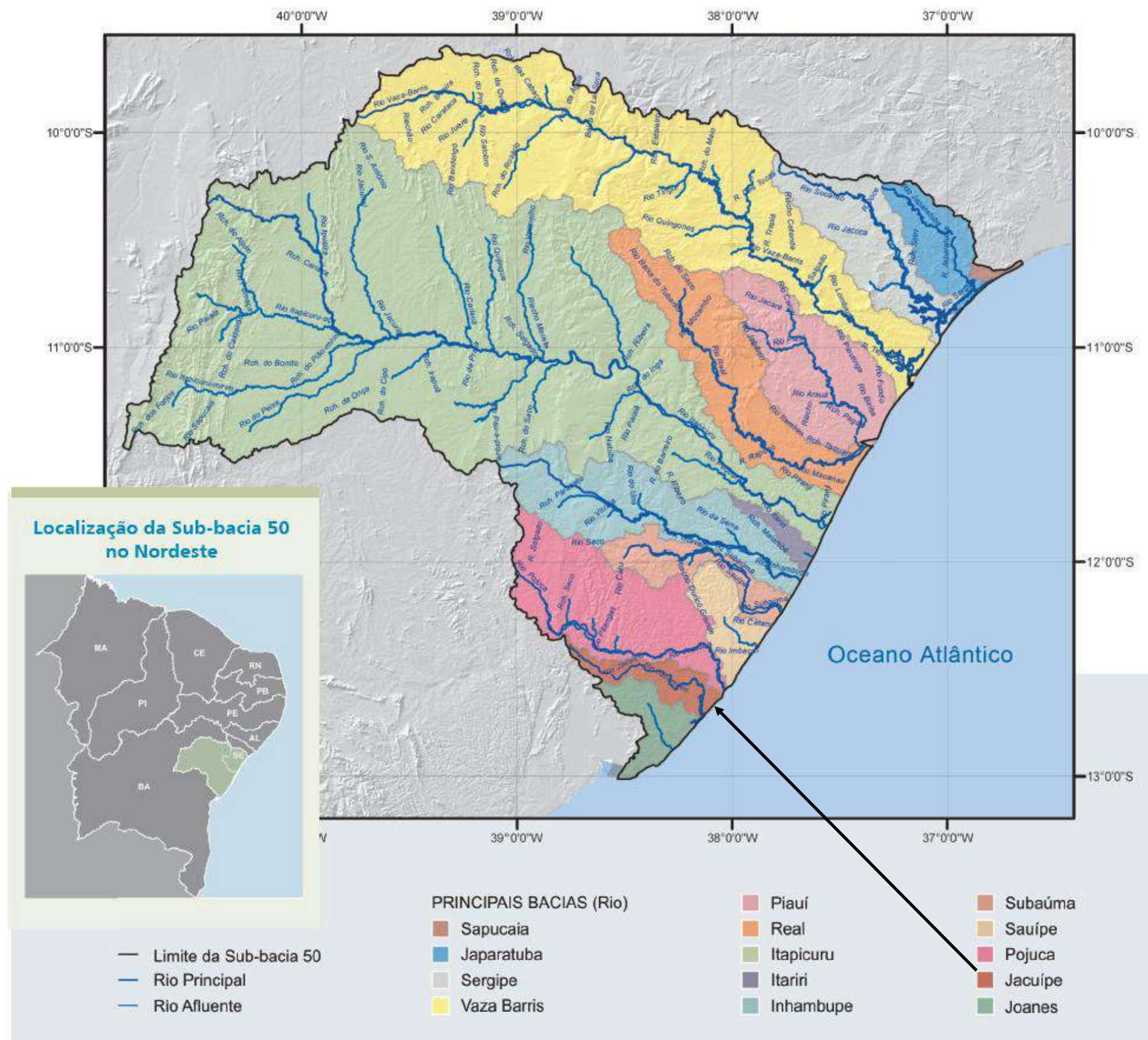


Figura 2.2 - Localização da Sub-Bacia 50
Fonte: CPRM, 2013

A grande proximidade da região litorânea proporciona a esta bacia características climatológicas típicas desta região. Esta condição é predominante em toda a bacia. Entretanto, como mais adiante será demonstrado, nos setores situados mais a montante desta bacia é possível observar uma moderada queda dos totais pluviométricos anuais assim como, no valor da média na maioria dos meses do ano. Não é significativa entre os trechos mais à montante e à jusante na bacia, a forma como se dá a distribuição das chuvas ao longo dos meses.

A principal causa desta moderada alteração de comportamento pode ser atribuída aos fatores de maior relevância na formação das chuvas regionais. Em boa parte do litoral baiano, a principal causa de chuvas pode ser associada à chegada de frentes frias vindas do sul. Estas frentes deslocam-se de sul para norte ao longo de todo o ano, mas é no período de maio a julho que elas resultam nos maiores índices pluviométricos, graças à menor aquecimento que elas sofrem ao passar pelos estados do sudeste. Nestes estados, as temperaturas, neste período, já não são aquelas encontradas no verão. Massas frias chegando a regiões como o litoral baiano, onde a umidade e a temperatura das massas de ar são elevadas, proporcionam grande potencial de formação de chuvas. Este comportamento é muito bem observado até a altura de Salvador e, na medida em que se desloca para setores mais a norte, mesmo no litoral, é possível observar que existe uma diminuição um tanto significativa dos indicadores de chuva. Nos setores mais a norte do litoral baiano se apresenta como elemento mais significativo na causa de chuvas a chegada de ondas de leste, fenômeno observado com maior frequência no período que se estende entre o final do verão e os primeiros meses do inverno. É muito comum observar chuvas apenas numa estreita faixa do litoral norte da Bahia, Sergipe, Alagoas e Pernambuco nesta época do ano.

Na região em estudo, estas são as duas principais causas de chuvas.

Quadro 2.3 - Estações Pluviométricas de interesse na região da Barragem de Santa Helena

CÓDIGO	NOME DA ESTAÇÃO	MUNICÍPIO	RESPONSÁVEL / OPERADORA	ALTITUDE (m)	COORDENADAS		OPERAÇÃO	
					LAT	LONG	INICIO	FIM
1238046	Emboacica	Camaçari	ANA / CPRM	13	-12:36:11	-38:8:15	1962	2006
1238088	Amélia Rodrigues (PMA)	Amélia Rodrigues	CEPLAC	-	-12:25:0	-38:46:0	1971	1978

Fonte: Agência Nacional de Água

Para ilustrar o comportamento na região da Barragem de Santa Helena são apresentados os dados da estação pluviométrica de Emboacica, cujo código no banco de dados da Agência Nacional de Águas é 01238046, localizada no município de Camaçari (coordenadas -12:36:11 e -38:8:15) e operada pela CPRM, conforme **Quadro 2.4**.

A variação de comportamento da pluviometria na medida em que se compara com setores mais à montante e à jusante da bacia pode ser percebida a partir do confronto de dados no curto período comum disponibilizado. Foi feita uma comparação do comportamento dos valores mensais em Emboacica e em Amélia Rodrigues, esta, situada nas proximidades dos trechos mais altos do rio Jacuípe.

A estação código 01238088, localizada em Amélia Rodrigues, coordenadas -12:25:0 e -38:46:0, operada por CEPLAC, possui poucas informações disponibilizadas, mas este fato não inviabiliza a comparação, conforme o **Quadro 2.5** que apresenta os dados mensais de precipitação na estação.

Quadro 2. 4 - Dados mensais de precipitação (em mm) em Emboacica (01238046) – Dados consistidos

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL ANUAL
1961													
1962				186,30		255,90							
1963													
1964													
1965													
1966													
1967													
1968													
1969	41,00	30,70	595,00	184,80	425,90	247,20	115,80	109,90	25,90	37,40	24,60	318,00	2.156,20
1970	102,00	131,80	62,10	132,50	191,00	111,00	176,70	150,40	8,20	15,60	101,90	15,40	1.198,60
1971	57,80	45,50	66,80	477,70	334,50	198,40	275,20	150,00	155,80	63,60	26,30	21,40	1.873,00
1972													
1973	26,30	33,90	119,40	99,80	303,80	437,40	256,20	179,60	208,20	436,90	131,20	39,80	2.272,50
1974	158,90	219,40	114,90	387,50	281,20	265,00	144,00	136,50	105,30	117,50	94,90	66,90	2.092,00
1975	117,30	153,00	147,00	505,40	421,10	182,40	264,80	190,60	194,90	20,10	42,50	220,70	2.459,80
1976	20,80	229,40	131,40	115,30	138,70	117,30	70,90	128,50	17,60	240,40	79,80	80,70	1.370,80
1977	44,40	254,30	82,20	243,90	351,90	155,20	69,40	27,50	111,50	388,70	15,00	205,30	1.949,30
1978	56,50	48,20	82,90	204,60	166,70	178,10	115,70	179,50	56,10	20,00	41,80	135,80	1.285,90
1979	65,10	91,70	42,50	128,50	167,10	175,80	107,00	30,00	43,60	22,00	94,40	90,20	1.057,90
1980	134,50	167,60	39,00	58,40	229,50	75,20	93,60	114,30	73,40	71,10	201,00	39,80	1.297,40
1981	54,50	48,30	114,00	177,70	144,50	181,40	136,30	71,40	37,20	19,80	55,80	49,20	1.090,10
1982	25,50	101,40	30,00	234,10	307,80	283,00	179,50	100,10	161,80	68,50	20,20	47,00	1.558,90
1983	35,30	88,70	148,80	167,90	131,50	155,10	160,50	85,40	35,20	115,60	66,50	57,50	1.248,00
1984	24,60	34,00	120,00	285,40	185,00	127,00	77,70	150,40	153,40	61,60	62,30	43,00	1.324,40
1985	19,40	100,20	128,20	482,20	268,80	178,30	261,60	181,50	64,90	94,30	421,70	88,70	2.289,80
1986	34,00	49,00	312,60	302,90	165,50	150,50	126,50	117,40	117,60	149,10	231,40	63,60	1.820,10
1987	34,60	86,50	191,00	216,10	271,20	266,30	106,40	69,10	56,70	10,90	48,30	8,70	1.365,80
1988	192,90	27,60	246,00	204,10	229,40	350,60	291,30	128,70	75,40	72,30	116,30	298,40	2.233,00
1989	95,90	22,40	206,30	268,00	826,60	259,40	263,10	152,80	106,20	199,50	24,20	237,20	2.661,60
1990	66,60	36,10	31,90	130,80	96,10	103,80	170,80	119,10	195,70	77,30	44,30	180,90	1.253,40
1991	119,80	79,80	140,70	104,30	257,20	307,80	136,10	317,30	100,40	44,30	38,30	12,10	1.658,10
1992	78,50	163,80	48,30	71,60	60,90	172,60	131,10	120,10	108,30	4,70	84,10	158,40	1.202,40
1993	20,20	18,00	12,80	79,70	192,80	168,40	69,80	237,70	61,20	87,60	11,30	19,20	978,70
1994	20,20	57,80	14,70	301,10	279,20	309,60	267,80	99,70	79,20	84,10	18,00	12,10	1.543,50
1995	1,30	35,40	60,70	174,00	361,50	210,90	113,50	84,20	86,00	9,70	175,00	59,20	1.371,40
1996	33,80	56,00	52,60	421,70	155,70	348,20	110,50	101,90	137,10	58,20	231,40	28,40	1.735,50
1997	116,70	260,50	132,70	280,90	158,30	178,60	190,60	52,80	24,90	93,80	9,60	53,20	1.552,60
1998	60,20	9,90	17,30	140,40	219,50	226,40	289,50	111,70	28,20	19,40	10,80	24,40	1.157,70
1999	100,20	56,60	171,50	158,60	309,40	194,50	188,10	280,00	153,80	178,00	236,70	129,30	2.156,70
2000	59,00	89,90	116,90	242,10	196,10	249,10	168,10	169,30	229,30	24,10	99,10	76,70	1.719,70
2001	68,60	22,20	125,20	106,20	142,20	209,80	233,70	214,80	240,60	265,30	11,30	30,50	1.670,40
2002	231,00	59,70	127,70	131,00	257,80	197,60	215,30	153,50	102,00	4,80	46,20	48,50	1.575,10
2003	37,40	76,50	313,50	102,30	299,20	218,30	211,90	184,10	190,00	123,40	102,50	29,30	1.888,40
2004	365,20	59,00	92,10	139,60	121,40	183,00	245,50	118,00	44,00	38,70	165,10	10,20	1.581,80
2005	55,70	182,50	136,10	450,40	194,90	392,60	330,30	150,50	34,60	15,10	220,40	79,80	2.242,90
2006	45,70	24,20	40,60	289,20	420,90	521,10	188,70	80,00	143,00	95,20	126,50	29,20	2.004,30
Médias (1962 a 2006)	76,25	87,88	124,74	220,71	250,40	224,81	177,12	136,44	101,82	93,21	95,42	84,02	1672,91
(1971 a 1978)	68,86	140,53	106,37	290,60	285,41	219,11	170,89	141,74	121,34	183,89	61,64	110,09	1.900,47

Fonte: Agência Nacional de Água

Quadro 2. 5 - Dados mensais de precipitação (em mm) em Amélia Rodrigues (01238088) – Dados brutos sem consistência

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL ANUAL
1971											62,30	43,60	
1972	85,30		99,70	111,50	271,00	206,70	88,90	138,60	121,10	165,30	16,40	39,90	1.344,40
1973	34,90	10,60	133,90	83,50	294,00	230,90	91,00	125,80	156,20	214,60	164,50	23,30	1.563,20
1974	99,80	172,60	154,70	278,30	258,10	202,10	173,50	165,00	69,50	77,30	132,60	105,00	1.888,50
1975	66,50	84,20	150,70	286,50	284,80	147,30	339,50	149,60	195,40	62,40	29,40	149,30	1.945,60
1976	32,00	135,50	52,20	108,30	93,30	77,80	92,60	100,90	58,80	247,70	165,90	65,00	1.230,00
1977	185,60	143,20	116,40	185,50	216,80	193,10	115,50	18,10	98,60	228,60	52,20	265,70	1.819,30
1978	114,30	131,30	235,10	274,30	384,10	280,60	135,20						
Médias (1971 a 1978)	88,34	112,90	134,67	189,70	257,44	191,21	148,03	116,33	116,60	165,98	89,04	98,83	1.689,32

Fonte: Agencia Nacional de Água

Para o período comum (1971 a 1978), a média dos totais anuais em Emboacica foi de 1900,5 mm enquanto em Amélia Rodrigues chegou a 1689,3 mm. Também as médias dos totais mensais apresentaram comportamento de redução na maioria dos meses do ano como pode ser observado na **Figura 2. 3** a seguir.

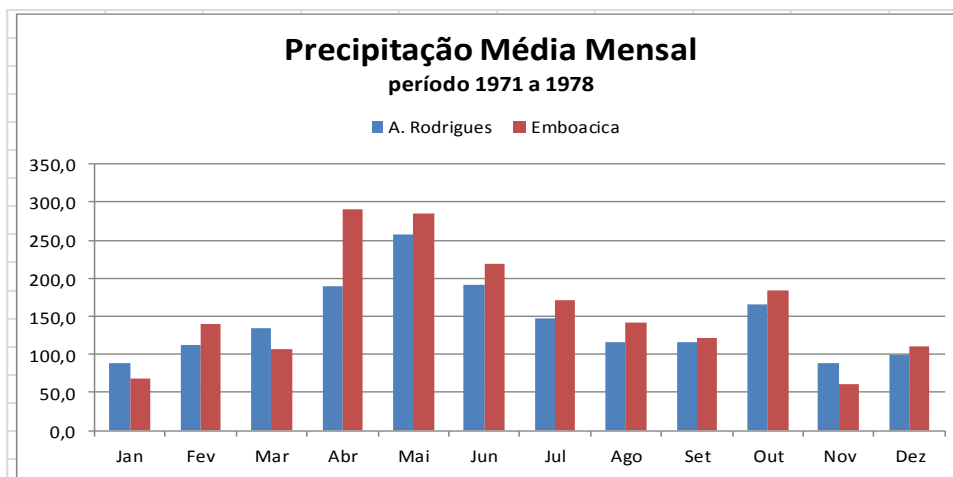


Figura 2. 3 - Médias mensais de precipitação no período 1971 a 1978

Fonte: Agencia Nacional de Água

Ainda sobre dados relevantes do clima na área de interesse do estudo, são apresentados valores estimados para médias das temperaturas médias, máximas e mínimas, evapotranspiração potencial (ETP) e indicadores relacionados ao balanço hídrico climatológico.

Segundo metodologia proposta por **Hargreaves**, a ETP pode ser estimada a partir da radiação do topo da atmosfera e da média da temperatura mensal, assim como a média das temperaturas máximas e das mínimas para o mesmo mês. A expressão que sintetiza a metodologia é a que segue:

$$Et_o = 0,0023 \cdot R_a \cdot (T_{med} + 17,8) \cdot (T_{max} - T_{min})^{0,5}$$

onde:

Et_o = evapotranspiração de referência, em mm/dia;

R_a = radiação no topo da atmosfera, em MJ/(m²dia);

T = temperatura média do mês, em °C;

T_{max} = temperatura média das máximas para o mês em questão, em °C e

T_{min} = temperatura média das mínimas para o mês, em °C.

A radiação no topo da atmosfera, para a unidade especificada pode ser obtida a partir da expressão:

$$R_a = 37,586 \cdot d_r \cdot (w_s \cdot \text{sen } \varphi \cdot \text{sen } \delta_s + \cos \varphi \cdot \cos \delta_s \cdot \text{sen } w_s),$$

onde:

d_r = distância relativa terra – sol, em radianos;

w_s = ângulo horário do por do sol, em radianos;

φ = latitude do lugar, em radianos e

δ_s = declinação solar em radianos.

R_a = expressa em equivalente de evaporação (mm/dia). Para mm/dia, dividir por 2,45.

Todos estes elementos podem ser obtidos a partir de informações sempre disponíveis em bancos de dados.

A declinação solar, em radianos, é obtida pela expressão:

$$\delta_s = 0,4093 \cdot \text{sen} [(2\pi/360) \cdot J - 1,405] \text{ onde } J \text{ é o número do dia do ano.}$$

Para valores mensais, J pode ser determinado como $J = \text{inteiro} (30,42 \cdot M - 15,23)$, sendo M o número do mês e J corresponde ao valor médio do referido mês.

A distância relativa terra – sol, em radianos, pode ser obtida pela expressão:

$$d_r = 1 + 0,033 \cdot \cos [(2\pi/360) \cdot J]$$

O ângulo horário do pôr do sol, em radianos, é obtido pela expressão:

$$w_s = \arccos (-\tan \varphi \cdot \tan \delta_s)$$

Nas expressões anteriores, a latitude tem sinal positivo para o hemisfério norte e negativo para hemisfério sul.

Para a estimativa das temperaturas médias, média das máximas e média das mínimas foram utilizadas expressões apresentadas no Documento Número 1 – Análise Espacial da Temperatura – do Atlas Climatológico do Estado da Bahia, editado, em 1976 pelo antigo Centro de Estatística e Informação – CEI, da Secretaria de Planejamento Ciência e Tecnologia, entidade que atualmente corresponde ao SEI. Estas expressões são válidas para todo o território baiano.

As expressões foram obtidas com a aplicação de métodos numéricos aplicados aos dados disponíveis. São do tipo:

$$\text{Temperatura} = C_{\text{ind}} + C_{\text{Alt}} + C_{\text{Lat}} + C_{\text{Long}},$$

onde:

C_{ind} corresponde a um coeficiente independente de variável;

C_{Alt} corresponde a um coeficiente a ser multiplicado pela altitude, em metros;

C_{Lat} corresponde a um coeficiente a ser multiplicado pela latitude, em minutos e

C_{Long} corresponde a um coeficiente a ser multiplicado pela longitude, em minutos.

O **Quadro 2. 6** a seguir apresenta os coeficientes, para cada mês, que são utilizados para a determinação da temperatura média das mínimas, da temperatura média e para a temperatura média das máximas, respectivamente.

Quadro 2. 6 - Coeficientes para estimativa das temperaturas média das mínimas, média das média e média das máximas

Mês	MÍNIMAS				MÉDIAS				MÁXIMAS			
	C I	C alt	C lat	C long	CI	C alt	C lat	C long	CI	C alt	C lat	C long
JAN	21,7792	-0,0068	-0,0024	0,0014	26,9420	-0,0056	-0,0032	0,0010	26,3690	-0,0069	-0,0022	0,0037
FEV	19,4174	-0,0068	-0,0024	0,0023	28,0988	-0,0055	-0,0025	0,0003	23,3945	-0,0067	-0,0019	0,0048
MAR	23,401	-0,0068	-0,0037	0,0011	27,2146	-0,0054	-0,0027	0,0006	21,1129	-0,0076	-0,0012	0,0054
ABR	22,6109	-0,0068	-0,0032	0,0011	22,5684	-0,0059	-0,0036	0,0027	9,1448	-0,0067	-0,0099	0,0125
MAI	21,1051	-0,0073	-0,0053	0,002	20,7673	-0,0069	-0,0055	0,0036	5,2026	-0,0072	-0,0115	0,0141
JUN	28,9874	-0,0066	-0,0051	-0,0019	22,7748	-0,0065	-0,0050	0,0021	0,0262	-0,0081	-0,0116	0,0159
JUL	24,1617	-0,0065	-0,0044	-0,0005	17,5154	-0,0075	0,0027	0,0019	-7,6398	-0,0088	-0,0125	0,0193
AGO	22,6269	-0,0067	-0,0037	-0,001	19,3588	-0,0060	-0,0043	0,0030	-11,6424	-0,0076	-0,0139	0,0215
SET	22,3437	-0,0062	-0,0008	-0,0007	15,5232	-0,0067	-0,0078	0,0063	-11,4711	-0,0066	-0,0149	0,0224
OUT	15,5755	-0,0063	-0,0028	0,0036	9,8411	-0,0067	-0,0073	0,0092	0,7834	-0,0084	-0,0086	0,0163
NOV	22,1899	-0,0058	-0,001	0,0002	17,2082	-0,0064	-0,0054	0,0055	8,8822	-0,0069	-0,0054	0,0116
DEZ	25,2992	-0,0055	-0,0015	-0,0008	24,0435	-0,0061	-0,0044	0,0024	24,6583	-0,0069	-0,0042	0,0047
ANUAL	16,503	-0,0074	-0,0049	0,0039	19,6889	-0,0063	-0,0048	0,0040	8,0363	-0,0093	-0,0048	0,0116

Fonte: CENTRO DE PLANEJAMENTO DA BAHIA (1976)

Definidos os valores de radiação e temperatura a partir do que foi comentado, é possível estimar a evapotranspiração de referência com a expressão de Hargreaves.

Dispondo dos dados de precipitação e das estimativas da evapotranspiração de referência foi possível efetuar o balanço hídrico climatológico do solo pelo método de **Thornthwaite – Mather**. Seguindo a prática utilizada em diversos estudos nos quais o balanço hídrico climatológico é realizado para uma extensa área foi considerado que a capacidade de armazenamento do solo é de **100 mm**. A disponibilidade de água no solo decresce com a diminuição do armazenamento verificado em função do calculo da evapotranspiração real (ETR). A coluna Negativo Acumulado (NEG AC) apresenta o valor acumulado de P-EPT quando este é negativo. O valor dessa coluna permite determinar o valor do armazenamento, sendo valor zero sempre que o armazenamento for máximo. O NEG AC de um mês é igual ao NEG AC do mês anterior mais o valor de P-ETP do mês sempre que P-ETP for negativo. Quando P-ETP (PTP) for positivo o valor do negativo acumulado é obtido de tabelas em função do armazenamento.

Conforme o **Quadro 2. 3**, a estação de Emboacica (01238046) está numa altitude de 13 m. A sua latitude (-12:36:11) foi transformada em minutos (756,1833) e em radianos (-0,220), assim como a sua longitude (-38:08:15), 2288,25 minutos e -0,6656 radianos. Essas transformações possibilitaram calcular a declinação solar (δ_s), latitude do lugar (φ) e consequentemente todas as outras (dr - distância relativa terra-sol; ws - ângulo horário do por do sol. Utilizando os dados da latitude e da longitude em minutos e aplicando a expressão da Temperatura determina-se a temperatura média para cada situação específica (mínima, média e máxima). A evapotranspiração de referência mensal é calculada a partir das temperaturas.

Para Emboacica, os valores da temperatura média (das Médias, das Máximas e das Mínimas), da Evapotranspiração Potencial (Hargreaves) e do Balanço Hídrico Climatológico (Thornthwaite - Mather) em Emboacica (em mm) a que se chegou aplicando as expressões anteriores estão ilustrados nos **Quadro 2. 7** e **Quadro 2. 8**, e na **Figura 2. 4** e na **Figura 2. 5** a seguir.

Quadro 2. 7 - Temperatura média e Evapotranspiração Potencial em Emboacica

Meses	T*	T _{max}	T _{min}	J	dr	δ _s	ws	R _a	Et _o mm/dia	Et _o mm/mês
Jan	26,7	33,1	23,1	15,0	1,0	-0,4	1,7	16,4	5,3	164,8
Fev	26,8	32,9	22,8	45,0	1,0	-0,2	1,6	16,2	5,3	147,6
Mar	26,5	32,5	23,0	76,0	1,0	0,0	1,6	15,3	4,8	148,3
Abr	25,9	30,2	22,6	106,0	1,0	0,2	1,5	13,8	3,8	114,3
Mai	24,8	28,7	21,6	136,0	1,0	0,3	1,5	12,2	3,2	98,7
Jun	23,7	27,5	20,7	167,0	1,0	0,4	1,5	11,4	2,8	85,0
Jul	23,8	27,0	19,6	197,0	1,0	0,4	1,5	11,7	3,0	93,9
Ago	22,9	26,9	17,5	228,0	1,0	0,2	1,5	13,0	3,8	116,3
Set	24,0	28,4	20,1	258,0	1,0	0,0	1,6	14,6	4,1	121,7
Out	25,3	31,5	21,6	288,0	1,0	-0,2	1,6	15,8	4,9	152,0
Nov	25,6	31,3	21,8	319,0	1,0	-0,3	1,6	16,3	5,0	149,8
Dez	26,1	32,1	22,3	349,0	1,0	-0,4	1,7	16,4	5,2	161,4
Anual	25,1	30,8	21,6							1.553,9

LEGENDA:

Tmed (°C): Temperatura média

Tmax (°C): Temperatura máxima

Tmin (°C): Temperatura mínima

J (dias): Número do dia do ano acumulado

dr (rad): Distância relativa terra-sol

δ_s (rad): Declinação solar

ws (rad): ângulo horário do pôr do sol

R_a (mm/dia): radiação no topo da atmosfera

ETP (mm/dia): Evapotranspiração Potencial

HARGREAVE (mm/mês): Evapotranspiração de referência

Fonte: Geohidro, 2014; *HIDROWEB

Quadro 2. 8 - Balanço Hídrico Climatológico em Emboacica (em mm)

Meses	P	ETP	P-ETP	NEG . AC	ARM	VAR	ETR	DEF	EXC
Jan	76,3	164,8	-88,6	-280,6	6,0	-8,7	85,0	79,9	0,0
Fev	87,9	147,6	-59,7	-340,4	3,3	-2,7	90,6	57,0	0,0
Mar	124,7	148,3	-23,5	-363,9	2,6	-0,7	125,4	22,8	0,0
Abr	220,7	114,3	106,4	8,6	100,0	97,4	114,3	0,0	9,0
Mai	250,4	98,7	151,7	0,0	100,0	0,0	98,7	0,0	151,7
Jun	224,8	85,0	139,8	0,0	100,0	0,0	85,0	0,0	139,8
Jul	177,1	93,9	83,2	60,6	100,0	0,0	93,9	0,0	83,2
Ago	136,4	116,3	20,1	18,3	100,0	0,0	116,3	0,0	20,1
Set	101,8	121,7	-19,9	-1,5	98,5	-1,5	103,3	18,4	0,0
Out	93,2	152,0	-58,8	-60,3	54,7	-43,8	137,0	15,0	0,0
Nov	95,4	149,8	-54,4	-114,7	31,8	-22,9	118,3	31,5	0,0
Dez	84,0	161,4	-77,4	-192,1	14,7	-17,1	101,1	60,3	0,0
Anual	1.672,80	1.553,9					1.269,0	284,9	403,8

LEGENDA

P (mm): Precipitação Média Mensal

ETP (mm): Evapotranspiração Potencial Média Mensal

NEG.AC (mm): Negativo acumulado (Estresse hídrico (perda potencial); corresponde ao acumulado de P – ETP quando negativo)

ARM (mm)¹: Armazenamento Útil de água no solo

VAR (mm): Variação do armazenamento útil de água no solo

ETR (mm): Evapotranspiração real (igual a ETP, se P ≥ ETP ou igual a P+|VAR|, se P < ETP)

DEF (mm): Deficiência Hídrica (equivalente a ETP – ETR)

EXC (mm): Excedente Hídrico em relação ao armazenamento máximo

Fonte: *Agência Nacional de Água (dados de Precipitação) e Geohidro, 2014 (cálculos)

¹ OBS.: entre o armazenamento útil e o estresse hídrico vale a seguinte relação: $ARM = ARM_{MAX} \cdot \frac{NEG.AC}{ARM_{MAX}}$



Figura 2. 4 - Precipitação e Evapotranspiração Potencial (em mm) – Emboacica

Fonte: Geohidro, 2014



Figura 2. 5 - Excedente Hídrico e Deficiência Hídrica (em mm) – Emboacica

Fonte: Geohidro, 2014

Cabe lembrar que a construção do balanço hídrico segundo metodologia proposta por Thornthwaite e complementada por Mather, possui caráter relacionado a aspectos que devem ser considerados para a classificação do tipo de clima, segundo critério proposto por Thornthwaite. Os valores atribuídos ao armazenamento, excedente e deficiência (de água no solo) devem ser observados com certa reserva quanto a sua representatividade dentro de uma visão mais hidrológica, ou seja, que represente quantitativamente a repartição das chuvas em escoamento superficial, armazenamento no solo e outros componentes relacionados à distribuição da água numa bacia hidrográfica. Como exemplo das limitações conceituais, o balanço hídrico meteorológico considera na sua contabilidade que toda a precipitação mensal se transforma em evapotranspiração. Este fato pode não ocorrer quando a precipitação é de alta intensidade mesmo quando ela ocorre em solos com baixo teor de água armazenada, como é comum no nordeste brasileiro. Estas particularidades, entretanto, não inviabilizam a observação do balanço hídrico climatológico como elemento auxiliar na análise qualitativa da formação do escoamento numa bacia.

Para complementar o elenco de informações que são levadas em conta para a análise hidrológica das bacias em questão, são destacados a seguir, alguns aspectos relativos ao meio físico que, na interação com os aspectos do clima, resultam no comportamento dos cursos de água regional e respectivos regime de vazões.

No que se referem às características do meio físico encontradas nas duas bacias, estas serão analisadas sob a ótica macroscópica dos principais fatores que imprimem traços de comportamento geral do sistema hidrológico, tais como a base geológica e o relevo regional.

A bacia do Jacuípe é, na sua maior parcela, situada em ambiente de bacia sedimentar, possuindo relevo plano ou suavemente ondulado, geralmente possui solos que proporcionam boa infiltração. A geologia regional é composta por rochas com boa capacidade de manter reservas capazes de proporcionar escoamento de base de forma perene. Entretanto, na parte da bacia bem próxima das nascentes não é este o tipo de ambiente que é encontrado. Nesta porção existem setores com características menos favoráveis ao

escoamento e que devem proporcionar uma produção específica de escoamento superficial de menor produtividade. Colaboram também para esta queda de produção hídrica nos trechos altos da bacia do Jacuípe, os menores índices pluviométricos, embora que, por este último fator, seja menos relevante do que as questões físicas, em face do comportamento já apresentado quanto às questões pluviométricas.

Nos setores mais baixos da bacia são encontrados terrenos marginais ao leito do Jacuípe formados por depósitos diversos que são excelentes na produção hídrica, principalmente quando bem alimentados pelas precipitações, como é o caso. Por conta destas características é de se esperar que a vazão específica da bacia cresça de montante para jusante, ainda que de forma moderada, mas não insignificante.

Quanto à demanda de água relativa a outros usos são apresentados os valores estimados para as bacias do Jacuípe e Joanes de acordo com a publicação do IICA / INEMA cujo título é Revisão do Balanço Hídrico do Plano Estadual de Recursos Hídricos, editada em 2012. No referido estudo, estas demandas são apresentadas de forma global por unidade de balanço – UB – unidade básica sobre a qual foram estimadas as demandas e disponibilidades. A bacia do Jacuípe é parte integrante da U.B. Bacias dos Rios Joanes e Jacuípe. A extensão territorial desta unidade de balanço, segundo a publicação é de 3.018 km² e engloba, além destes dois rios que dão nome à U.B., outros de menor porte com bacias adjacentes a estas duas.

Não há uma definição clara das coordenadas onde se encontram as demandas dentro de uma UB e os valores correspondem a um valor global estimado para toda sua área. De acordo com esta publicação, as informações de demandas para outros usos que não o abastecimento humano, identificados para estas bacias, estão apresentadas no **Quadro 2. 9**.

Quadro 2. 9 - Demandas estimadas para outros usos que não o abastecimento humano

TIPO DE DEMANDA	DEMANDA NA UNIDADE DE BALANÇO JACUIPE E JOANES		
	m ³ /ano	m ³ /s	L/s
Industrial	10.299.205	0,327	326,59
Dessedentação Animal	1.863.247	0,059	59,08
Irrigação	2.383.891	0,076	75,59
Piscicultura	27.375	0,001	0,87

Fonte: IICA / INEMA

A demanda para indústria foi estimada a partir de dados de outorga disponibilizados pelo INEMA para aquele estudo. Para o abastecimento animal foram considerados dados dos diversos tipos de rebanho discriminados no Censo Agropecuário de 2006 com crescimento estimado pela taxa de crescimento obtida pela evolução do rebanho bovino no período 1995 / 1996 a 2006 a partir dos respectivos censos. Aplicando-se consumos *per capita* diários adotados no referido estudo para cada tipo de rebanho foi possível estimar os valores da demanda para este tipo de consumo, conforme **Quadro 2. 10**.

Quadro 2. 10 - Demanda *per capita* por tipo de rebanho

TIPO DE REBANHO	CONSUMO DIÁRIO	
	m ³ /dia	L/dia
Bovinos	0,0500	50,0
Bubalinos	0,0500	50,0
equinos, assininos e muas	0,0450	45,0
Caprinos	0,0080	8,0
Ovinos	0,0080	8,0
Suínos	0,0150	15,0
Aves	0,0002	0,2

Fonte: IICA / INEMA

Para a estimativa da demanda para a irrigação, a publicação adotou um procedimento de cálculo que considerou as outorgas existentes, para se ter uma idéia da extensão da área irrigada na bacia. Considerou ainda que parte da demanda gerada pela ETP é atendida por parte da precipitação local e que o uso se daria ao longo de 245 dias por ano. Explicita o estudo que, a falta de cadastro das áreas irrigadas e a existência de usos para a irrigação não outorgados, levam a crer que a demanda real supere o valor estimado, mas não se reporta em quanto este aumento deve ser estimado.

2.2.3 Avaliações Hidrológicas

As avaliações hidrológicas em questão têm como objetivo estimar a vazão regularizada do reservatório em estudo à luz das condições atuais, comparando com as expectativas formadas em oportunidades anteriores em que este empreendimento foi avaliado hidrológicamente.

Particularmente no que se refere ao reservatório da Barragem de Santa Helena, situada no rio Jacuípe, a única estação fluviométrica com medições de vazão neste curso de água, em período mais recente e sem falhas é a de Mata de São João. A estação de Emboacica já não opera mais desde a construção da barragem e a de São Sebastião do Passé possui muitas falhas de medição na atualidade. Desta forma, a avaliação esperada do reservatório sobre cenário mais recente somente pode ser feita a partir de estimativas de vazão e este procedimento é apresentado posteriormente.

Avaliações da capacidade de regularização do reservatório de Santa Helena, como anteriormente citado, foram realizadas em pelo menos três oportunidades. A mais antiga é relativa ao projeto da obra e é anterior a 1976 e estabelece o valor de 6,75 m³/s. Naquela oportunidade foi considerado que o nível útil máximo corresponderia à cota 20,0 m com nível mínimo operacional na cota 17,0 m, valor este estabelecido em função do ponto de captação da EMBASA.

Entre os anos de 1996 e 1998, antes da reconstrução desta barragem, dois estudos foram realizados e em ambos foram efetuadas estimativas da vazão regularizada considerando dados mais recentes do que aqueles utilizados no projeto de 1976. Estes estudos foram o Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de Salvador, elaborado pela Hydros Engenharia e os Estudos de Definição do Reaproveitamento do Potencial Hídrico do Rio Jacuípe, elaborado pela Geohidro.

Estes dois estudos usaram procedimentos distintos para alcançar os valores referidos, todavia ambos se desenvolvem a partir dos mesmos princípios e na mesma base metodológica, estabelecida a partir de um balanço hídrico entre os aportes de água ao reservatório e as retiradas para consumo, restituição e as perdas por evaporação. Uma breve descrição e comentários sobre cada um das avaliações efetuadas nos dois referidos estudos, no que se refere especificamente à capacidade de regularização do reservatório da Barragem de Santa Helena, são apresentados a seguir.

Os Estudos de Definição do Reaproveitamento do Potencial Hídrico do Rio Jacuípe desenvolvido pela Geohidro para a Copene e com acompanhamento da EMBASA, realizado em 1996, utilizou o modelo Cascata, desenvolvido por Eduardo Lanna. Este modelo parte da seguinte equação básica de balanço de massas no reservatório ao longo de um mês I:

$$\text{ARMAZ}(I+1) = \text{ARMAZ}(I) + \text{DEFLU}(I) - \text{DESC}(I) \cdot X - \text{QMIN}(I) - \text{EVAPO}(I) - \text{VERT}(I)$$

onde:

ARMAZ(I+1) é o armazenamento no início do período subsequente;

ARMAZ(I) é o armazenamento no início do período;

DEFLU(I) é o volume afluente ao reservatório ao longo do período, calculado em função da vazão do rio que alimenta o reservatório;

DESC(I)*X é o volume retirado do reservatório ao longo do período para atendimento das demandas;

QMIN(I) é o volume descarregado para o trecho de jusante do reservatório ao longo do período;

EVAP(I) é o volume referente à evaporação descontada da chuva sobre a superfície do lago durante o período; e

VERT(I) é o volume vertido pelo extravasor (quando houver) ao longo do período.

Merecem ainda destaque os seguintes fatos:

- a expressão $DESC(I)*X$ corresponde ao volume anual de consumo, DESC, multiplicado pela percentagem de consumo, X, estabelecida para um determinado mês. Este artifício permite a simulação de consumos diferenciados ao longo dos diversos meses. Para consumo constante durante todos os meses X é constante;
- o armazenamento apresenta um limite superior correspondendo ao volume estimado o nível de água atinge a cota da soleira do vertedor (ou outro elemento de controle) e, inferior, quando atinge o nível mínimo operacional estabelecido;
- o volume de operação é obtido a partir de um processo iterativo que progressivamente estima a área do espelho d'água ao final do período, uma vez que ele depende da própria evaporação, entre outros fatores e, portanto não é conhecido no início do período;
- a relação entre volume armazenado e área do espelho d'água se faz através de uma função que relaciona estas duas variáveis.

A expressão que representa esta função é obtida por ajuste numérico entre valores estimados para a área e o volume correspondente a uma determinada altura de água no reservatório.

Portanto, os dados de entrada relativos às características do reservatório e demais fatores intervenientes para a simulação são: os elementos referentes à geometria do reservatório (relações entre cota, área e volume e limites da faixa de variação da cota), as vazões afluentes, uma lei de consumo, estimativas da evapotranspiração local, uma vazão de consumo e uma vazão mínima de restituição para jusante.

O modelo Cascata opera a partir de simulações que permitem estabelecer o volume mínimo necessário à regularização de uma determinada vazão, dentro do nível de atendimento desejado. Para tanto, identifica diversos pares do tipo volume de regularização e vazão máxima por ele regularizada. Com estes pares, o modelo estabelece, por ajuste numérico, uma curva de regularização que associa volumes do reservatório à vazão regularizada. Com esta curva e conhecida a capacidade útil máxima do reservatório fica estabelecida a vazão regularizável que se busca identificar.

Já na Revisão e Atualização do Plano Diretor do Sistema de Abastecimento da Grande Salvador, elaborado pela Hydros, foi realizado balanço hídrico apoiado em expressão praticamente idêntica, todavia os cálculos foram apresentados a partir de uma planilha eletrônica e não do modelo Cascata. Nesta planilha possui praticamente as mesmas demandas de informação para que possam ser desenvolvidos os cálculos. A estratégia de avaliação das retiradas por evaporação se apoia também em processo iterativo que funciona, conceitualmente, de forma praticamente idêntica, todavia, as correspondências entre volume do reservatório e área do espelho d'água passam pela identificação do nível de água do reservatório e não se faz de forma direta, como no Cascata, que usa de uma relação matemática entre ambos. A identificação da vazão regularizável se faz a partir da constatação da maior vazão de consumo capaz de ser atendida pelo reservatório, dentro do nível de falhas estabelecido.

Um aspecto comum tratado em ambos os estudos foi a avaliação da vazão regularizada considerando o nível mínimo operacional na cota 17,0 m e a alternativa de se transferir este nível para a cota 10,0 m. O **Quadro 2.11** a seguir apresenta os valores estimados, em cada um destes estudos, para 100% de permanência considerando cada uma das cotas mínimas operacionais.

Quadro 2. 11 - Vazão regularizada com 100% de permanência em Santa Helena estimada em estudos anteriores (m³/s)

ESTUDO	PERÍODO DA SIMULAÇÃO	NÍVEL MÍNIMO OPERACIONAL	
		17,0 m	10,0 m
GEOHIDRO	01/1956 a 12/1994	6,532	8,815
HYDROS	08/1956 a 12/1971	7,900	9,420

Pode ser verificado que os estudos fizeram suas estimativas associadas a períodos não coincidentes e que os valores a que chegaram são relativamente próximos.

Além da diferença dos períodos que alimentaram o tratamento matemático aplicado nos dois estudos, as particularidades operacionais dos partidos metodológicos que representam processos hidrológicos proporcionam a obtenção de valores que não sejam iguais. Isto se deve à grande dificuldade de se representar, a partir de funções matemáticas, as relações quantitativas entre grandezas que possuem natural variabilidade espacial e temporal, como é o caso das variáveis hidrológicas. Além disto, as funções escolhidas são estabelecidas a partir das variáveis independentes mais significativas no processo e são desconsideradas outras, que também guardam algum tipo de influência, mas que a elas se atribui menor efeito sobre o processo estudado.

Além deste comportamento natural associado às avaliações quantitativas dos processos hidrológicos, podem ser observadas diferenças entre alguns elementos utilizados na alimentação das etapas de cálculo realizadas em cada um deles. Entre estas diferenças, foram destacadas para análise neste estudo, aquelas consideradas mais importantes.

Vale destacar que, além da comparação entre dois procedimentos distintos utilizados nos estudos anteriores, a análise subsequente apresenta também o critério que foi empregado na aplicação na modelagem matemática utilizada neste plano, uma vez que esta seleção se apoia exatamente nos elementos que são considerados na análise comparativa efetuada.

O primeiro aspecto diz respeito aos valores da evapotranspiração (ou evaporação) mensal utilizada para a estimativa das perdas por evaporação no reservatório. O estudo da Hydros utilizou dados estimados para Salvador. No relatório consultado não foi encontrada a forma como estes valores foram gerados, se a partir de estimativas por fórmulas ou por medição em estação climatológica. Não há também citações de qual metodologia empregada (no caso do uso de fórmula) ou tipo de equipamento (no caso de medição em estação). Na observação da planilha de cálculo que consta dos relatórios, não foi utilizado nenhum fator de multiplicação destes valores, o que faz supor que eles não foram medidos a partir de tanques, pois é uma prática usual esta multiplicação para compensar as diferenças de comportamento provocadas pela diferença de temperatura que acontecem nas massas de água decorrentes dos diferentes volumes envolvidos nos tanques (muito pequenos e em consequência disto, se aquecem mais facilitando as perdas por evaporação) e nos reservatórios de barragens (bem maiores e que conseguem manter menor temperatura da água). Os valores utilizados naquele estudo totalizam 1367,0 mm/ano.

Já o estudo elaborado naquela oportunidade pela Geohidro, os valores utilizados são encontrados nas planilhas que apresentam as sínteses das diversas aplicações do modelo Cascata. Nelas podem ser observados os dados de entrada e as saídas resultantes das simulações efetuadas. Nos diversos relatórios do Cascata, os valores das taxas de evaporação totalizam 1555,8 mm/ano. Neste trabalho foi aplicado um coeficiente de correção de 0,9 a ser aplicado a cada mês, o que reduz o valor utilizado nos cálculos, levando o total anual para 1400,2 mm/ano. Este procedimento faz crer que os valores básicos são referentes à medições em tanques. Não foram encontradas, nos relatórios analisados, referências à metodologia de obtenção dos valores nem quanto ao local a que se referem.

No presente estudo não foram adotados nenhum dos dois valores anteriores. O que foi empregado são os valores de potencial de evapotranspiração do ar (ETP), estimados para as coordenadas de Santa Helena,

pelo método de Hargreaves já comentado e apresentado anteriormente. Por não se tratar de valores medidos em tanque, não foram aplicados coeficientes de correção a estes valores.

O **Quadro 2. 12** apresenta os valores utilizados neste estudo (com destaque de cor) assim como aqueles referentes aos dois trabalhos anteriores e uma comparação gráfica destes indicadores, **Figura 2. 6**.

Quadro 2. 12 - Estimativas da Evaporação

MESES	GEOHIDRO (1996) S/ CORREÇÃO	GEOHIDRO (1996) C/ CORREÇÃO	HYDROS (1998)	PARMS (2014)
JAN	159,0	143,1	132,0	164,8
FEV	140,2	126,2	119,0	147,6
MAR	144,5	130,1	126,0	148,3
ABR	120,6	108,5	113,0	114,3
MAI	107,3	96,6	107,0	98,7
JUN	93,5	84,2	89,0	85,0
JUL	100,4	90,4	98,0	93,9
AGO	119,4	107,5	111,0	116,3
SET	132,0	118,8	108,0	121,7
OUT	149,8	134,8	115,0	152,0
NOV	140,4	126,4	121,0	149,8
DEZ	148,7	133,8	128,0	161,4
ANUAL	1.555,8	1.400,2	1.367,0	1.553,8

Fonte: GEOHIDRO (1996); HYDROS (1998); PARMS (2014)

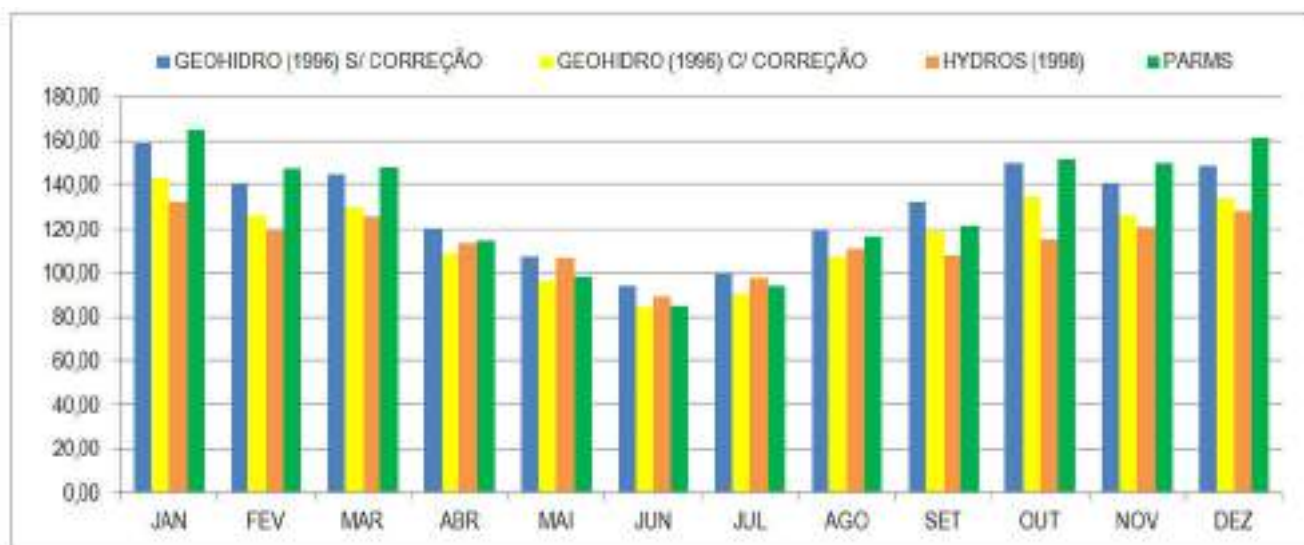


Figura 2. 6 - Comparação gráfica das estimativas da Evaporação

Fonte: contruída pela Geohidro (2014) com base nos elementos dos estudos citados

Outro elemento diz respeito à geometria do reservatório, em particular, as relações entre altura do nível da água no reservatório, os volumes armazenados e as áreas da superfície exposta à evaporação.

Os estudos realizados em 1996 e 1998 tomaram como base os seguintes elementos representantes destas variáveis, apresentados no **Quadro 2. 13**.

Quadro 2. 13 - Área e volume em função da altura, no reservatório de Santa Helena utilizados nos estudos de 1996 e 1998

COTA (m)	AREA (ha)	VOLUME (hm³)
0	0	0,00
1	20	1,00
2	100	2,00
3	160	3,00
4	220	5,00
5	280	7,50
6	360	10,00
7	440	15,00
8	520	20,00
9	620	27,00
10	740	35,00
11	860	44,00
12	1000	55,00
13	1170	67,00
14	1360	80,00
15	1670	98,00
16	2010	114,00
17	2380	133,00
18	2800	158,50
19	3200	193,00
20	4030	240,60

Uma primeira análise que agora se apresenta diz respeito aos valores que constam desta tabela, apresentada nos dois trabalhos referidos. Tomando como ponto de partida estas mesmas informações, mas considerando exclusivamente as cotas e as respectivas áreas esperadas da superfície do lago é possível estimar os acréscimos de volume entre duas cotas sucessivas e com estes dados, estimar o volume total contido no reservatório para cada cota considerada. Este procedimento foi realizado e os resultados comparados com as estimativas de volume do quadro anterior. O **Quadro 2. 14** seguinte apresenta estes elementos.

Quadro 2. 14 - Comparação entre volumes calculado e informado

COTA (m)	ÁREA INFORMADA		VOLUME CALCULADO (m³)		VOLUME INFORMADO		DIFERENÇA RELATIVA
	(ha)	(m²)	Variação	Acumulado	(hm³)	(m³)	
0	0	0	0	0	0,00	0	0
1	20	200.000	66.667	66.667	1,00	1.000.000	-93,3%
2	100	1.000.000	600.000	666.667	2,00	2.000.000	-66,7%
3	160	1.600.000	1.300.000	1.966.667	3,00	3.000.000	-34,4%
4	220	2.200.000	1.900.000	3.866.667	5,00	5.000.000	-22,7%
5	280	2.800.000	2.500.000	6.366.667	7,50	7.500.000	-15,1%
6	360	3.600.000	3.200.000	9.566.667	10,00	10.000.000	-4,3%
7	440	4.400.000	4.000.000	13.566.667	15,00	15.000.000	-9,6%
8	520	5.200.000	4.800.000	18.366.667	20,00	20.000.000	-8,2%
9	620	6.200.000	5.700.000	24.066.667	27,00	27.000.000	-10,9%
10	740	7.400.000	6.800.000	30.866.667	35,00	35.000.000	-11,8%
11	860	8.600.000	8.000.000	38.866.667	44,00	44.000.000	-11,7%
12	1000	10.000.000	9.300.000	48.166.667	55,00	55.000.000	-12,4%
13	1170	11.700.000	10.850.000	59.016.667	67,00	67.000.000	-11,9%
14	1360	13.600.000	12.650.000	71.666.667	80,00	80.000.000	-10,4%
15	1670	16.700.000	15.150.000	86.816.667	98,00	98.000.000	-11,4%
16	2010	20.100.000	18.400.000	105.216.667	114,00	114.000.000	-7,7%
17	2380	23.800.000	21.950.000	127.166.667	133,00	133.000.000	-4,4%
18	2800	28.000.000	25.900.000	153.066.667	158,50	158.500.000	-3,4%
19	3200	32.000.000	30.000.000	183.066.667	193,00	193.000.000	-5,1%
20	4030	40.300.000	36.150.000	219.216.667	240,60	240.600.000	-8,9%

Pode ser observado que existem diferenças, sempre a menor, entre os valores calculados pelo procedimento usual e os informados nos dois estudos. Se for considerada a faixa de alturas entre 10 m e 20 m que é a que corresponde ao volume útil máximo estudado, o erro médio é de -9,0%. Não há referências em nenhum dos dois trabalhos de como foram obtidos os valores dos volumes.

Outro quadro apresenta outra perspectiva de comparação passível de ser feita a partir dos valores de área e volume informados para cada altura. É possível estimar a variação de volume entre duas cotas consecutivas a partir de dois procedimentos, considerando os dados informados. O primeiro procedimento é o da multiplicação da diferença de cotas pela área média avaliada para os extremos da faixa de variação da altura. O segundo é pela simples subtração entre os volumes acumulados entre duas cotas subsequentes. A **Figura 2. 7** apresenta os resultados obtidos a partir destas duas sistemáticas para as cotas entre 10,0 m e 20,0 m, escolhidas por ser entre estes níveis operacionais que se apresentam todos os cenários simulados, portanto, os de maior interesse neste estudo.

Cota	Área informada (m ²)	Variação de volume entre cotas		Volume total informado (m ³)
		Calculado a partir das áreas informadas	Calculado pela diferença dos volumes totais	
Esquema de cálculo	A_i $\Delta h \cdot (A_i + A_{i+1}) / 2$ A_{i+1}	$\Delta h \cdot (A_i + A_{i+1}) / 2 \leftrightarrow V_{i+1} - V_i$ valores a serem comparados		V_i V_{i+1}
10	7.400.000	8.000.000	9.000.000	35.000.000
11	8.600.000	9.300.000	11.000.000	44.000.000
12	10.000.000	10.850.000	12.000.000	55.000.000
13	11.700.000	12.650.000	13.000.000	67.000.000
14	13.600.000	15.150.000	18.000.000	80.000.000
15	16.700.000	18.400.000	16.000.000	98.000.000
16	20.100.000	21.950.000	19.000.000	114.000.000
17	23.800.000	25.900.000	25.500.000	133.000.000
18	28.000.000	30.000.000	34.500.000	158.500.000
19	32.000.000	36.150.000	47.600.000	193.000.000
20	40.300.000			240.600.000

Figura 2. 7 - Comparação entre variação de volume entre cotas, obtidos por dois procedimentos distintos a partir dos dados informados

Os resultados obtidos mostram que para as cotas entre 10,0 m e 20,0 m é possível encontrar valores distintos a depender do procedimento utilizado. Além disto, para algumas faixas de cotas a variação de volume obtida pelo segundo procedimento, necessita uma área média superior a que é informada para a cota mais elevada. A ocorrência desta situação não corresponde a um comportamento topográfico que normalmente pode se esperar nos terrenos. Estão assinalados por cor os casos onde isto pode ser observado.

No estudo da Hydros, as curvas cota x área e cota x volume foram estabelecidas dentro de uma mesma estratégia a seguir descrita. Um valor intermediário foi obtido por interpolação linear entre os dois valores conhecidos para os limites da faixa de altura em que ele se encontra. Desta maneira, eventuais incoerências existentes entre os dados informados são incorporadas nas avaliações.

No que se refere ao modelo Cascata aplicado pela Geohidro, utilizou-se uma expressão que permitiu estimar a área do espelho d'água a uma dada altura em função do volume armazenado para esta mesma altura. Esta prática pode acarretar certa incoerência entre os valores calculados por esta função e os que seriam

estimados a partir de uma função individualizada para cada relação quantitativa (área em função da cota e volume em função da cota). A **Figura 2. 8** faz uma comparação entre os resultados do valor a que se chegou da área relacionada ao volume de 158,5 hm³ partindo-se de um caminho em duas etapas (volume implica em cota que implica em área) ou em uma etapa (volume implica em área).

Procedimento	Vol (hm3)	Vol (m3)		H		A (m2)	A (km2)
Em duas etapas	158,5	158.500.000	$H = f(Vol) \rightarrow$	18,477	$A = f(H) \rightarrow$	30.700.539	30,701
Em uma única etapa	158,5		$A = f(Vol) \rightarrow$			27.537.571	27,538

Figura 2. 8 - Comparando relações quantitativas entre cotas, áreas e volumes

Os resultados evidenciam as diferenças decorrentes da estratégia utilizada.

Há ainda outro fato a ser considerado. Informações obtidas no INEMA e repassadas a esta entidade pela EMBASA estabelecem outros referenciais para as correspondências entre cotas, áreas e volumes relativos ao reservatório da Barragem de Santa Helena. A seguir, na **Figura 2. 9** são apresentadas as informações originadas nestas fontes.

cota m	área m ²	volume parcial m ³	volume acumulado m ³	volume acumulado hm ³	área km ²
1,00	0	0	0	0,00	0,00
6,00	3.200.000	5.000.000	7.000.000	7,00	3,20
8,00	5.900.000	4.700.000	15.600.000	15,60	5,90
10,00	8.900.000	8.400.000	30.200.000	30,20	8,90
11,00	10.600.000	9.200.000	39.400.000	39,40	10,60
12,00	12.200.000	10.500.000	49.900.000	49,90	12,20
14,00	15.200.000	30.900.000	80.800.000	80,80	15,20
15,00	16.700.000	17.200.000	98.000.000	98,00	16,70
16,00	20.100.000	5.300.000	115.300.000	115,30	20,10
17,00	23.800.000	6.000.000	133.000.000	133,00	23,80
18,00	28.000.000	11.500.000	162.500.000	162,50	28,00
19,00	32.800.000	10.000.000	193.000.000	193,00	32,80
20,00	40.300.000	2.500.000	241.000.000	241,00	40,30
obs dados interpolados					

Figura 2. 9 - Relações entre cotas, áreas e volumes em Santa Helena

Fonte: INEMA, 2014, EMBASA, 2014

Pode ser observado, em comparação com os valores anteriores da **Figura 2. 7**, que os valores de área para cotas igual ou superior a cota 15,0 m são exatamente iguais. Para valores inferiores a 15,0 m existem diferenças, mas, de certa forma, discretas. Os volumes são diferentes e, se submetidos às mesmas análises realizadas para os dados anteriores, pode-se constatar um ajuste melhor entre os volumes calculados pelo produto da área média pela altura e os valores informados, embora diferenças persistam.

Por conta de todos os aspectos observados, para este estudo foi estabelecido o seguinte procedimento:

- adotados os valores das áreas informadas pelos dados mais atuais (informados pelo INEMA/EMBASA, 2014);
- calculadas as variações de volume entre cotas a partir do produto entre a área média e o desnível entre elas;
- calculado o volume total a partir da soma dos incrementos de volume;
- ajustada uma função do tipo potencial relacionando $Vol = f(H)$.

A expressão obtida com este procedimento foi:

- **$Vol (m^3) = 35589.H^{2,9179}$ com H em metros.**

O gráfico da **Figura 2. 10** mostra a comparação entre as curvas obtidas com os valores calculados pelo procedimento anteriormente descrito com a que pode ser obtida partindo dos volumes informados. É possível observar a discreta diferença entre elas e os elevados valores dos coeficientes de correlação associados às respectivas regressões.

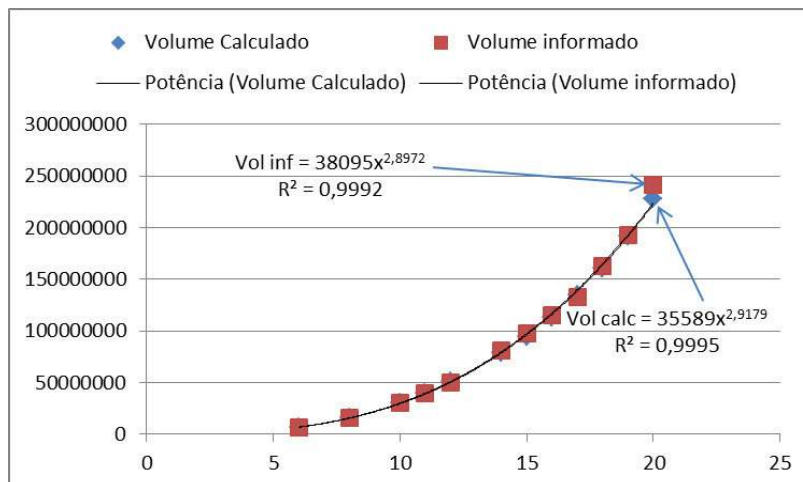


Figura 2. 10 - Curva cota x volume

Para a curva cota x área, a expressão obtida partiu apenas dos pares correspondentes a cotas iguais ou superiores a 14 m uma vez que foi nesta condição que se obteve o melhor ajuste. Foi também decisivo nesta escolha o fato de que as simulações estão variando o comportamento do reservatório exatamente para as cotas mais altas (entre as cotas 10,0 m e 20,0 m ou entre as cotas 17,0 m e 20,0 m) sendo importante que o ajuste neste ramo da curva seja o melhor possível e, quando tomado cota variando desde 1,0 m a 20,0 m o coeficiente de correlação obtido é mais baixo e o ajuste da curva é de menor qualidade exatamente na parte da curva associada às cotas mais elevadas.

A expressão utilizada nas simulações, inclusive para cotas inferiores a 14 m, foi a que a seguir se apresenta, com a altura H em metro e a área A em m²:

- **$A = 9820,6.H^{2,7593}$**

O ajuste obtido com esta expressão para a relação entre área e cota está apresentado na **Figura 2. 11**.

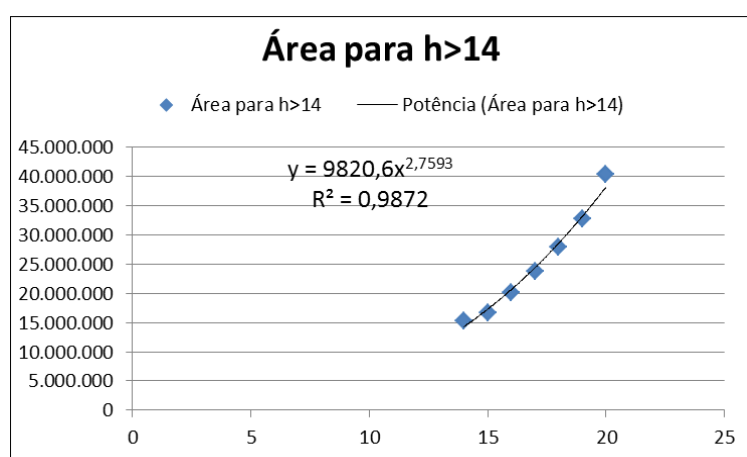


Figura 2. 11 - Curva cota x área

Outro elemento de análise sobre os estudos existentes e que refletiu sobre decisões acerca do procedimento adotado neste plano diz respeito aos dados de vazão que alimentam o balanço hídrico realizado para a avaliação da vazão regularizada. Os estudos da Geohidro (1996) e da Hydros (1998) fizeram densa análise dos dados fluviométricos das estações existentes sobre o rio Jacuípe e com significado para a definição da

capacidade de regularização de vazões em Santa Helena. As estações existentes e outras informações sobre elas já foram referidas anteriormente neste próprio item do relatório.

Os estudos realizados entre 1996 e 1998 avaliaram os dados disponíveis, verificaram a confiabilidade dos mesmos. O interesse daquelas análises foi oportunizar avaliar o comportamento do reservatório com dados que pudessem representar as vazões do rio Jacuípe, em Santa Helena, em período posterior ao da construção da barragem, portanto, sem informações da estação de Emboacica. Esta estação, como já citado anteriormente, foi a que serviu de base para os primeiros estudos de Santa Helena por conta da sua grande proximidade em relação ao eixo da barragem. Com a implantação da obra, a estação deixou de operar. Por conta disto, foi necessário estabelecer um procedimento para estimar as vazões do rio no local do reservatório que se estudava. A estratégia utilizada em ambos os casos, e que se mostrou adequada, foi a de gerar vazões em Santa Helena a partir dos dados medidos na estação de Mata de São João. No estudo da Hydros, o período utilizado nas avaliações foi de agosto de 1956 a dezembro de 1971. Já o estudo desenvolvido pela Geohidro, naquela oportunidade, utilizou o período de janeiro de 1956 a dezembro de 1994.

Da mesma forma, o plano que neste momento se desenvolve, passados mais de quinze anos de realizados os referidos trabalhos, necessita também efetuar avaliação semelhante, para períodos ainda mais recentes. A dinâmica das ações antrópicas na bacia, as tendências mais atuais do regime de precipitações e mesmo a oportunidade de considerar novos cenários observados de vazão na bacia, justificam esta necessidade.

Nos dois estudos anteriores, os dados das estações de Mata de São João e de Emboacica foram devidamente avaliados e conclui-se pela confiabilidade dos mesmos. No presente estudo, as mesmas estações se destacam como referências para estimar o regime de vazões mais recentes em Santa Helena, sendo considerado que seus dados poderiam ser utilizados sem comprometer a qualidade dos resultados.

Como já citado, existem dados em Mata do São João no período de agosto de 1955 a julho de 2009. Destes, segundo o banco de dados da ANA, não são consistidos os referentes ao período de 2006 a 2009, sendo que ainda neste mesmo período existem muitas falhas. O **Quadro 2. 15** apresenta os dados do rio Jacuípe na estação de Mata de São João.

Quanto à estação situada no mesmo rio em Emboacica possui apenas os dados apresentados no **Quadro 2. 16**, todos eles consistidos.

Quadro 2. 15 - Dados fluviométricos do rio Jacuípe em Mata de São João (50840000) – em m³/s

NÍVEL DE CONSISTÊNCIA	ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIAS ANUAIS
2 - Consistido	1955								2,98	2,43	0,70	9,77	5,19	
	1956	0,22	0,27	0,38	4,50	16,00	7,33	24,10	22,70	7,13	5,22	34,10	15,90	11,488
	1957	8,25	1,67	15,30	22,10	18,50	18,50	14,70	9,06	4,34	2,00	0,96	0,73	9,676
	1958	1,68	5,69	8,82	7,27	13,60	21,50	17,50	2,91	2,27	2,91	2,16	0,52	7,236
	1959	0,71	0,41	0,55	0,28	1,47	3,12	11,70	5,36	2,49	0,42	0,20	0,16	2,239
	1960	0,95	3,58	27,70	15,10	57,60	47,00	23,80	6,19	5,83	0,76	3,90	0,26	16,056
	1961	0,27	0,27	0,23	9,81	2,55	16,40	9,14	2,53	0,51	0,20	0,12	0,13	3,512
	1962	0,26	0,10	2,16	1,11	5,07	6,13	13,70	3,26	0,37	0,17	10,30	0,37	3,582
	1963	0,15	11,30	0,36	1,05	35,60	8,55	8,31	1,50	0,23	0,11	0,17	17,80	7,094
	1964	17,30	6,06	19,50	39,30	51,20	16,80	25,10	25,10	5,44	6,65	7,68	8,58	19,059
	1965	2,51	1,10	0,83	5,41	3,61	11,60	5,19	6,17	1,80	2,32	1,84	1,01	3,616
	1966	0,36	1,08	1,54	14,20	22,60								
	1967							11,00	2,84	5,99	1,64	7,78	5,32	
	1968	3,84	16,60	23,60	9,17	37,40	41,90	11,00	5,33	4,94	3,65	9,19	13,50	15,010
	1969	1,86	9,10	17,90	11,40	34,70	19,90	11,60	4,64	2,45	1,76	1,25	6,87	10,286
	1970	7,51	1,82	1,67	1,29	1,39	2,41	6,64	7,07	0,71	0,91	7,20	1,20	3,318
	1971	0,78	0,59	0,28	4,41	17,60	14,40	25,30	4,78	8,09	2,72	1,81	0,71	6,790
	1972	0,99	1,39	0,59	1,14	13,80	13,90	3,95	3,53	2,42	1,32	0,85	0,58	3,704
	1973	0,43	0,33	2,25	3,16	12,70	30,40	11,00	3,67	12,30	14,70	9,77	6,92	8,968
	1974	2,26	5,01	6,04	6,29	49,80	18,80	11,00	4,62	3,17	2,19	6,58	2,19	9,829
	1975	1,16	2,05	1,87	18,60	26,50	16,30	16,80	13,70	14,20	2,99	1,93	2,08	9,848
	1976	1,66	2,18	1,24	1,39	1,54	1,21	1,81	1,50	1,66	6,69	1,41	1,67	1,997
	1977	1,61	1,38	1,59	2,27	14,90	13,60	5,54	1,72	1,27	14,90	1,45	2,93	5,263
	1978	3,86	2,12	4,46	6,31	20,00	9,08	6,03	4,49	1,89	1,28	5,33	2,10	5,579
	1979	3,56	1,71			2,30	9,72	7,38	1,51	1,22	0,69	0,63	0,67	
	1980	1,01	4,60	2,48	0,56	1,11	2,69	2,04	1,06	1,86	1,02	7,14	0,71	2,190
	1981	0,40	0,36	7,58	13,00	3,14	3,33	12,70	1,59	0,77	0,44	0,45	0,29	3,671
	1982					8,73	27,70	4,86	1,64	12,70	12,00	0,92	0,22	
	1983		1,82		2,78			1,11	4,48	0,95	0,85	1,08		

cont.

Continuação do Quadro 2. 15 - Dados fluviométricos do rio Jacuípe em Mata de São João (50840000) – em m³/s

NÍVEL DE CONSISTÊNCIA	ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIAS ANUAIS
2 - Consistido	1984				20,10	10,70	5,12	3,05	3,13	7,00	0,63	0,73		
	1985				11,40	25,80	10,40	20,70	14,80	2,99	2,65			
	1986	2,59	1,90	3,41	13,80	9,63	9,11	9,07	2,41	4,07	4,01	16,30	5,71	6,834
	1987	1,67	1,27	1,33	2,37	5,28	11,00	8,77	1,71	1,40	0,90	0,89	0,93	3,127
	1988	2,57	0,72	2,11	4,27	9,88	17,38	19,22	7,97	3,30	2,17	2,17	16,19	7,329
	1989	1,76	1,45	2,42	17,68	17,68	40,41	28,31	18,13	8,74	4,55	5,78	34,53	15,119
	1990	5,06	2,81	2,35	2,11	2,42	5,15	3,67	3,30	2,74	4,30	2,81	4,30	3,418
	1991	1,99	1,60	1,55	2,48	2,48	2,48	5,78	4,30	3,23	1,45	1,25	1,11	2,475
	1992	1,02	5,69	2,23	1,25	0,94	1,82	4,80	2,61	1,45	0,86	0,63	0,94	2,020
	1993	0,50	0,35	0,30	0,27	0,98	2,35	0,63	3,45	0,70	1,66	0,47	0,27	0,994
	1994	0,14	0,14	0,27	7,35	5,15	7,66	21,14	2,23	2,11	2,17	0,53	0,32	4,101
	1995	0,20	0,16	0,38	0,86	3,23	5,50	3,52	1,16	0,67	0,27	1,00	1,30	1,522
	1996	0,44	0,53	0,30	9,14	6,81	21,27	3,90	3,50	3,90	1,49	2,89	3,05	4,767
	1997	0,78	2,32	11,88	10,59	10,72	8,10	5,70	3,18	1,03	1,20	0,71	0,35	4,714
	1998	0,22	0,38	0,20	0,47	1,54	5,13	13,08	3,90	1,34	0,86	0,82	0,30	2,354
	1999	0,25	0,30	0,27	0,31	12,81	6,81	5,80	20,12	2,60	3,42	14,19	5,13	6,000
	2000	2,30	1,58	2,60	7,66	18,21	10,35	10,85	13,35	9,61	5,22	2,39	2,13	7,187
	2001	0,98	0,64	1,07	1,03	1,03	2,96	4,32	6,39	14,76	7,66	1,34	0,75	3,578
	2002	8,31	2,86	1,16	1,71	12,06	10,31	9,15	8,89	9,09	9,53	5,46	5,36	6,991
	2003	5,13	4,54	4,97	5,67	25,82	19,91	16,53	7,79	8,92	3,13	2,97	2,58	8,997
	2004	13,35	3,46	1,89	0,94	0,99	8,64	4,00	5,96	3,50	3,94	3,90	3,54	4,510
	2005	3,01	5,89	4,29	8,14	17,28	21,68	20,69	4,96	4,19	4,18	4,12	3,91	8,528
1 – Não Consistido	2006	6,72	6,06	5,14	7,13	20,33	30,86		6,59	8,85	10,28	14,30	7,24	
	2007	5,85		11,98	5,46	16,74	22,64	7,35	8,88	7,35	7,21	6,65	5,75	
	2008	4,91	4,19	5,82	7,33	9,22	10,54	14,75	7,83	5,48	3,38	3,04	6,13	6,886
	2009	5,13	3,82	2,42	3,11		16,02	10,26						
Médias	NC2	2,575	2,634	4,407	7,053	14,059	13,103	10,728	5,983	4,135	3,149	4,231	4,070	6,385
	NC1	5,651	4,690	6,339	5,756	15,431	20,014	10,782	7,767	7,227	6,957	7,999	6,375	6,886
	Global	2,826	2,760	4,568	6,951	14,139	13,645	10,731	6,084	4,310	3,364	4,449	4,208	6,397

Fonte: Agencia Nacional de Água

Quadro 2. 16 - Dados fluviométricos do rio Jacuípe em Emboacica (50890000) – em m³/s

NÍVEL DE CONSISTÊNCIA	ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIAS ANUAIS
2 - Consistido	1961		3,380	3,930	7,630	4,770	25,200	11,800	8,690	2,730	2,530	2,800	1,910	
	1962					11,700	16,900	22,000	8,210	2,980	1,830	16,500	2,000	
	1963	1,270	15,300	2,650	3,670	49,200	16,200	19,300	5,460	2,600	1,910	2,540	22,200	11,858
	1964	29,500	12,700	38,700	61,500	67,500	42,300	42,100	49,900	18,500	21,000	21,700		
	1965	10,200	5,830	4,560	16,600	8,370	19,900	13,200						
	1966	0,855	2,400	3,960	25,300	29,200	30,800	35,500	20,900	17,400	17,300	14,600	17,500	17,976
	1967	6,260	5,980	6,600	26,300	44,000	41,200	47,300	12,300	19,800	5,290	10,500	2,540	19,006
	1968													
	1969	8,140	18,700	30,900	37,600	53,200	45,600	34,600	19,600	9,010	5,970	4,670	21,000	24,083
	1970	19,800	6,220	7,150	5,580	5,850	7,090	16,300	23,300	5,040	5,160	12,600	3,400	9,791
	1971	2,680	2,440	1,850	12,900	44,200	37,200	48,300	19,600	23,800	9,710	6,590	3,360	17,719
	1972	5,560	6,910	3,200	4,900	37,200	29,000	16,400	14,300	9,160	6,070	3,410	2,100	11,518
	1973	1,880	1,380	2,950	8,440	29,200	55,900	37,500	14,400	32,600	40,900	22,500	17,800	22,121
	1974	8,560	16,600	14,900	17,900	65,500	36,500	22,800	14,000	14,200	11,900	25,500	10,300	21,555
	1975	5,150	7,810	8,180	35,600	55,100	40,300	41,700	38,700	39,700	10,000	6,790	10,200	24,936
	1976	4,560	9,090	5,300	6,600	9,230	7,040	6,490	6,140	4,340	28,500	4,100	8,140	8,294
	1977	4,120	7,560	4,170	13,800	39,900	36,300	18,600	5,590	4,510	36,000	7,760	12,900	15,934
	1978	14,900	8,250	11,200	18,500	45,600	24,600	25,400	21,900	9,200	7,170	8,730	11,400	17,238
	1979	9,130	5,770	7,930	7,430	19,600	24,700	22,700	5,640	5,510	3,210	2,730	2,560	9,743
Médias	NC2	8,285	8,019	9,302	18,250	34,407	29,818	26,777	16,978	13,005	12,615	10,236	9,332	16,555

Fonte: Agencia Nacional de Água

A estratégia adotada foi a de gerar vazões médias mensais correspondentes a período mais recente a partir de correlação entre os dados das duas estações. Uma primeira decisão tomada foi a de estabelecer o período de janeiro de 1986 a dezembro de 2005 para representar o comportamento mais atual do rio e desta forma, estimar as vazões em Emboacica. Concorreram para esta escolha:

- neste período existem dados sem ocorrência de falhas em Mata de São João;
- preencher falhas em Mata de São João envolveria a utilização de dados da estação de São Sebastião do Passé, no mesmo rio;
- a vantagem de se utilizar maior quantidade de vazões para caracterizar a série atual seria compensada de forma negativa com valores gerados para Emboacica, a partir de valores também gerados em Mata de São João, fato que agrega maior insegurança na representatividade dos mesmos.

Uma segunda decisão foi definir a estratégia de geração dos dados a partir de expressões de regressão. Uma alternativa foi a de se estabelecer uma regressão para cada mês, outra, foi a de se estabelecer uma única regressão para todo o conjunto de dados. Ambos os procedimentos foram empregados e analisados os resultados para, então, ser efetuada a opção final.

Para a estratégia de uma expressão para cada mês o procedimento foi o seguinte:

- considerar o período de janeiro de 1961 a dezembro de 1979 como o que define os pares mensais de vazão;
- tomar como variável independente a vazão média mensal em Mata de São João e como variável dependente, a vazão média mensal em Emboacica;
- selecionar o tipo de lei matemática em função do melhor coeficiente de correlação encontrado entre os diversos tipos de função possíveis;
- analisar os valores encontrados buscando observar os valores obtidos que se mostraram inadequados;
- selecionar uma segunda função a partir do critério de segundo melhor coeficiente de correlação;
- reavaliar os valores (para um dado mês de um determinado ano) que se mostraram inadequados a partir da segunda função;
- verificar a adequação dos novos resultados.

Com este procedimento foi gerada a série havendo necessidade de se utilizar uma segunda equação de regressão apenas no mês de dezembro de 1989.

O **Quadro 2. 17** seguinte apresenta as expressões utilizadas, para cada mês, com os correspondentes valores dos coeficientes de correlação calculados para cada uma delas.

Quadro 2. 17 - Equações utilizadas para gerar vazões médias mensais em Santa Helena período janeiro 1986 a dezembro de 2005

MÊS	EQUAÇÃO	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO
Jan	$y = -0,1029x^2 + 3,4404x + 0,6610$	0,9671
Fev	$Y = 4,5273x^{0,6271}$	0,8155
Mar	$Y = -0,0078x^2 + 1,8982x + 2,3415$	0,9738
Abr	$Y = -0,0118x^2 + 1,9147x + 4,2866$	0,8741
Mai	$Y = -0,0194x^2 + 2,1451x + 5,5498$	0,9058
Jun	$Y = 4,7402x^{0,71}$	0,9008
Jul	$Y = 5,0309x^{0,7015}$	0,7018
Ago	$Y = -0,0838x^2 + 4,0774x + 0,0142$	0,9678
Set	$Y = -0,0462x^2 + 3,2273x + 1,7336$	0,9860
Out	$Y = -0,1089x^2 + 4,1631x + 0,7953$	0,9711
Nov	$Y = 5,1629x^{0,5064}$	0,8165
Dez	$Y = -0,0933x^2 + 2,7829x + 2,1373$	0,7067
	$Y = 4,5427\ln(x) + 6,3418$	0,6720

A série gerada a partir de múltiplas expressões mensais está apresentada posteriormente, sendo o valor destacado em amarelo o único que utilizou de expressão especial para o referido mês.

Usando uma única expressão para todos os meses do ano, o procedimento foi semelhante apenas com a alteração de não se separar informações por mês. Neste caso, foram geradas duas séries de vazões mensais em Santa Helena, uma utilizando uma lei do tipo potência e outra utilizando uma função polinomial do segundo grau. As expressões e respectivos coeficientes de correlação são apresentados no **Quadro 2. 18** a seguir.

Quadro 2. 18 - Expressões de regressão utilizadas para gerar dados em Santa Helena com uma única função para todo o ano

TIPO DE FUNÇÃO	EXPRESSÃO	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO
Potência	$Y = 4,8541x^{0,6759}$	0,8766
Polinomial do segundo grau	$Y = -0,0236x^2 + 2,3878x + 2,8850$	0,8944

Desta forma foram geradas três séries de vazões médias mensais representando o rio Jacuípe em Santa Helena no período de janeiro de 1986 a dezembro de 2005:

- uma utilizando múltiplas expressões, uma para cada mês;
- uma segunda utilizando uma única expressão do tipo potência para todos os meses do ano e
- uma terceira, utilizando uma única expressão do tipo polinomial do segundo grau para todos os meses do ano.

As séries geradas são a seguir apresentadas nos **Quadro 2. 19** ao **Quadro 2. 21**.

Quadro 2. 19 - Vazões geradas a partir de múltiplas expressões (uma para cada mês) – em m³/s

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA ANUAL
1986	8,88	6,77	8,72	28,46	24,41	22,75	23,63	9,35	14,10	15,74	21,22	14,99	16,59
1987	6,12	5,26	4,85	8,76	16,34	26,01	23,08	6,74	6,16	4,45	4,88	4,63	9,77
1988	8,84	3,68	6,31	12,25	24,85	35,99	40,01	27,20	11,88	9,31	7,64	22,74	17,56
1989	6,41	5,71	6,88	34,44	37,41	65,53	52,50	46,40	26,40	17,47	12,55	22,43	28,12
1990	15,43	8,65	6,77	8,27	10,62	15,17	12,52	12,55	10,23	16,68	8,71	12,38	11,50
1991	7,10	6,09	5,27	8,96	10,75	9,03	17,22	16,00	11,67	6,59	5,79	5,12	9,13
1992	4,08	13,47	6,53	6,67	7,55	7,25	15,12	10,08	6,31	4,29	4,09	4,67	7,51
1993	2,35	2,35	2,91	4,81	7,64	8,70	3,64	13,07	3,98	7,39	3,51	2,89	5,27
1994	1,16	1,35	2,86	17,71	16,08	20,11	42,78	8,69	8,33	9,31	3,74	3,03	11,26
1995	1,36	1,46	3,06	5,92	12,27	15,91	12,16	4,63	3,87	1,93	5,17	5,61	6,11
1996	2,15	3,06	2,91	20,80	19,25	41,55	13,07	13,24	13,62	6,75	8,83	9,75	12,91
1997	3,28	7,68	23,78	23,25	26,32	20,94	17,06	12,15	5,00	5,65	4,34	3,11	12,71
1998	1,43	2,47	2,72	5,19	8,80	15,14	30,54	14,64	5,98	4,30	4,68	2,96	8,24
1999	1,51	2,12	2,86	4,88	29,84	18,50	17,26	48,13	9,81	13,75	19,78	13,96	15,20
2000	8,03	6,03	7,22	18,26	38,17	24,90	26,78	39,52	28,49	19,57	8,03	7,63	19,39
2001	3,95	3,41	4,36	6,24	7,73	10,24	14,05	22,66	39,30	26,30	5,99	4,16	12,37
2002	22,14	8,76	4,54	7,53	28,60	24,85	23,77	29,63	27,25	30,58	12,20	14,37	19,52
2003	15,61	11,69	11,59	14,77	48,00	39,64	36,00	26,68	26,85	12,74	8,96	8,69	21,77
2004	28,25	9,86	5,91	6,08	7,65	21,92	13,30	21,33	12,48	15,50	10,29	10,82	13,62
2005	10,08	13,76	10,34	19,08	36,82	42,12	42,14	18,18	14,46	16,30	10,57	11,59	20,45
Média	7,91	6,18	6,52	13,12	20,95	24,31	23,83	20,04	14,31	12,23	8,55	9,28	13,98

Quadro 2. 20 - Vazões geradas a partir de uma única expressão do tipo potência para todos os meses do ano – em m³/s

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA ANUAL
1986	9,24	7,49	11,12	28,61	22,44	21,61	21,55	8,80	12,54	12,41	32,02	15,76	16,96
1987	6,87	5,71	5,89	8,70	14,95	24,55	21,06	6,98	6,09	4,52	4,50	4,61	9,53
1988	9,20	3,88	8,03	12,95	22,83	33,43	35,79	19,75	10,88	8,19	8,19	31,88	17,08
1989	7,13	6,23	8,81	33,82	33,82	59,15	46,50	34,41	21,01	13,51	15,89	53,18	27,79
1990	14,52	9,76	8,66	8,04	8,81	14,69	11,69	10,88	9,60	13,01	9,76	13,01	11,03
1991	7,73	6,68	6,53	8,97	8,97	8,97	15,89	13,01	10,71	6,23	5,65	5,22	8,71
1992	4,94	15,72	8,35	5,65	4,65	7,28	14,01	9,28	6,23	4,38	3,56	4,65	7,39
1993	3,03	2,39	2,14	2,02	4,79	8,66	3,56	11,20	3,83	6,83	2,90	2,02	4,45
1994	1,32	1,32	2,02	18,68	14,69	19,22	38,17	8,35	8,04	8,19	3,16	2,27	10,45
1995	1,66	1,43	2,52	4,38	10,71	15,37	11,36	5,36	3,69	2,02	4,87	5,81	5,77
1996	2,79	3,18	2,14	21,65	17,75	38,34	12,18	11,31	12,18	6,35	9,93	10,30	12,34
1997	4,10	8,58	25,85	23,93	24,12	19,97	15,74	10,62	4,94	5,50	3,85	2,40	12,47
1998	1,77	2,53	1,64	2,92	6,49	14,66	27,59	12,18	5,92	4,39	4,25	2,14	7,21
1999	1,89	2,14	2,02	2,19	27,21	17,75	15,92	36,92	9,26	11,14	29,16	14,66	14,19
2000	8,52	6,61	9,26	19,22	34,50	23,55	24,31	27,98	22,41	14,84	8,75	8,08	17,34
2001	4,80	3,58	5,08	4,94	4,94	10,11	13,06	17,01	29,94	19,22	5,92	3,98	10,22
2002	20,31	9,88	5,38	6,98	26,13	23,50	21,67	21,25	21,58	22,28	15,29	15,10	17,44
2003	14,66	13,50	14,35	15,69	43,70	36,66	32,32	19,43	21,31	10,49	10,14	9,21	20,12
2004	27,98	11,24	7,47	4,67	4,81	20,86	12,38	16,22	11,33	12,26	12,18	11,41	12,73
2005	10,22	16,08	12,98	20,02	33,31	38,83	37,63	14,33	12,79	12,77	12,63	12,19	19,48
Média	8,13	6,90	7,51	12,70	18,48	22,86	21,62	15,76	12,21	9,93	10,13	11,39	13,14

Quadro 2. 21 - Vazões geradas a partir de uma única expressão do tipo polinomial do segundo grau para todos os meses do ano – em m³/s

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA ANUAL
1986	8,91	7,34	10,75	31,34	23,69	22,68	22,60	8,50	12,21	12,08	35,54	15,75	17,62
1987	6,81	5,88	6,02	8,41	14,83	26,30	22,01	6,90	6,18	5,01	5,00	5,08	9,87
1988	8,88	4,59	7,81	12,66	24,17	37,25	40,06	20,43	10,50	7,95	7,95	35,36	18,13
1989	7,03	6,29	8,52	37,72	37,72	60,84	51,57	38,42	21,95	13,25	15,90	57,20	29,70
1990	14,36	9,40	8,37	7,82	8,52	14,55	11,33	10,50	9,25	12,71	9,40	12,71	10,75
1991	7,55	6,65	6,53	8,66	8,66	8,66	15,90	12,71	10,34	6,29	5,84	5,51	8,61
1992	5,31	15,70	8,09	5,84	5,11	7,15	13,80	8,95	6,29	4,92	4,38	5,11	7,55
1993	4,07	3,72	3,60	3,54	5,21	8,37	4,38	10,83	4,55	6,77	3,99	3,54	5,21
1994	3,23	3,23	3,54	19,15	14,55	19,78	42,82	8,09	7,82	7,95	4,14	3,66	11,50
1995	3,37	3,28	3,79	4,92	10,34	15,31	11,00	5,62	4,47	3,54	5,26	5,96	6,40
1996	3,93	4,16	3,60	22,73	18,04	43,00	11,84	10,94	11,84	6,38	9,58	9,94	13,00
1997	4,73	8,31	27,91	25,53	25,77	20,69	15,73	10,25	5,31	5,72	4,57	3,72	13,19
1998	3,42	3,79	3,37	4,00	6,50	14,52	30,08	11,84	6,05	4,93	4,83	3,60	8,08
1999	3,48	3,60	3,53	3,62	29,60	18,04	15,93	41,38	8,93	10,77	32,02	14,52	15,45
2000	8,25	6,60	8,93	19,79	38,53	25,06	26,01	30,56	23,66	14,71	8,46	7,85	18,20
2001	5,21	4,40	5,41	5,31	5,31	9,74	12,77	17,19	32,98	19,79	6,05	4,65	10,74
2002	21,09	9,53	5,63	6,90	28,26	25,00	22,76	22,24	22,64	23,50	15,22	15,00	18,15
2003	14,52	13,24	14,17	15,67	48,80	41,07	35,91	20,05	22,31	10,12	9,77	8,89	21,21
2004	30,56	10,87	7,32	5,12	5,22	21,76	12,05	16,27	10,96	11,92	11,84	11,05	12,91
2005	9,85	16,12	12,69	20,75	37,10	43,57	42,19	14,15	12,48	12,46	12,31	11,85	20,46
Média	8,73	7,33	7,98	13,47	19,80	24,17	23,04	16,29	12,54	10,04	10,60	12,05	13,84

Uma comparação dos resultados pode ser observada no **Quadro 2. 22** e **Figura 2. 12**:

Quadro 2. 22 - Comparação dos resultados das vazões geradas – em m³/s

Expressão	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA ANUAL
Múltiplas expressões	7,91	6,18	6,52	13,12	20,95	24,31	23,83	20,04	14,31	12,23	8,55	9,28	13,98
Potência	8,13	6,90	7,51	12,70	18,48	22,86	21,62	15,76	12,21	9,93	10,13	11,39	13,14
Polinomial do segundo grau	8,73	7,33	7,98	13,47	19,80	24,17	23,04	16,29	12,54	10,04	10,60	12,05	13,84

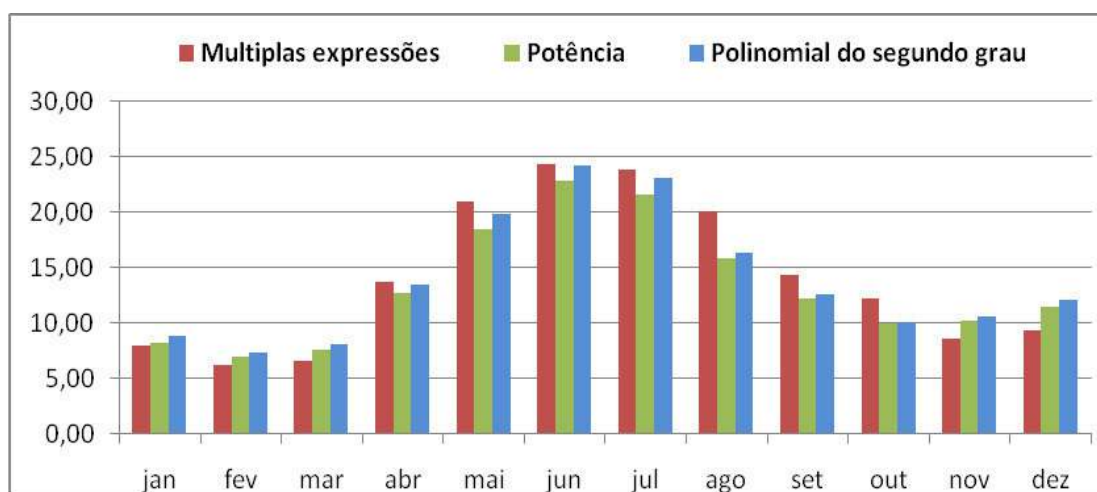


Figura 2. 12 - Comparação dos resultados das vazões geradas – em m³/s

Como pode ser observado, as séries geradas guardam comportamentos muito próximos tanto no que se refere às médias mensais quanto às médias anuais. Para a seleção de qual foi utilizada para alimentar a modelagem matemática utilizada na avaliação da capacidade de regularização do reservatório de Santa Helena, à luz de dados mais atuais foi utilizado um procedimento que levou em conta os valores gerados a partir de médias menores que 1,0 m³/s em Mata de São João. Esta escolha se deveu ao fato de que são as vazões de menor porte as que mais significado tem para a determinação dos déficits de atendimento, fator de muito significado para a determinação do objetivo do estudo neste item.

Para tanto, foi feita uma comparação entre os valores medidos em Emboacica (período de 1961 a 1979) em cujos meses a média foi inferior a 1,0 m³/s com os valores gerados pelas expressões referentes a cada um dos métodos empregados na geração da série sintética. Foi escolhido aquele método cuja média da relação entre valores médios e valores gerados apresentasse mais próxima de 1,0 e dentro deste critério o melhor comportamento foi o do conjunto de valores gerados a partir de expressões para cada mês. O **Quadro 2. 23** ilustra os resultados obtidos na aplicação do critério anteriormente descrito.

Quadro 2. 23 - Comparação entre valores gerados e medidos – em m³/s

ANO	MÊS	MATA DE SÃO JOÃO	EMBOACICA MEDIDO	EMBOACICA ESTIMADO			RELAÇÃO C/VALOR MEDIDO		
		PF_50840000	PF_50890000	Múltiplas	Potencia	Polinomial	Múltiplas	Potencia	Polinomial
1961	fev	0,27	3,38	1,98	1,99	3,52	0,59	0,59	1,04
1961	mar	0,23	3,93	2,78	1,79	3,43	0,71	0,46	0,87
1961	set	0,51	2,73	3,35	3,06	4,08	1,23	1,12	1,50
1961	out	0,20	2,53	1,61	1,62	3,35	0,64	0,64	1,33
1961	nov	0,12	2,80	1,73	1,13	3,16	0,62	0,40	1,13
1961	dez	0,13	1,91	2,49	1,20	3,19	1,30	0,63	1,67
1962	set	0,37	2,98	2,91	2,47	3,76	0,98	0,83	1,26
1962	out	0,17	1,83	1,50	1,47	3,29	0,82	0,80	1,80
1962	dez	0,37	2,00	3,15	2,47	3,76	1,57	1,23	1,88
1963	jan	0,15	1,27	1,17	1,35	3,24	0,92	1,06	2,55
1963	mar	0,36	2,65	3,02	2,43	3,74	1,14	0,92	1,41
1963	set	0,23	2,60	2,46	1,78	3,42	0,95	0,68	1,32
1963	out	0,11	1,91	1,24	1,06	3,14	0,65	0,56	1,64
1963	nov	0,17	2,54	2,12	1,48	3,30	0,83	0,58	1,30
1965	mar	0,83	4,56	3,92	4,29	4,86	0,86	0,94	1,06
1966	jan	0,36	0,86	1,89	2,44	3,74	2,21	2,85	4,38
1970	set	0,71	5,04	3,99	3,84	4,56	0,79	0,76	0,91
1970	out	0,91	5,16	4,50	4,56	5,04	0,87	0,88	0,98
1971	jan	0,78	2,68	3,29	4,11	4,74	1,23	1,53	1,77
1971	fev	0,59	2,44	3,26	3,41	4,29	1,34	1,40	1,76
1971	mar	0,28	1,85	2,88	2,06	3,56	1,55	1,12	1,92
1971	dez	0,71	3,36	4,08	3,87	4,58	1,21	1,15	1,36
1972	jan	0,99	5,56	3,95	4,80	5,21	0,71	0,86	0,94
1972	mar	0,59	3,20	3,45	3,38	4,27	1,08	1,06	1,34
1972	nov	0,85	3,41	4,76	4,36	4,90	1,40	1,28	1,44
1972	dez	0,58	2,10	3,71	3,35	4,25	1,77	1,59	2,03
1973	jan	0,43	1,88	2,11	2,73	3,90	1,12	1,45	2,07
1973	fev	0,33	1,38	2,24	2,27	3,66	1,62	1,65	2,65
1979	out	0,69	3,21	3,60	3,76	4,51	1,12	1,17	1,40
1979	nov	0,63	2,73	4,07	3,54	4,37	1,49	1,30	1,60
1979	dez	0,67	2,56	3,95	3,69	4,47	1,54	1,44	1,74
Média da relação de comparação							1,12	1,06	1,61

Ainda a título de verificação, foram geradas vazões médias mensais no período de 1961 a 1979 com o critério de única expressão do tipo potência para cada mês do ano e confrontado com valores medidos em Emboacica neste mesmo período. Com este procedimento constatou-se a boa representatividade do procedimento adotado. A **Figura 2. 13** seguinte ilustra o resultado desta comparação.

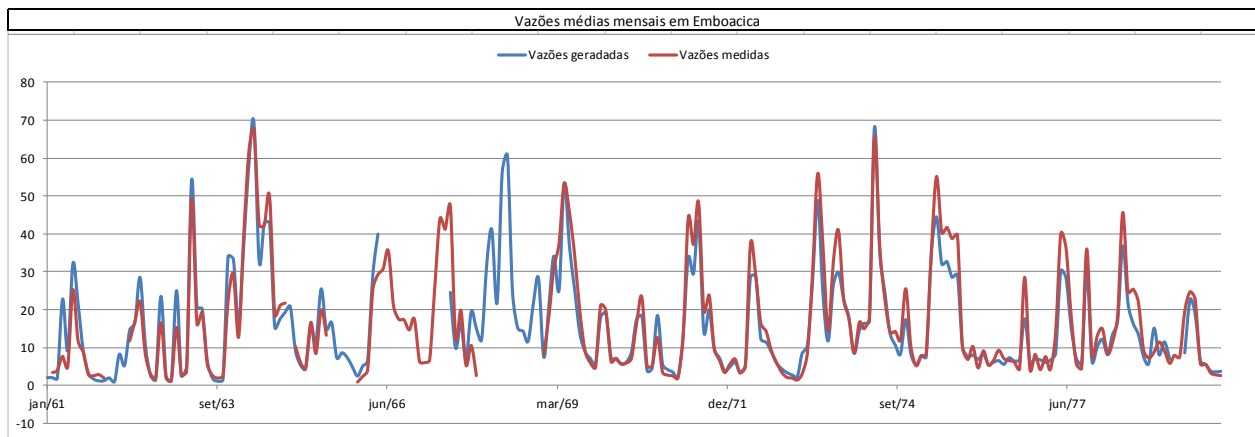


Figura 2. 13 - Comparação dados medidos e gerados em Emboacica (1961 a 1979) – em m³/s

Com base nas questões expostas, as avaliações referentes à capacidade de regularização do reservatório de Santa Helena à luz de informações mais recentes foram realizadas com base nos seguintes elementos que sintetizam as opções feitas a partir da análise dos dados existentes e dos estudos anteriores realizados com propósito semelhante:

- as vazões de aporte ao lago foram estimadas a partir dos valores medidos em Mata de São João e de acordo com uma única expressão do tipo potência para todos os meses do ano (expressão já apresentada anteriormente);
- a capacidade de evaporação da atmosfera local foi estimada a partir da aplicação da metodologia de Hargreaves e calculada a partir das coordenadas do local;
- as curvas cota x área e cota x volume foram reavaliadas e estabelecidas para a atual aplicação conforme anteriormente já exposto sendo elas:

Curva cota x volume $\rightarrow Vol (m^3) = 35589.H^{2,9179}$ com H em metros

Curva cota x área $\rightarrow A (m^2) = 9820,6.H^{2,7593}$ com H em metros.

- dados de chuva, consistidos, segundo as informações referentes à estação pluviométrica de Emboacica, obtidas a partir do banco de dados da ANA (Hidroweb), já anteriormente apresentados.

Para a estimativa da capacidade de regularização foi aplicado um balanço hídrico mensal realizado a partir da expressão:

$$Armaz(I+1) = Armaz(I) + VolAflu(I) + VolPrec(I) - VolRet(I) - VolRest(I) - Evapo(I) - Extr(I)$$

onde:

Armaz(I+1) é o armazenamento no início do período subsequente;

Armaz(I) é o armazenamento no início do período;

VolAflu(I) é a volume afluente ao reservatório ao longo do período, calculado em função da vazão do rio que alimenta o reservatório;

VolRet(I) é o volume retirado do reservatório ao longo do período para atendimento das demandas;

VolRest(I) é o volume descarregado para o trecho de jusante do reservatório ao longo do período;

Evapo(I) é o volume referente à evaporação descontada da chuva sobre a superfície do lago durante o período;

Extr(I) é o volume extravasado no período.

Como o objetivo é o de se estabelecer a vazão máxima regularizada, o consumo foi considerado para um único tipo de uso. Da mesma forma, como a vazão a ser liberada para jusante é função da vazão regularizada, esta foi considerada como igual a zero. Uma vez estabelecida a vazão regularizada, este valor deve ser considerado de forma isolada, segundo critério estabelecido na emissão de outorga, e retirado do valor total regularizado.

O armazenamento possui um limite máximo estabelecido pela capacidade do reservatório quando este se encontra no nível da soleira do vertedor. Os excedentes em relação a esta capacidade são considerados como volumes escoados pelo vertedor. Pode-se constatar que esta expressão possui a mesma natureza daquela que se emprega no modelo Cascata e nos cálculos realizados nos estudos anteriores já realizados com o mesmo objetivo para Santa Helena. Da mesma forma é ainda compatível com os estudos anteriores, o uso de processo iterativo para a estimativa do volume evaporado.

O conjunto de procedimentos estabelecidos e utilizados para a obtenção dos objetivos da análise em questão foi estruturado em planilha eletrônica, agregando uma série de outras possibilidades que podem ser de interesse deste plano em outras etapas do trabalho. Chamou-se de BHIM – Balanço Hídrico Iterativo Mensal em um reservatório – ao modelo representado pelo conjunto de operações, os dados de entrada e de saída estruturados em quadros, tabelas e gráficos que sintetizam as avaliações efetuadas. O BHIM já tem sido empregado em estudos diversos relacionados a avaliação do comportamento de reservatórios de regularização além da definição da capacidade de regularização, tais como estudos de outorga, estudos de impactos ambientais, enchimento de reservatórios, comparação de critérios operacionais diversos, entre outras possibilidades. Uma das vantagens da apresentação de resultados na forma de planilha quando comparado com o uso de modelos tradicionais é que nos modelos somente os dados de entrada e saída são disponibilizados enquanto nas planilhas é possível observar de forma completa a cadeia de cálculos elaborada. Além disso, fica extremamente simplificado o ajuste da sistemática de cálculo para incorporar particularidades de cada estudo.

A título de comparação, os valores encontrados com a aplicação da sistemática desenvolvida pelo BHIM para as mesmas condições onde foi aplicado o modelo Cascata nos estudos elaborados em 1996, o valor da vazão regularizada por Santa Helena com captação na cota 17,0 m foi de 5,965 m³/s contra 6,532 m³/s estimado pelo Cascata. Considerando a captação na cota 10,0 m, a estimativa feita pelo BHIM chegou a 8,932 m³/s contra 8,815 m³/s com a aplicação do Cascata. A diferença mais significativa entre estas duas aplicações está no fato do BHIM associa o valor da área e do volume do reservatório a uma cota enquanto o Cascata associa volumes e áreas a partir de uma relação direta e este fato, pelo menos no que se refere ao reservatório de Santa Helena, pode levar cotas diferentes atreladas aos valores de volume e de área que se imaginam associados a uma mesma cota, conforme já anteriormente apontado.

A seguir são apresentados os elementos de entrada, as etapas de cálculo e os elementos de saída do conjunto procedimentos designado por BHIM, seguidos de comentários que permitem a adequada compreensão de toda a sistemática de cálculos correspondente. Todos os dados e resultados que compõem os quadros seguintes dizem respeito à aplicação do BHIM para a hipótese de cota de captação na cota 10,0 m.

Os elementos de entradas do modelo são divididos em dois conjuntos. O primeiro deles é o que consta na **Figura 2. 14** a seguir.

BHIM - BALANÇO HÍDRICO ITERATIVO MENSAL EM UM RESERVATÓRIO												
AÇUDE: Barragem de Santa Helena			Rio : Jacuípe			Município : Mata de São João			Estado : Bahia			
Fase : Operação regular			Cenário :						Série de vazões : Jan / 1986 a Dez / 2005			
DADOS GERAIS												
DO RESERVATÓRIO			DO CONSUMO MÉDIO			DO CRITÉRIO DE OPERAÇÃO						
Nível	H (m)	Vol (m³)	Tipo	Q (l/s)	V (m³)	Abaixo de	20,0	19,5	19,0	18,0		
U max	20	222.633.857	Q amb	0,0	0	Acima de	19,5	19,0	18,0	10,0		
Rest unp	19,5	206.779.641	Q ab h	7046,0	18.263.232	Critério	S/ rest	Rest unp	Rest 1	Rest 2		
Rest 1	19	191.686.231	Qm irrig	0,0	0	FATORES DE ATENDIMENTO						
Rest 2	18	163.710.083	Q outros	0,0	0	Q irrig	1,00	1,00	1,00	1,00		
Op mn	10	29.458.850	sobre a irrigação			Q amb	1,00	1,00	1,00	1,00		
DADOS DE INICIALIZAÇÃO			Ai =	0,0	ha	Q ab h	1,00	1,00	1,00	1,00		
Ho = 19 m			t irrig =	24,0	h / dia	Q outros	1,00	1,00	1,00	1,00		
Ao = 33.159.108 m²			DO CONSUMO MENSAL									
Vo = 191.686.231 m³			Consumos mensais para cada uso				Consumos totais mensais					
Mês	ETP (mm)	Qirrig l/s	Qirrig m³/mês	Q amb m³/mês	Q ab h m³/mês	Q outros m³/mês	S/ rest m³/mês	Rest unp m³/mês	Rest 1 m³/mês	Rest 2 m³/mês		
JAN	164,8	0,000	0	0	18.263.232	0	18.263.232	18.263.232	18.263.232	18.263.232		
FEV	147,6	0,000	0	0	18.263.232	0	18.263.232	18.263.232	18.263.232	18.263.232		
MAR	148,3	0,000	0	0	18.263.232	0	18.263.232	18.263.232	18.263.232	18.263.232		
ABR	114,3	0,000	0	0	18.263.232	0	18.263.232	18.263.232	18.263.232	18.263.232		
MAI	98,7	0,000	0	0	18.263.232	0	18.263.232	18.263.232	18.263.232	18.263.232		
JUN	85,0	0,000	0	0	18.263.232	0	18.263.232	18.263.232	18.263.232	18.263.232		
JUL	93,9	0,000	0	0	18.263.232	0	18.263.232	18.263.232	18.263.232	18.263.232		
AGO	116,3	0,000	0	0	18.263.232	0	18.263.232	18.263.232	18.263.232	18.263.232		
SET	121,7	0,000	0	0	18.263.232	0	18.263.232	18.263.232	18.263.232	18.263.232		
OUT	152,0	0,000	0	0	18.263.232	0	18.263.232	18.263.232	18.263.232	18.263.232		
NOV	149,8	0,000	0	0	18.263.232	0	18.263.232	18.263.232	18.263.232	18.263.232		
DEZ	161,4	0,000	0	0	18.263.232	0	18.263.232	18.263.232	18.263.232	18.263.232		
ETPanual =		1.553,9										
Q med =		0,000	0	0	18.263.232	0	18.263.232	18.263.232	18.263.232	18.263.232		
Curvas cota x área x volume												
Curva	Tipo	Coeficientes										
		k	m									
a = f(h)	k.h ^m	9820,6	2,7593									
V = f(h)	k.h ^m	35589	2,9179									

Figura 2. 14 - Primeiro conjunto de dados de entrada do BHIM

Acima de todas as informações estão os elementos identificadores do barramento em estudo.

Sob o título de “Do reservatório” estão estabelecidas cotas operacionais em relação às quais é possível se estabelecer critérios de operação como se verá adiante. Nesta etapa dos estudos somente possuem significado o volume útil máximo (U max) e o mínimo operacional (Op min) estabelecidos em 20,0 m e 10, 0 m no exemplo em questão. Os demais valores foram lançados neste caso sem nenhum critério específico, podendo, em outras etapas do trabalho, serem definidos segundo critérios que estejam sendo avaliados ou comparados para a tomada de decisões. Sob este conjunto de cotas está a informação que define a condição inicial do reservatório para o cenário a ser simulado. No caso em questão o valor foi considerado igual a 19,0 m. Este recurso é extremamente útil no caso de estudos relativos a enchimentos de reservatório, necessários em avaliações de impactos.

À direita desta informação estão os valores de consumo estipulados por cenário, sob o título “Do consumo médio”. Em face dos objetivos do estudo nesta etapa toda a vazão de consumo foi considerada como de abastecimento humano. Como já comentado, nesta etapa o valor referente a liberação para o trecho de jusante (Q amb) foi considerada nula. Para posteriores análises de critérios de operação este valor deverá corresponder ao que deve ser determinado pelo processo de outorga. Vale salientar que as demandas para irrigação são estimadas em função da área irrigada, considerada nula no presente caso.

Abaixo das informações sobre o reservatório, na coluna mais à direita está o conjunto de dados relativos à evaporação potencial para cada mês. Ao lado desta informação, os valores calculados para consumo mensal na irrigação, estimados em função da ETP e da área irrigada. No caso em questão estas vazões são nulas já que não se considerou área para irrigação.

Acima e à direita são observados dois quadros com os títulos “Do critério de operação” e “Fatores de atendimento”. Este conjunto de informações estabelece, para cada faixa de nível anteriormente estabelecida,

as porcentagens do volume que serão retirados para cada tipo de consumo. Este recurso permite estabelecer uma série de cenários comparativos e otimizadores da operação do reservatório. Para o caso em questão, e de acordo com o objetivo do trabalho, nesta fase, não foi imposto nenhum tipo de restrição de uso em qualquer faixa operacional e para qualquer consumo.

Na parte inferior à direita estão dois quadros sob o título geral “Do consumo mensal”. O mais à direita apresenta os valores globais pretendidos e o da direita leva em consideração os critérios operacionais estabelecidos. Vale salientar que a sigla unp corresponde a “usos não previstos”.

Por fim, um quadro com os coeficientes relativos às curvas cota x área e cota x volume que caracterizam o reservatório.

O segundo conjunto de dados de entrada é composto por uma matriz que está integrada a outras que representam os campos de cálculo da modelagem. Estes dados estão dispostos desta forma por que dizem respeito às vazões e precipitações para cada intervalo de tempo da simulação que pode ser diária ou mensal, como é o caso do exemplo em questão. Assim sendo, o número de linhas varia de situação a situação modelada. Para o caso do reservatório de Santa Helena, esta matriz ocupa as linhas da planilha que vão do número 46 a 285, correspondendo cada uma delas a um mês simulado. A **Figura 2. 15** apresenta esta parte da planilha, com informações até somente a quinta linha, a título de exemplo. Uma cópia completa desta planilha é apresentada de forma complementar a este relatório.

DATA	MÊS	ANO	ETP (mm)	Qa (m3/s)	P (mm)
jan/86	1	1986	164,8	8,881	34
fev/86	2	1986	147,6	6,771	49
mar/86	3	1986	148,3	8,724	312,6
abr/86	4	1986	114,3	30,485	302,9
mai/86	5	1986	98,7	24,408	165,5

Figura 2. 15 - Segundo conjunto de dados de entrada do BHIM

A planilha tem capacidade de transportar do quadro geral de entrada de dado mensal para a evaporação potencial o valor estabelecido para o mês correspondente. Os dados de Vazão e Precipitação corresponde aos que foram estabelecidos para o período em estudo e, como já destacado anteriormente, seguem até a linha que corresponde ao último mês de avaliação.

Adjacente e à direita deste primeiro conjunto são apresentados os elementos do balanço para a primeira etapa do processo iterativo. A **Figura 2. 16** seguinte ilustra este segmento da planilha.

Va (m3)	Hi (m)	Vi (m3)	Vi+Va (m3)	Hf adm (m)	H med adm (m)	Vev adm 1 (m3)	Vol Cons (m3)
23.020.518	19	191.686.231	214.706.748	19,7530	19,377	5.769.969	18.263.232
17.550.143	18,977	191.007.418	208.557.561	19,5573	19,267	5.087.466	18.263.232
22.611.734	18,788	185.511.595	208.123.329	19,5433	19,166	5.035.173	18.263.232
79.016.448	18,780	185.282.267	264.298.715	20,0000	19,390	4.009.939	18.263.232
63.265.580	20,000	222.633.857	285.899.437	20,0000	20,000	3.771.590	18.263.232

Vol Cons (m3)	Vol prec (m3)	Var V adm (m3)	Vt adm (m3)	Hf adm (m)	Hm calc 1 (m)
18.263.232	21.425	-991.259	190.694.972	18,9663	18,983
18.263.232	30540,8003	-5.770.014	185.237.404	18,7785	18,878
18.263.232	192857,687	-493.813	185.017.782	18,7708	18,779
18.263.232	191129,313	56.934.407	222.633.857	20,0000	19,390
18.263.232	110880,571	41.341.639	222.633.857	20,0000	20,000

Figura 2. 16 - Balanço hídrico da primeira etapa do processo iterativo

O volume afluente (V_a) é estimado em função da vazão afluente considerada. A altura inicial para cada mês corresponde, na primeira linha, ao valor estipulado entre os dados iniciais estabelecidos para o cenário, e os demais são iguais ao valor obtido ao final do processo iterativo para o mês anterior. A soma $V_i + V_a$ permite uma primeira estimativa do volume no final do período, sem mesmo considerar os demais elementos que podem interferir neste valor final. Com esta soma é possível estimar a altura final, numa primeira instância (H_{fadm}). O volume evaporado, num primeiro valor admitido ($V_{ev adm1}$) é obtido pelo produto da área média (H_{medadm}) admitida pela capacidade evaporativa da atmosfera. O volume de consumo ($VolCons$) é selecionado na matriz “dos critérios de operação” com valor escolhido em função do nível em que se encontra o reservatório e as respectivas restrições impostas. No caso em questão não existem tais restrições. O volume precipitado sobre o espelho d’água do reservatório ($Volprec$) é estimado pela área média e o valor informado de precipitação no período.

Estabelecidos estes elementos é possível obter a variação do volume no período, considerando todos os usos e a retirada estimada, num primeiro nível, para a evaporação. Com esta informação obtém-se a altura estimada no final do período para a primeira etapa do processo iterativo e a altura média correspondente.

Os passos seguintes são referentes às demais etapas do processo iterativo onde os ajustes progressivos são feitos a todas as variáveis que dependem do valor da altura da água no reservatório e, conseqüentemente, da área do espelho d’água. A **Figura 2. 17** a seguir ilustra estes passos que se apresentam na planilha adjacente e à direita dos elementos apresentados no quadro anterior.

Hm calc 1 (m)	Vev calc 1 (m3)	Vol prec 1 (m3)	Var V calc 1 (m3)	Vf calc 1 (m3)	Hf calc 1 (m)	Hm calc 2 (m)	Vev adm 2 (m3)	Vol prec 2 (m3)	Var V calc 2 (m3)	Vf calc 2 (m3)	Hf calc 2 (m)
18,983	5.452.482	20.591	-674.605	191.011.625	18,9771	18,989	5.456.758	20.603	-678.870	191.007.361	18,9769
18,878	4.808.759	29357,67	-5.492.491	185.514.927	18,7881	18,883	4.812.147	29372,169	-5.495.864	185.511.554	18,7880
18,779	4.760.111	185407,8	-226.201	185.285.394	18,7801	18,784	4.763.364	185496,64	-229.365	185.282.230	18,7800
19,390	4.009.939	191129,3	56.934.407	222.633.857	20,0000	19,390	4.009.939	191129,31	56.934.407	222.633.857	20,0000
20,000	3.771.590	110880,6	41.341.639	222.633.857	20,0000	20,000	3.771.590	110880,57	41.341.639	222.633.857	20,0000

Hf calc 2 (m)	Hm calc 3 (m)	Vev adm 3 (m3)	Vol prec 3 (m3)	Var V calc 3 (m3)	Vf calc 3 (m3)	Hf calc 3 (m)	Vf (m³)	VERIFIC (m³)
18,9769	18,988	5.456.700	20.603	-678.812	191.007.418	18,9769	191.007.418	0
18,7880	18,882	4.812.106	29371,993	-5.495.823	185.511.595	18,7880	185.511.595	0
18,7800	18,784	4.763.326	185495,59	-229.328	185.282.267	18,7800	185.282.267	0
20,0000	19,390	4.009.939	191129,31	56.934.407	222.633.857	20,0000	222.633.857	0
20,0000	20,000	3.771.590	110880,57	41.341.639	222.633.857	20,0000	222.633.857	0

Figura 2. 17 - Passos subsequentes do processo iterativo

A observação do título das colunas permite verificar que se tratam de variáveis já definidas anteriormente e que passam por reavaliação ao longo do processo iterativo. Ao final de três iterações é feita uma verificação comparando os dois últimos resultados e avaliando se a diferença persistente nesta etapa é inferior a um limite estabelecido. Atendido este critério, a altura e o volume estabelecido para o final do período é lançado como inicial na linha seguinte dando sequência cronológica ao balanço.

A planilha dispõe também de outras colunas que permitem registrar vários comportamentos do reservatório ao longo da simulação. Um primeiro grupo de saídas diz respeito a permanência do nível do reservatório nas faixas de nível operacional estabelecidas. A **Figura 2. 18** a seguir evidencia estes elementos de controle.

Vextrav (m³)	CONTAGENS						V jus (m³)	Q jus (m³/s)	V reg (m³)	Q reg (m³/s)
	EXT.	> H Rest unp	> H rest 1	> H rest 2	> H op min	FALHA				
0	-	-	-	1	1	-	18.263.232	7,046	18.263.232,0	7,046
0	-	-	-	1	1	-	18.263.232	7,046	18.263.232,0	7,046
0	-	-	-	1	1	-	18.263.232	7,046	18.263.232,0	7,046
19.582.817	1	-	-	1	1	-	37.846.049	14,601	18.263.232,0	7,046
41.341.639	1	1	1	1	1	-	59.604.871	22,996	18.263.232,0	7,046

Q reg (m³/s)	EVAP rel (%)	Q evap (m³/s)	V jus-cons (m³)	Q jus-cons (m³/s)	H op min (m)	H c/ Rest 2 (m)	H c/ Rest unp (m)	H c/ Rest 1 (m)	H U max (m)
7,046	2,9	2,105	0	0,000	10	18	19,5	19	20
7,046	2,6	1,857	0	0,000	10	18	19,5	19	20
7,046	2,6	1,838	0	0,000	10	18	19,5	19	20
7,046	2,0	1,547	19.582.817	7,555	10	18	19,5	19	20
7,046	1,7	1,455	41.341.639	15,950	10	18	19,5	19	20

Figura 2. 18 - Elementos de controle para elaboração de sínteses do comportamento no cenário estudado

A primeira coluna registra o excedente de volume valor que corresponde ao volume extravasado no período. As seis colunas subsequentes fazem a contagem de períodos em que o reservatório se encontra acima de determinado nível de controle. Os oito campos seguintes correspondem aos seguintes elementos

- V jus: volume considerado disponível à jusante se o conjunto de vazões de consumo for lançado no trecho de jusante imaginando que os consumos se fazem por retirada ao longo deste trecho do rio (este volume também considera os referentes à liberação obrigatória à jusante e os extravasamentos);
- Q jus: corresponde a vazão média do período estimada a partir do volume anteriormente definido;
- V reg: corresponde ao volume regularizado no período considerando que este varia de acordo com o nível de água e os critérios operacionais;
- Q reg: Vazão média correspondente ao volume anterior;
- EVAP rel: corresponde à percentagem referente à evaporação comparada ao total de retirada no período;
- Q evap: Vazão média retirada do reservatório por evaporação;
- V jus-cons: corresponde ao volume lançado no trecho de jusante exclusivamente por conta dos extravasamentos e liberações estabelecidas pela outorga;
- Q jus-cons: vazão média no período relativa ao volume anteriormente definido.

As últimas cinco colunas repetem ao longo de todo o período os níveis de restrição estabelecidos e tem função unicamente permitir a construção de gráfico de saída com destaque destes níveis.

A partir destes elementos é possível elaborar uma síntese das saídas do desenvolvimento estimado do comportamento do reservatório perante o cenário a que foi submetido na modelagem. Estas saídas são apresentadas a partir de dois elementos. O primeiro deles é apresentado na **Figura 2. 19**.

Síntese das Saídas da Simulação									
Parâmetro	Contagem	%	Q afl med = 13,990 m³/s		Q evap med = 1,6625 m³/s				
Total de meses simulados	240	100,0	Q jus med = 12.310,41 l/s		Q evap med = 11,9 % Q afl med				
Extravasamentos	101	42,1	Q reg nom = 7.046,00 l/s		A _{EVAP} med = 3.373,97 ha				
Perm H Rest unp	135	56,3	Q reg efet = 7.046,00 l/s		V _{EVAP} med = 2,2 % V _{RES} med				
Perm H rest 1	166	69,2	Q jus-cons = 5.264,41 l/s		H _{RES} med = 18,9 m				
Perm H rest 2	192	80,0	Efetiv reg = 50,4 % Q afl med		H _{RES} med = 94,4 % H _U max				
Perm H op min	240	100,0	Red Q jus = 88,0 % Q afl med		A _{RES} (H med) = 3.262,82 ha				
Falhas	0	0,0	Red Q j-c = 37,6 % Q afl med		Desv pad H _{RES} = 1,8 m				

Figura 2. 19 - Saídas do BHIM

Nas colunas mais à esquerda estão os valores das permanências do nível de água nas diversas faixas operacionais, além do número total de meses e informações semelhantes relativas ao extravasamento.

A coluna central e a situada à direita apresentam os seguintes valores médios:

- Q afl med: vazão média afluente ao reservatório no período;
- Q jus med: Vazão de jusante caso toda retirada se faça a partir do leito no trecho de jusante;
- Qreg nom: corresponde a soma dos valores integrais de consumo para os diversos usos;
- Q reg efet: Vazão regularizada efetivamente considerando os critérios operacionais e a permanência do nível nas diversas faixas de restrição;
- Q jus-cons: Vazão de jusante estimada exclusivamente a partir do extravasamento e das liberações obrigatórias para jusante;
- Efetiv reg: percentagem da vazão média afluente efetivamente regularizada;
- Red Q jus: percentagem do aporte anual que permanece à jusante contando com os consumos;
- Red Qjus-cons: mesmo percentual sem considerar os consumos;
- Q evap med: Vazão media perdida por evaporação
- Aevap med: area correspondente ao espelho de água considerando os volumes evaporados e o total anual do potencial de evaporação;
- V evap med: percentagem do volume máximo do reservatório perdido por evaporação;
- H res med: altura media de água no reservatório informada em metros e em percentagem da altura útil máxima;
- Ares (H med): área do espelho de água correspondente à altura média;
- Desv pad Hres: corresponde ao desvio padrão da altura observada de água no reservatório.

Por fim, há ainda uma saída gráfica que ilustra o nível de água ao longo do período com destaque para os níveis de restrição estabelecidos. A **Figura 2. 20** seguinte apresenta o obtido para Santa Helena com a tomada de água na cota 10,0 m. Observando os resultados encontrados, estes estudos recomendam que deva ser considerado para nível de planejamento que a vazão regularizada com 100 % permanência no reservatório de Santa Helena seja igual a 7,046 m³/s.

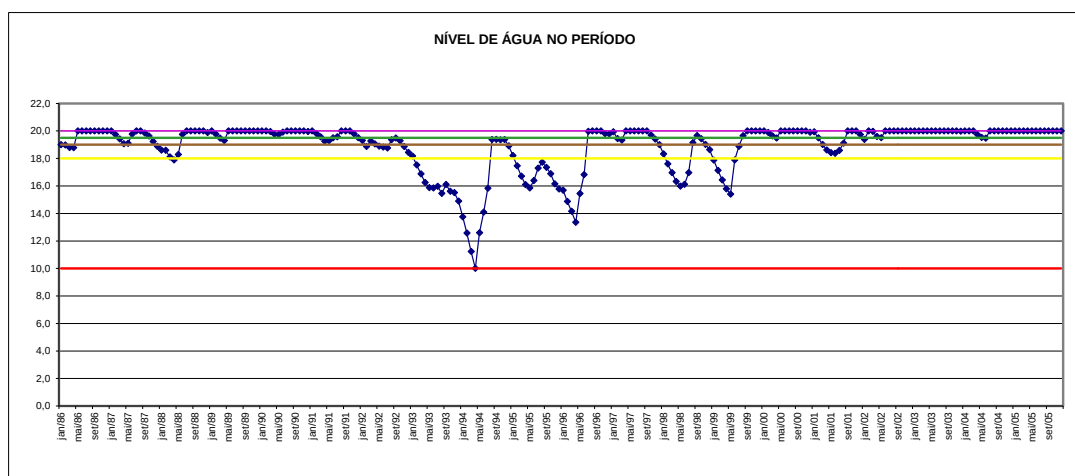


Figura 2. 20 - Saída gráfica do BHIM

A seguir, são apresentados os elementos de entrada e de saída para o cenário considerando a cota operacional mínima igual a 17,0 m (Figura 2. 21 a Figura 2. 23).

BHIM - BALANÇO HÍDRICO ITERATIVO MENSAL EM UM RESERVATÓRIO											
AÇUDE: Barragem de Santa Helena			Rio : Jacuípe			Município : Mata de São João			Estado : Bahia		
Fase : Operação regular			Cenário :						Série de vazões : Jan / 1986 a Dez / 2005		
DADOS GERAIS											
DO RESERVATÓRIO			DO CONSUMO MÉDIO			DO CRITÉRIO DE OPERAÇÃO					
Nível	H (m)	Vol (m³)	Tipo	Q (l/s)	V (m³)	Abaixo de	20,0	19,5	19,0	18,5	
U max	20	222.633.857	Q amb	0,0	0	Acima de	19,5	19,0	18,5	17,0	
Rest unip	19,5	206.779.641	Q ab h	4045,0	10.484.640	Critério	S/ rest	Rest unip	Rest 1	Rest 2	
Rest 1	19	191.686.231	Qm irrig	0,0	0	FATORES DE ATENDIMENTO					
Rest 2	18,5	177.335.699	Q outros	0,0	0	Q irrig	1,00	1,00	1,00	1,00	
Op min	17	138.561.537	sobre a irrigação			Q amb	1,00	1,00	1,00	1,00	
DADOS DE INICIALIZAÇÃO			Ai =	0,0	ha	Q ab h	1,00	1,00	1,00	1,00	
Ho =	19 m		t irrig =	24,0	h / dia	Q outros	1,00	1,00	1,00	1,00	
Ao =	33.159.108 m²		DO CONSUMO MENSAL								
Vo =	191.686.231 m³		Consumos mensais para cada uso				Consumos totais mensais				
Mês	ETP (mm)	Qirrig l/s	Qirrig m³/mês	Q amb m³/mês	Q ab h m³/mês	Q outros m³/mês	S/ rest m³/mês	Rest unip m³/mês	Rest 1 m³/mês	Rest 2 m³/mês	
JAN	164,8	0,000	0	0	10.484.640	0	10.484.640	10.484.640	10.484.640	10.484.640	
FEV	147,6	0,000	0	0	10.484.640	0	10.484.640	10.484.640	10.484.640	10.484.640	
MAR	148,3	0,000	0	0	10.484.640	0	10.484.640	10.484.640	10.484.640	10.484.640	
ABR	114,3	0,000	0	0	10.484.640	0	10.484.640	10.484.640	10.484.640	10.484.640	
MAI	98,7	0,000	0	0	10.484.640	0	10.484.640	10.484.640	10.484.640	10.484.640	
JUN	85,0	0,000	0	0	10.484.640	0	10.484.640	10.484.640	10.484.640	10.484.640	
JUL	93,9	0,000	0	0	10.484.640	0	10.484.640	10.484.640	10.484.640	10.484.640	
AGO	116,3	0,000	0	0	10.484.640	0	10.484.640	10.484.640	10.484.640	10.484.640	
SET	121,7	0,000	0	0	10.484.640	0	10.484.640	10.484.640	10.484.640	10.484.640	
OUT	152,0	0,000	0	0	10.484.640	0	10.484.640	10.484.640	10.484.640	10.484.640	
NOV	149,8	0,000	0	0	10.484.640	0	10.484.640	10.484.640	10.484.640	10.484.640	
DEZ	161,4	0,000	0	0	10.484.640	0	10.484.640	10.484.640	10.484.640	10.484.640	
ETPanual =	1.553,9										
Q med =		0,000	0	0	10.484.640	0	10.484.640	10.484.640	10.484.640	10.484.640	
Curvas cota x área x volume											
Curva	Tipo	Coeficientes									
		k	m								
a = f(h)	k.h ^m	9820,6	2,7593								
V = f(h)	k.h ^m	35589	2.9179								

Figura 2. 21 - Entradas no BHIM para cota mínima igual a 17,0 m

BHIM - BALANÇO HÍDRICO ITERATIVO MENSAL EM UM RESERVATÓRIO											
AÇUDE: Barragem de Santa Helena			Rio : Jacuípe			Município : Mata de São João			Estado : Bahia		
Fase : Operação regular		Cenário :					Série de vazões : Jan / 1986 a Dez / 2005				
Síntese das Saídas da Simulação											
Parâmetro		Contagem	%	Q afl med = 13.136 m³/s			Q evap med = 1.8389 m³/s				
Total de meses simulados		240	100,0	Q jus med = 11.281,99 l/s			Q evap med = 14,0 % Q afl med				
Extravasamentos		156	65,0	Q reg nom = 4.045,00 l/s			A _{EVAP} med = 3.732,13 ha				
Perm H Rest unip		195	81,3	Q reg efet = 4.045,00 l/s			V _{EVAP} med = 2,2 % V _{RES} med				
Perm H rest 1		209	87,1	Q jus-cons = 7.236,99 l/s			H _{RES} med = 19,7 m				
Perm H rest 2		224	93,3	E _{efetiv} reg = 30,8 % Q afl med			H _{RES} med = 98,6 % H _u max				
Perm H op min		240	100,0	Red Q jus = 85,9 % Q afl med			A _{RES} (H med) = 3.676,20 ha				
Falhas		0	0,0	Red Q i-c = 55,1 % Q afl med			Desv pad H _{RES} = 0,6 m				

Figura 2. 22 - Saídas do BHIM para o nível mínimo igual a cota 17,0 m.

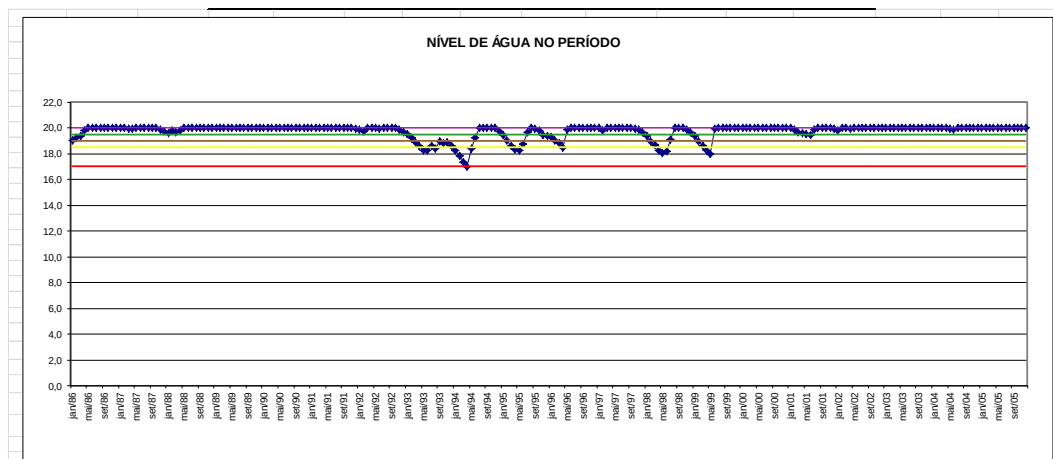


Figura 2. 23 - Comportamento esperado cenário com cota mínima igual a 17,0 m.

Observando os resultados encontrados, estes estudos recomendam que deva ser considerado para nível de planejamento que a vazão regularizada com 100 % permanência no reservatório de Santa Helena seja igual a 4,045 m³/s. Este valor é inferior aos estabelecidos em estudos realizados em períodos anteriores que foram estimados em 6,532 m³/s (Estudos de Definição do Reaproveitamento do Potencial Hídrico do Rio Jacuípe, elaborado pela Geohidro em 1996) e 7,900 m³/s (Plano Diretor de Abastecimento de Água da RMS elaborado pela Hydros em 1998).

Vale ressaltar que embora os três estudos não tenham utilizado a mesma metodologia para estabelecer o valor da vazão regularizada, os princípios e estratégias utilizadas são semelhantes, com algumas diferenças, já apontadas e avaliadas quanto aos seus efeitos sobre os resultados, que pode ser considerado como pouco significativo. A diferença maior obtida na presente estimativa pode se apoiar em dois aspectos principais.

Um deles é que nesta oportunidade, o valor da capacidade do reservatório foi estimada em no máximo algo da ordem de 222 milhões de metros cúbicos contra valores superiores a 241 milhões de metros cúbicos nos estudos anteriores.

Outro fator, de natureza direta no cálculo, mas de certa forma subjetiva, para a análise, corresponde ao cenário de vazões que alimentou os cálculos nas diversas oportunidades. Estudos construídos há mais de 15 anos não tinham a possibilidade de considerar o comportamento que se apresentou na atualidade.

Um fato que merece destaque no cenário de vazões utilizado para simular o período de 1986 a 2005 é a sequência de três anos consecutivos abaixo da média, observados entre os anos de 1990 e 1995. A **Figura 2. 24** destaca estes elementos.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média anual
1986	9,235	7,491	11,122	28,612	22,436	21,610	21,545	8,797	12,535	12,410	32,020	15,759	16,964
1987	6,865	5,705	5,886	8,698	14,946	24,546	21,061	6,976	6,094	4,517	4,500	4,608	9,534
1988	9,198	3,884	8,034	12,954	22,825	33,433	35,790	19,750	10,876	8,192	8,192	31,877	17,084
1989	7,126	6,234	8,812	33,824	33,824	59,152	46,501	34,412	21,007	13,510	15,889	53,184	27,789
1990	14,521	9,755	8,656	8,038	8,812	14,691	11,688	10,876	9,597	13,009	9,755	13,009	11,034
1991	7,732	6,677	6,529	8,968	8,968	8,968	15,889	13,009	10,714	6,234	5,650	5,219	8,713
1992	4,935	15,717	8,346	5,650	4,654	7,277	14,014	9,281	6,234	4,375	3,558	4,654	7,391
1993	3,030	2,391	2,143	2,021	4,794	8,656	3,558	11,200	3,827	6,826	2,900	2,021	4,447
1994	1,316	1,316	2,021	18,683	14,691	19,215	38,173	8,346	8,038	8,192	3,161	2,267	10,452
1995	1,662	1,430	2,517	4,375	10,714	15,373	11,362	5,362	3,692	2,021	4,866	5,809	5,765
1996	2,786	3,180	2,144	21,654	17,745	38,336	12,180	11,310	12,180	6,348	9,935	10,304	12,342
1997	4,098	8,584	25,851	23,931	24,122	19,967	15,740	10,619	4,942	5,500	3,847	2,398	12,467
1998	1,768	2,527	1,644	2,917	6,490	14,660	27,594	12,180	5,922	4,391	4,254	2,144	7,208
1999	1,892	2,144	2,017	2,194	27,205	17,745	15,921	36,919	9,256	11,136	29,156	14,660	14,187
2000	8,521	6,611	9,256	19,223	34,505	23,550	24,314	27,983	22,410	14,839	8,752	8,081	17,337
2001	4,803	3,579	5,081	4,942	4,942	10,105	13,059	17,012	29,941	19,223	5,922	3,982	10,216
2002	20,305	9,885	5,377	6,976	26,127	23,496	21,673	21,250	21,575	22,278	15,292	15,096	17,444
2003	14,661	13,497	14,353	15,691	43,695	36,658	32,325	19,433	21,309	10,487	10,136	9,208	20,121
2004	27,978	11,236	7,471	4,671	4,812	20,856	12,382	16,217	11,330	12,259	12,181	11,411	12,734
2005	10,216	16,085	12,983	20,021	33,307	38,834	37,626	14,332	12,792	12,767	12,630	12,193	19,482
Médias	8,132	6,896	7,512	12,702	18,481	22,856	21,620	15,763	12,214	9,926	10,130	11,394	13,136

Figura 2. 24 - Aspectos relevantes do cenário atual de vazões

Pode ser constatado que, no referente período, todas as médias anuais foram inferiores à média das médias anuais, sendo que o valor extremo inferior foi alcançado ao final de uma sequência decrescente de médias anuais. Este fato foi determinante para a definição do valor da vazão regularizada com 100% de permanência. Se observada a série de vazões utilizadas no estudo realizado pela Geohidro em 1996 é possível comparar os comportamentos dos anos mais críticos. A **Figura 2. 25** relaciona os valores utilizados.

Série de vazões utilizadas para alimentar o modelo Casacata em estudo realizado em 1996													
Ano	Mês												Médias anuais
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
1956	2,330	2,430	2,800	14,000	41,000	20,400	57,800	53,600	20,600	15,800	66,000	40,000	28,063
1957	23,200	6,100	39,200	55,300	46,900	45,800	36,000	23,600	11,800	5,400	3,110	2,670	24,923
1958	5,500	15,400	23,400	20,000	34,300	51,500	44,000	7,720	6,000	6,550	6,210	2,310	18,574
1959	2,760	2,100	2,720	1,850	11,400	16,700	42,000	17,200	7,130	2,150	1,700	1,570	9,107
1960	2,600	12,000	54,200	37,500	82,200	96,700	57,000	16,000	16,000	2,840	19,500	1,820	33,197
1961	1,570	3,240	3,980	25,200	4,450	26,900	10,800	16,400	2,660	2,480	2,730	1,900	8,526
1962	1,780	1,140	4,560	2,910	12,500	18,500	27,600	7,390	2,880	1,800	24,000	1,980	8,920
1963	1,300	32,400	2,550	3,430	64,300	17,800	19,700	5,050	2,530	1,900	2,570	28,500	15,169
1964	37,300	12,600	49,900	85,300	94,200	52,900	53,400	65,100	19,100	19,700	23,400	21,400	44,525
1965	8,560	5,070	4,100	15,500	7,510	28,900	13,300	16,600	6,220	7,310	6,060	4,060	10,266
1966	1,880	3,270	4,600	29,900	38,300	36,800	42,200	22,000	17,800	18,500	15,700	30,500	21,788
1967	5,430	5,730	6,010	29,700	58,500	42,400	36,900	11,400	31,700	8,400	32,000	14,000	23,514
1968	9,020	62,200	55,600	34,500	85,300	82,400	33,100	11,900	11,600	7,920	15,500	34,800	36,987
1969	5,630	21,900	39,200	46,300	70,900	58,100	42,400	20,300	8,070	5,230	4,230	31,500	29,480
1970	21,300	5,500	6,420	5,150	5,360	6,260	15,000	25,700	4,700	4,770	17,700	3,240	10,092
1971	2,600	2,380	2,520	14,600	52,500	47,500	59,100	20,500	26,500	8,660	6,200	4,130	20,599
1972	5,120	3,550	3,020	5,660	45,900	37,600	14,500	14,600	7,100	5,880	3,250	2,080	12,355
1973	1,980	1,330	3,220	8,290	38,700	76,200	46,500	15,800	40,100	49,900	25,500	2,400	25,827
1974	8,210	17,200	15,300	19,200	90,600	56,900	42,000	18,200	12,800	9,370	22,700	10,200	26,890
1975	4,795	7,818	7,492	45,403	73,238	50,046	57,406	49,129	48,907	9,116	6,263	10,394	30,834
1976	4,285	8,366	4,928	6,060	9,224	6,875	5,979	5,709	4,088	35,246	3,877	8,442	8,590
1977	3,592	7,158	3,939	16,188	50,010	44,450	19,027	5,191	4,233	45,366	7,463	15,471	18,507
1978	17,549	7,702	10,566	21,507	58,655	26,017	29,362	23,483	8,449	6,587	9,804	11,172	19,238
1979	8,616	5,339	7,203	6,788	22,198	29,259	25,836	5,236	5,114	3,092	2,659	2,497	10,320
1980	5,086	13,520	8,538	3,952	5,308	9,623	7,369	5,164	7,068	5,119	21,719	4,376	8,070
1981	3,498	3,360	24,328	36,672	10,338	10,694	35,166	6,425	4,531	3,656	3,678	3,124	12,123
1982	2,283	2,071	1,751	20,965	25,915	67,663	14,249	6,392	36,700	33,768	4,901	2,904	18,297
1983	4,798	6,618	3,506	9,637	3,546	4,820	5,310	14,225	4,893	4,700	5,152	2,993	5,850
1984	2,376	1,829	4,669	53,502	30,703	15,695	9,885	10,983	21,837	4,146	4,419	3,317	13,613
1985	3,980	2,253	4,351	39,205	72,903	44,525	68,663	54,001	17,709	16,297	13,040	13,690	29,218
1986	16,150	13,175	18,823	46,448	21,074	39,283	30,475	15,541	22,208	15,415	54,884	13,690	25,597
1987	11,991	10,038	10,313	14,718	25,902	44,448	37,010	19,470	10,675	7,968	8,027	8,128	17,391
1988	17,548	7,270	15,415	22,451	34,408	51,707	53,534	27,987	13,961	10,330	10,663	54,357	26,636
1989	8,933	7,813	11,711	50,907	36,580	81,934	71,846	50,560	30,337	17,466	22,052	84,041	39,515
1990	19,399	12,323	10,796	10,113	10,785	20,790	14,866	13,792	12,155	17,190	12,820	18,491	14,460
1991	9,697	8,575	7,410	11,410	18,268	38,693	22,520	17,078	14,406	7,747	7,078	6,207	14,091
1992	5,947	22,290	10,607	6,976	5,555	9,350	21,283	12,097	7,712	5,219	4,399	5,640	9,756
1993	3,793	3,186	2,920	2,896	5,885	11,077	4,322	17,284	4,689	9,282	3,603	2,838	5,981
1994	2,368	2,424	2,982	31,382	21,445	32,372	60,787	10,692	10,507	11,285	3,932	3,050	16,102
Médias	7,814	9,453	12,706	23,371	36,584	37,425	33,031	19,474	13,986	11,630	13,038	13,176	19,307

Figura 2. 25 - Vazões representativas do período estudado em 1996

Fonte: Geohidro (1996)

Pode ser constatado que também aparecem vazões médias anuais da ordem de 5,0 m³/s, todavia, em nenhuma ocasião são observadas sequências como as que aparecem nos valores estimados para períodos mais recentes.

Alterações efetuadas no ambiente físico e aspectos relativos ao clima no todo da bacia configuram entre os fatores que podem levar a uma diminuição da oferta natural nos cursos de água e que recomendam a utilização de valores mais conservadores e permanente medição dos elementos relativos ao reservatório que possam permitir avaliações mais precisas no futuro, tais como vazões afluentes ao reservatório, nível de água, saídas para atender consumo, liberações para jusante estas com frequência diária de observação e levantamentos relativos à geometria do reservatório.

2.2.4 Análise dos Cenários Propostos e Considerações relevantes para Santa Helena

Analisando-se os dados disponíveis referentes a este reservatório, foi observado que as informações que relacionam altura do nível de água com volume armazenado e área da superfície líquida exposta variam segundo a fonte de informação e ainda apresentam certa inconsistência entre valores estimados. A definição das curvas Cota x Área e Cota x Volume empregadas neste estudo foram obtidas a partir de procedimentos clássicos considerando os valores das áreas do espelho d'água estimadas pelas curvas de nível encontradas em levantamentos topográficos da área.

Para a alimentação do reservatório em período mais atual foi gerada uma série de valores de médias mensais de vazão a partir de dados disponíveis no mesmo rio Jacuípe em Mata de São João, em estação situada à montante do reservatório. As vazões médias mensais foram obtidas a partir de equações de regressão selecionadas por melhor ajuste para cada mês do ano entre os dados medidos nesta mesma estação e a de Emboacica que operou em local muito próximo da barragem de Santa Helena, servindo de base aos estudos de implantação desse barramento. Com a construção dessa obra, a estação deixou de operar. A série de vazões utilizadas para representar as condições atuais corresponde ao período de 1986 a 2005, o mais recente disponível para a estação que serviu de base para a geração de dados.

Atualmente a captação de água neste reservatório se faz até a cota 17,0 m aproveitando uma quantidade limitada das reservas estocadas. Existe uma alternativa de exploração deste manancial que proporcionaria a exploração do reservatório até a cota 10,0 m. Por conta disto, as simulações efetuadas consideraram estas duas hipóteses de exploração.

Os valores de volume correspondentes aos níveis operacionais, de interesse para a definição do potencial hidrológico do reservatório da barragem de Santa Helena, são os estabelecidos neste estudo após análise dos dados disponíveis nas diversas fontes consultadas, indicados no **Quadro 2. 24**.

Quadro 2. 24 - Volumes correspondentes aos níveis operacionais dos reservatórios

RESERVATÓRIO	RIO BARRADO	COTAS OPERACIONAIS (m)		VOLUMES (m³)			% DO VOLUME TOTAL	
		MÁXIMA	MÍNIMA	TOTAL	ÚTIL	MORTO	UTIL	MORTO
Santa Helena	Jacuípe	20,0	17,0 m	222.633.857	84.072.319	138.561537	37,8	62,2
		20,0	10,0 m	222.633.857	193.175.007	29.458.850	86,8	13,2

Fonte: Geohidro, 2014

Foram calculadas as vazões regularizadas com 100%, 95% e 90% de permanência tanto para a hipótese em com o nível mínimo operacional na cota 17,0 m assim como na cota 10,0 m. Efetuadas as simulações, obteve-se os valores de vazão global regularizada (incluindo os diversos usos e liberação para jusante) indicados no **Quadro 2. 25**, para cada nível de permanência analisado.

Quadro 2. 25 - Vazões regularizadas em Santa Helena para cenários mais recentes

RESERVATÓRIO	NÍVEL MÍNIMO OPERACIONAL	VAZÃO REGULARIZADA (m³/s)			VAZÃO À JUSANTE (m³/s)	
		100% PERM	95% PERM	90% PERM	NORMAL	ESCASSEZ
Santa Helena	17,0 m	4,045	5,642	6,640	1,992*	0,498*
	10,0 m	6,596	8,358	9,960		

* Valores calculados para a cota 10,00 m, admitida como a capacidade de regularização do reservatório.

A título de comparação, são apresentados no **Quadro 2. 26** a seguir os valores da vazão regularizada com 100% de permanência para o nível operacional na cota 17,0 m estimados neste estudo, nos *Estudos de Definição do Reaproveitamento do Potencial Hídrico do Rio Jacuípe*, realizado em 1996 para fins de reconstrução da barragem, e no Plano Diretor de Abastecimento de Água da RMS - PDAA/98 (EMBASA, 1998).

Quadro 2. 26 - Vazão regularizada com 100% de permanência em Santa Helena estimada em estudos distintos

ESTUDO	VAZÃO REGULARIZADA (100% DE PERMANÊNCIA) NÍVEL OPERACIONAL NA COTA 17,0 M
Este plano	4,045 m³/s
Estudos de Definição do Reaproveitamento do Potencial Hídrico do Rio Jacuípe (1996)	6,532 m³/s
Plano Diretor de Abastecimento de Água da RMS (1998)	7,900 m³/s

Fontes: referidas na coluna ESTUDO

Conforme analisado, a principal causa da diferença de resultados está na sequência de anos críticos que foram considerados na simulação. Para o período simulado nos estudos deste Plano (1986 a 2005) a vazão média foi de 13,14 m³/s e a sequência crítica de anos consecutivos que definiu a situação extrema de atendimento foi a seguinte:

Ano:	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Vazão Média Anual (m³/s):	11,034	8,713	7,391	4,447	10,452	5,765

Nos dados anteriores é possível verificar que o ano mais crítico (1993) se apresenta após uma sequência de quatro anos em que as médias anuais caíram sucessivamente e atingiram valores nunca antes observados. É natural que sob estas circunstâncias, a capacidade de atendimento do reservatório caia de forma significativa.

Cabe destacar que os valores das vazões regularizadas estimadas são globais. Objetivando uma visão mais completa da capacidade do reservatório, também foi criado um cenário de funcionamento do reservatório com as seguintes características específicas para a situação de Santa Helena:

- Foi deduzida, das vazões afluentes ao reservatório, a soma das demandas para irrigação e dessedentação animal (0,140 m³/s), estimadas na Revisão do Balanço Hídrico do Plano Estadual de Recursos Hídricos, para a unidade de balanço onde se encontra o reservatório;
- Foi separado da vazão de atendimento ao abastecimento humano, o valor da vazão de restituição a ser liberada para jusante;
- A vazão liberada para jusante foi considerada igual a 20% da vazão regularizada com 90% de permanência, nos mês em que o nível de água do reservatório se encontrava acima da cota que limita a condição de escassez (18,5 m quando o mínimo operacional for 17,0m e 15,0 m, quando o mínimo operacional for 10,0 m) e igual a 5% do mesmo referencial, quando inferior a este mesmo nível; ainda para o nível de água no reservatório abaixo do nível que identifica escassez, o atendimento para o abastecimento humano seria reduzido para 80% do valor utilizado em condições normais.

Sob estas condições o balanço efetuado resultou no comportamento indicado no **Quadro 2. 27**, para cada situação relativa ao nível operacional, sendo que em todos os casos foi liberada vazão à jusante e atendida a demanda para abastecimento humano 100% do tempo, dentro dos critérios estabelecidos.

Quadro 2. 27 - Resultados da simulação para o cenário estabelecido

RESERVATÓRIO	NÍVEL OPERACIONAL (m)		TEMPO DO NÍVEL DE ESCASSEZ		VAZÃO DE ABASTECIMENTO HUMANO (m³/s)		VAZÃO DE LIBERAÇÃO PARA JUSANTE (m³/s)	
	MÍNIMO (NM)	DE ESCASSEZ (NE)	% ACIMA	% ABAIXO	ACIMA DO NE	ABAIXO DO NE	ACIMA DO NE	ABAIXO DO NE
Santa Helena	17,0	18,5	90,4	9,6	3,256	2,605	1,992	0,498
	10,0	15,0	86,7	13,3	5,829	4,663		

Uma comparação interessante pode ser feita entre os resultados obtidos nas simulações anteriores, onde as retiradas não se modificam em função do nível do reservatório (**Quadro 2. 25**), e neste último cenário (**Quadro 2. 27**), onde esta alternativa operacional é considerada. Na primeira situação, as vazões com 100% de permanência são de 4,045 m³/s e 6,596 m³/s para os níveis operacionais mínimos de 17,0 m e 10,0 m, respectivamente. Com a alteração do critério operacional que estabelece vazões diferentes, tanto para o abastecimento quanto liberada a jusante em função do nível do reservatório, a soma da vazão de abastecimento com a de jusante (5,248 m³/s e 7,821 m³/s), para os dois níveis mínimos operacionais, supera os referenciais anteriormente citados. Isto é possível uma vez que, atingido o nível de escassez, a soma dos valores retirados (3,103 m³/s e 5,161 m³/s) considerando os dois níveis mínimos operacionais é inferior aos que são praticados no outro critério.

Esta comparação mostra que os valores obtidos como vazão global regularizada com 100%, 95% e 90% de permanência são referenciais que devem ser considerados no planejamento do sistema, mas devem ser considerados como um ponto de partida para o planejamento operacional. Regras de manejo dos reservatórios, que levem em conta critérios de liberação em função do nível de água armazenado, unidas à gestão da demanda devem proporcionar a otimização operacional do sistema.

2.3 RESERVATÓRIO DE PEDRA DO CAVALO

A Barragem de Pedra do Cavalo foi construída sobre o rio Paraguaçu nas proximidades das cidades vizinhas de Cachoeira e São Felix e atende a múltiplas finalidades além do abastecimento de várias cidades da RMS.

Sua localização proporciona que o lago criado se desenvolva em dois sentidos, um deles na direção do próprio Paraguaçu e outro promove a inundação do trecho final do rio Jacuípe, sendo que a foz deste ficou submersa. O Jacuípe, afluente do Paraguaçu e homônimo do rio existente na RGPA do Recôncavo Norte, é o principal afluente em extensão do Paraguaçu, nascendo na região de Morro do Chapéu, na Chapada Diamantina e se desenvolve de oeste para leste ao longo do trecho norte da bacia do Paraguaçu.

É significativo apontar que além do abastecimento das cidades vizinhas e de muitas existentes na RMS, o controle de cheias e a geração de energia são dois outros usos relevantes associados a este barramento e interesses, potencialmente conflitantes entre os diversos usuários, demandam uma eficiente operação do reservatório.

Nesta etapa do trabalho, os estudos efetuados têm como objetivo avaliar a disponibilidade global regularizada pelo reservatório sobre a luz dos cenários mais recentes. Para tanto, foram utilizados procedimentos que, no seu contexto global, são semelhantes aos empregados na análise do reservatório de Santa Helena, com os devidos ajustes requeridos em função de particularidades associadas à disponibilidade de dados. Eventuais demandas de avaliação relacionadas à otimização do sistema e com finalidade associada aos objetivos deste plano, serão efetuadas em momento mais oportuno, caso sejam necessárias.

2.3.1 Dados fluviométricos disponíveis

O **Quadro 2. 28** apresenta as informações relativas a estas três estações segundo dados obtidos junto a ANA.

Quadro 2. 28 - Estações Fluviométricas mais representativas para Pedra do Cavalo

CÓDIGO	RIO	NOME DA ESTAÇÃO	AREA DA BACIA (km²)	OPERADORA	COORDENADAS		OPERAÇÃO	
					LAT	LONG	INICIO	FIM
51490000	Paraguaçu	Pedra do Cavalo	53.866	ANA	-12:36:00	-38:59:00	jan/64	dez/78
51350000	Paraguaçu	Argoim	37.245	ANA	-12:35:08	-39:31:20	jan/50	jan/14
51460000	Jacuípe	Ponte Rio Branco	10.560	ANA	-12:13:59	-39:02:46	nov/29	jan/14

Fonte: Agencia Nacional de Água

A estação fluviométrica cujo nome é Pedra do Cavalo foi a que serviu de base para os estudos relativos ao projeto da barragem, situada no rio Paraguaçu. Seus dados são disponíveis para período anterior à obra. Duas outras estações se destacam quanto ao potencial de uso de suas informações com finalidade de se avaliar a alimentação do referido reservatório. São elas a de Argoim, existente no Paraguaçu nas proximidades da ponte da BR-116, que cruza este rio, no município baiano de Rafael Jambeiro. A outra estação é designada por Ponte Rio Branca e se localiza no afluente Jacuípe. Ambas as estações estão à montante e não muito afastadas dos dois eixos que caracterizam a geometria do reservatório da de Pedra do Cavalo.

Vale ressaltar que o banco de dados da ANA (Hidroweb), por motivos desconhecidos, disponibilizam atualmente os dados da estação 51490000 (Pedra do Cavalo) para o período apontado no quadro anterior. Consultando o documento “Avaliação dos efeitos da Barragem Pedra do Cavalo sobre a circulação estuarina do rio Paraguaçu e Baía do Iguape” de Genz (2006), foi possível ter acesso a uma série mais extensa (janeiro de 1930 a dezembro de 1975) de valores mensais de vazão média do Paraguaçu, relativas a esta estação. Esta série mais longa foi, inclusive, a utilizada no projeto da barragem, segundo a referida publicação. Os valores apresentados naquele documento e os disponibilizados no banco de dados da ANA são compatíveis.

2.3.2 Caracterização da bacia

A bacia do rio Paraguaçu é uma das maiores do estado e se constitui sozinha numa RPGA. Possui terrenos desde a Chapada Diamantina até a Baía de Todos os Santos. É composta por uma diversidade muito grande tanto de ambientes físicos como de regimes pluviométricos. Sua porção mais a oeste é formada nos terrenos altos da Chapada, ficando sua nascente no município de Barra da Estiva. Há neste setor um predomínio de terrenos cuja geologia é formada de rochas metassedimentares, extremamente faturadas, havendo, no Alto Paraguaçu, depósitos de material não consolidado que proporcionam uma situação fisiográfica bem particular. Nesta porção da bacia, o regime de chuvas não chega a ser abundante, mas apresenta médias mensais superiores aos seus vizinhos mais a leste e em terrenos mais baixos. Ainda na Chapada, mas em setores mais a norte, diversos cursos de água se integram para formar o rio Santo Antônio, principal contribuinte do Paraguaçu no seu trecho alto. Aí também os setores mais altos apresentam rochas metassedimentares e as áreas mais baixas, muitas vezes, são formadas por geologia de rochas calcárias com parte deles apresentando estruturas subterrâneas formadas a partir da diluição destas rochas pela água. No seu trecho médio, os terrenos são basicamente de rochas cristalinas, superposta por solos rasos alimentados por regime de chuvas caracterizado pela irregularidade interanual e médias mensais muito baixas na maioria dos meses do ano.

Com estas características, o trecho médio do Paraguaçu é formado por alguns cursos intermitentes e muitos outros com regime efêmero de vazões. Este quadro proporciona uma vasta região com grandes dificuldades de garantir recursos hídricos para o conjunto de suas demandas. Mesmo com estas características, esta região possui elevado significado para as contribuições que aportam ao reservatório de Pedra do Cavalo. Isto decorre da sua grande extensão territorial, da relativa facilidade para produzir escoamento direto nas oportunidades em que ocorrem as chuvas mais expressivas e da alta intensidade destas precipitações que ocorrem no verão mesmo que concentradas em poucos dias do período.

Por um longo trecho e ao norte, a bacia do rio Jacuípe se desenvolve com fluxo quase que seguindo a mesma direção preferencial do Paraguaçu (de oeste para leste). Seus terrenos são quase que exclusivamente formados a partir de rochas cristalinas e muito semelhantes ao que pode ser observado no médio Paraguaçu, possuindo ainda regime pluviométrico ainda mais rigoroso e severo. Com bacia bem mais modesta, a produção e escoamento é muito mais modesta na contribuição para Pedra do Cavalo, mas de alto significado para a região onde se desenvolve.

O baixo Paraguaçu pela sua proximidade do litoral é alimentado por chuvas mais generosas na sua quantidade, na distribuição ao longo do ano e na regularidade. Ainda que em ambiente de rochas cristalinas, mas com solos mais profundos e melhores alimentados pelas chuvas, apresenta afluentes modestos em extensão e vazões que por eles escoam, mas geralmente possuem perenidade no regime de vazões. Este trecho fica à jusante de Pedra do Cavalo.

Para caracterizar o clima da bacia nas imediações da barragem de Pedra do Cavalo são apresentados dados pluviométricos mensais da estação Usina Bananeiras, código 01239004 (coordenadas -12:33:00 e -39:5:00), localizado no município de Conceição da Feira e da estação São Félix (código 01238025, coordenadas -12:38:00 e -38:59:00), este último existente em cidade homônima, imediatamente à jusante da barragem e

vizinha a cidade de Cachoeira, ambas beneficiadas pelo controle de cheias que esta lhes proporciona, além de suprir seus sistemas de abastecimento de água.

Quadro 2. 29 - Estações Pluviométricas de interesse na região da Barragem de Pedra do Cavalo

CÓDIGO	NOME DA ESTAÇÃO	MUNICÍPIO	RESPONSÁVEL / OPERADORA	ALTITUDE (m)	COORDENADAS		OPERAÇÃO	
					LAT	LONG	INICIO	FIM
01239004	Usina Bananeiras	Conceição da Feira	SUDENE	200	12:33:00	-39:5:00	1927	1974
01238025	São Félix	São Félix	DNOCS	230	-12:38:00	-38:59:00	1945	1991

Fonte: Agencia Nacional de Água

A Usina Bananeiras foi inundada com a criação do lago. O **Quadro 2. 30** e o **Quadro 2. 31** apresentam as informações mensais e anuais das precipitações (em mm) relativas às estações de Usina Bananeiras e São Felix, respectivamente.

Como pode ser observado, não estão disponíveis no banco de dados da ANA, informações pluviométricas mais recentes. Isto não ocorre apenas na estação de São Felix, mas em todas aquelas existentes no entorno de Pedra do Cavalo.

No que se refere ao potencial de evapotranspiração na região do lago de Pedra do Cavalo, foram calculados por Hargreaves os valores da ETP segundo metodologia já descrita anteriormente. Da mesma forma, os elementos do balanço hídrico climatológico foram determinados para as coordenadas referentes à estação pluviométrica de Usina Bananeiras (coordenadas -12:33:00 e -39:05:00), que encontra-se numa altitude de 200 m, conforme **Quadro 2. 29** . Os valores encontrados da temperatura média (das Médias, das Máximas e das Mínimas), da Evapotranspiração Potencial (Hargreaves) e do Balanço Hídrico Climatológico (Thornthwaite - Mather) para esta estação são apresentados no **Quadro 2. 32** e **Quadro 2. 33** e nas **Figura 2. 26** e **Figura 2. 27**.

Quadro 2. 30 - Dados mensais de precipitação (em mm) em Usina Bananeiras (01239004) – Dados brutos sem consistência

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL ANUAL
1927								24	67,3	7,4	42,8	242,8	
1928	118,9	64	56,8	55,8	70,5	29,3	68,9	121,1	45,2	47,4	81,8	80,3	840,00
1929	0	137,2	3,9	187,1	162,8	125	136,7	150,4	57	13,6	9	117,6	1.100,30
1930	25,8	68	185	150	182,2	85,2	106	23,2	88,5	50,9	93,5	75,6	1.133,90
1931	2,3	13,9	1,7	33,1	116,2	32,5	120,8	118,5	65,1	47,1	81,7	25,7	658,60
1932	98,4	19	69,8	36,6	58,3	0	257,5	82,4	39	52,5	27,4	53,6	794,50
1933	0	17,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,40
1934	0	0	62,8	0	131,4	0	129,3	47,9	126,2		24,8	76,1	
1935	129,1	84,6	101,1	73,5	109,8			61	61	31,4	108,5	54,3	
1936	110	128,4	113,2	0	0	0		0	16,2	39,4	88,5	1,3	
1937	111,8	59	47,4	95	0	120	111,5	48,7	33,8	19,8	32,8	11,2	691,00
1938	67,9	59,1	96,5	86,5	268,5	76	167,5	54,9	18,7	94,6	49	0	1.039,20
1939	103,8	66,7	16,2	215,2	81,6	74,1	53,7	143,8	49,2	101,8	15,1	68,5	989,70
1940	73,1	132,8	98,5	62	30	20,1	65,1	55,7	73,6	45	45	59,8	760,70
1941	58,2	0	0,3	0	11,5	0	0	86,7	48,8	26,3	45,3	84	361,10
1942	236	244	13,4	94,4	148,3	156	153,3	103,4	86,7	79	153,8	69,3	1.537,60
1943	9,7	37,8	84	0	243,1	81	174,2	23,7	119,1	9,4	81,1	45,2	908,30
1944	85,2	6,7	0	0	0	50,6	173,5	86	55,5	0	0	0	457,50
1945	52,4	42,5	4,9	192,1	121	150,2	112,6	87	121,5	80	185,2	21,2	1.170,60
1946	48,7	40,7	64,8	165,8	61,2	103,8	98,4	79,5	95,7	12,6	35,5	41,9	848,60
1947	86,3	15,7	37,7	148,1	64	87,1	102,4	54,7	21,7	67,4	223,9	101,1	1.010,10
1948	33,9	0	75,6	94,5	88,4	198,5	102,4	70,4	29,9	40,9	152,2	227,5	1.114,20
1949	5,5	24,1	25,7	99,3	56,6	82,7	63,3	53,1	46,3	12,7	267,1	43,8	780,20
1950	31,6	16,8	23,1	54,1	94,3	52,9	102,6	38,4	20,2	17,9	119,8	21,3	593,00
1951	8,3	8,5	89,7	119,7	109,9	208,1	114,1	36,2	31,3	8,4	1,5	183,7	919,40
1952	0	0	118,7	67,2	302	99,4	139,7	89,8	11,2	28,9	4,4	464,3	1.325,60
1953	25,3	4	83,3	92,1	181,1	73,7	163,9	59,5	71,1	22,6	235,5	205,4	1.217,50
1954	31,3	88,1	141,7	113,3	143,2	63	147,1	157,1	7,1	0			
1955	68,8	194,1	40,7	151,1	64,3	356,6		127,8	44	12,7	263,3	29,2	
1956	7,4	0	0	0	0	0	188,9	252,8	51,5	149,6	466,7	250,3	1.367,20
1957	302,4	213,6	466,9	56,3	204,3	201,6	276,5	85,4	4,4	117,4	108,9	18,4	2.056,10
1958	72,7	203,1	108,9	119,7	163,8	184,9	169,7	77,6	80,4	91,3	64,9	42,8	1.379,80
1959	73,8	40,3	73	65,6	174,2	89	173,3	110,6	55	21,2	103,2	5	984,20
1960	251,8	0	26,3	65,2	17,6	0	0	0	43,5	28	127,2	7,2	566,80
1961	30,7	4,2	54,9	0	12,7	0	52	77,6	0	39,8	5,2	54,5	331,60
1962	0	13,4	53,6	0	102,4	145,8	54	5,2	23,8	28,7	111,6	19,7	558,20
1963	1,8	6,8	24	0	67,2	34,8	89,2	65,4	25,7	12,3	95	268,2	690,40
1964	249,3	70,8	98,5	68,8	189,1	63,5	124,3	391	70,2	86,1	96	127,9	1.635,50
1965	41,5	51	11,7	203	87,8			37,4	41,8	22,9			
1966							0	0	64	19,2	144,4	213,9	
1967													
1968	82,2	137							22,6	110,8	191,4	32,4	
1969	154,6	39,6	247,7	18,5	140,8	73,6	92,8	50	30	17,4	37	141	1.043,00
1970	83	50,2	45	66	44	19,4	140,4	45	15,6	17,6	101,8	0	628,00
1971	20	38,6	22,8	41,8						9,6	88,4	49	
1972	48	0											
1973										144,4	53,6	23,6	
1974	66,2	24,6	30,4	167,2									
Médias (1927 a 1974)	70,63	56,05	69,53	77,59	102,60	82,59	114,21	78,16	48,36	42,86	99,16	85,08	926,76

Fonte: Agencia Nacional de Água

Quadro 2. 31 - Dados mensais de precipitação (em mm) em São Félix (01238025) – Dados brutos sem consistência

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL ANUAL
1945										8,5	56	30	
1946	63,1	42,8	27,6	156	96	128	131	114	86	23	19	55	941,50
1947	111,2	43	47	236	141	78	205,6	78,6	66	94,4	253,6	4	1.358,40
1948	79,5	0	81,5	204	103,5	213	177,5	165	88	76	38	116	1.342,00
1949	14	8	24	226,7	47	181	90	121,5	76	29	192	32	1.041,20
1950	33	63	110	136,1	149,7	83,6	198,8	156,4	15,1	44,6	73,9	63,1	1.127,30
1951	22,1	26,5	37,1	219,5	164,4	157,5	99,7	49,4	61,4	29,2	10,5	130,8	1.008,10
1952	4,5	0	69,2	37,8	306,8	66,5	40	114,2	17,1	44,4	2,5	250,6	953,60
1953	9,5	29,3	144,5	54,4	183,1	69,8	128,7	79,4	98,7	28,2	99,3	118	1.042,90
1954	38,8	71,2	20,2	44,9	51	72,8	98,7	98,4	11,1	0	87,1	191,9	786,10
1955	94,5	144,8	18,6	119,3	14,5	112,2	156,2	91,7	47,6	0	90,8	39,5	929,70
1956	0	26	95,8	67,8	74,3	26	201,4	146,6	48,9	73	269	51,5	1.080,30
1957	52,2	40,2	76,4	111,5	76,1	87,3	72,8	109,1	6,8	9	38	0	679,40
1958	46	45,4	58	135	126	242	145	31	71	50,4	25,2	18	993,00
1959	88	5,4	53	77,6	148,6	148,4	75,2	120,5	20,6	45	76	16	874,30
1960	198,2	95,6	358,2	0	250,6	220,8	219,5	176,1	63,7	90	145,9	6,2	1.824,80
1961	59,5	1,1	97,6	82,3	98,4	296	93,5	84,4	6,2	56,6	10,7	17,4	903,70
1962	61,2	16,8	153,1	99,3	179,1	209,1	104,9	125,7	22,9	79,6	108,9	17,7	1.178,30
1963	0	112	41,6	113,1	131,3	69,1	143,1	110,3	43,9	12	48,5		
1964			97,7	322,6	364,2	125,1	291,5	248	79,7	102,8			
1965	29,4	37,2	11,3	98									
1966	18,2	46,6	207,4										
1967				243,3	91,4	15,5					25,8	246,4	
1968	124,5	157,4	214,7	104,9	124,8	291	112	59	69,1	81	125,4	76,3	1.540,10
1969	79	54,8	195,8	76,5	295,8	101,7	84,4	69,9	15,5	22,6	1,2	250	1.247,20
1970	107,7	91,6	86,3	108	141,8	53,4	234,2	100,7	29,3	12,3	340,1	4,4	1.309,80
1971	72,1	63,9	27,4	328	230,7	138,2	129,7	168,1	75,7	62,1	25,1	23,1	1.344,10
1972	73,9	28,6	43,3	57,8	214	132,1	85	69,4	117,7	98,2	27,8	85,5	1.033,30
1973	26	14,8	117,6	109	242,7	198,1	127,6	95,8	215,8	144,4	119,7	55,9	1.467,40
1974	56,9	169,2	104,3	232,4	257,7	141,1	110,1	72	115,6	84	113,1	66,4	1.522,80
1975	86,5	26,5	74,6	301,1	181,8	109,4	250,1	150,5	175,2	84,6	26,4	75,9	1.542,60
1976	19,2	152,9	71,1	88,9	72,9	59,8	82,5	66,7	42,9	120,1	78,3	7	862,30
1977	145,4	139,9	20,5	107,1	152,4	168,5	86	42,4	211,4	116,8	46,8	116,4	1.353,60
1978	108,1	65,9	130,8	114,1	172,5	225	35,9	0	0	0	0		
1979			5,1	36	103,7	235,1	72,5	82,1	28,3	7,6	60,2	59	
1980	240,5	224,1	46,8	46,1	106	86,3	118,9	112,2	63,6	53,4	34,7	18,3	1.150,90
1981	37	38,1	230,7	80	80,6	158	103	77,2	13,4	5,2	24,7	80,6	928,50
1982	3,9	89	0	176,5	303,9	219,4	177,6	71,8	136,5	98,9	0	15	1.292,50
1983	28,2	95,9	78,7	111	64	111,2	40,5	67,2	28,6	130,1	51	9,7	816,10
1984	18,1	43,6	82,9	332,1	117,9	83,3	176,6	59,3	82,8	49,8	151,8	52,3	1.250,50
1985	78,3	95,6	25,1	181,7	184,1	114,2	380,9	196,5	94,5	48	337,4	227,1	1.963,40
1986	0	18,6	73,4	178,3	93,8	161,2	114,7	82,3	128,1	158,6	73,6	52,6	1.135,20
1987	0	74,2	153,2	67,7	156,4	183,2	25,3	66,6	31,5	0	25,3	0	783,40
1988	36,3	50,9	66,7	285,6	112,2	223,6	176,1	95	47,2	0	45,4	140,8	1.279,80
1989	39,2	60	173,1	194,5	426,8	42,6	82,8	43,2	0	103,5	114,8	700,2	1.980,70
1990	20,2	72,3	34,2	32,2	106,4	33,8	36,1	27,2	25	85,4	96,6	49,4	618,80
1991	0	0	40,8	32,4	164,2	194,3	70,8	114,8					
Médias (1945 a 1991)	56,37	62,39	87,26	137,05	156,91	137,87	129,92	97,91	63,77	57,26	83,49	87,07	1.170,73

Fonte: Agencia Nacional de Água

Quadro 2. 32 - Temperatura média e Evapotranspiração Potencial em Usina Bananeiras

Meses	T*	T _{max}	T _{min}	J	dr	δ _s	ws	R _a	Et _o mm/dia	Et _o mm/mês
Jan	21,9	25,8	32,0	15	1,0	-0,4	1,7	16,4	5,2	162,0
Fev	21,6	25,8	31,9	45	1,0	-0,2	1,6	16,2	5,2	145,4
Mar	21,8	25,5	31,4	76	1,0	0,0	1,6	15,3	4,7	145,7
Abr	21,4	25,0	29,7	106	1,0	0,2	1,5	13,7	3,9	116,9
Mai	20,3	23,7	28,2	136	1,0	0,3	1,5	12,1	3,2	101,1
Jun	19,4	22,6	27,0	167	1,0	0,4	1,5	11,3	2,9	87,3
Jul	18,4	22,5	26,4	197	1,0	0,4	1,5	11,8	3,1	95,4
Ago	16,2	22,0	26,8	228	1,0	0,2	1,5	13,2	3,9	120,3
Set	18,9	23,1	28,5	258	1,0	0,0	1,6	14,8	4,3	128,0
Out	20,6	24,6	30,9	288	1,0	-0,2	1,6	15,9	4,9	152,1
Nov	20,7	24,8	30,6	319	1,0	-0,3	1,7	16,3	5,0	150,2
Dez	21,2	25,1	31,1	349	1,0	-0,4	1,7	16,4	5,1	158,2
Anual	20,5	24,2	29,8							1.562,7

LEGENDA:

Tmed (°C): Temperatura média

Tmax (°C): Temperatura máxima

Tmin (°C): Temperatura mínima

J (dias): Número do dia do ano acumulado

dr (rad): Distância relativa terra-sol

δ_s (rad): Declinação solar

ws (rad): ângulo horário do pôr do sol

R_a (mm/dia): radiação no topo da atmosfera

ETP (mm/dia): Evapotranspiração Potencial

HARGREAVE (mm/mês): Evapotranspiração de referência

Fonte: Geohidro, 2014; *HIDROWEB

Quadro 2. 33 - Balanço Hídrico Climatológico em Usina Bananeiras (em mm)

Meses	P	ETP	P-ETP	NEG . AC	ARM	VAR	ETR	DEF	EXC
Jan	70,6	162,0	-91,4	-606,5	0,2	-0,4	71,0	91,0	0,0
Fev	56,1	145,4	-89,4	-695,8	0,1	-0,1	56,2	89,3	0,0
Mar	69,5	145,7	-76,2	-772,0	0,0	-0,1	69,6	76,1	0,0
Abr	77,6	116,9	-39,3	-811,3	0,0	0,0	77,6	39,3	0,0
Mai	102,6	101,1	1,5	-421,6	1,5	1,5	101,1	0,0	0,0
Jun	82,6	87,3	-4,7	-426,3	1,4	-0,1	82,7	4,6	0,0
Jul	114,2	95,4	18,8	-159,8	20,2	18,8	95,4	0,0	0,0
Ago	78,2	120,3	-42,2	-202,0	13,3	-6,9	85,1	35,3	0,0
Set	48,4	128,0	-79,6	-281,6	6,0	-7,3	55,7	72,3	0,0
Out	42,9	152,1	-109,2	-390,8	2,0	-4,0	46,9	105,2	0,0
Nov	99,2	150,2	-51,1	-441,9	1,2	-0,8	100,0	50,3	0,0
Dez	85,1	158,2	-73,1	-515,0	0,6	-0,6	85,7	72,5	0,0
Anual	926,8	1.562,7					926,8	635,9	0,0

LEGENDA

P (mm): Precipitação Média Mensal

ETP (mm): Evapotranspiração Potencial Média Mensal

NEG.AC (mm): Negativo acumulado (Estresse hídrico (perda potencial); corresponde ao acumulado de P – ETP quando negativo)

ARM (mm)²: Armazenamento Útil de água no solo

VAR (mm): Variação do armazenamento útil de água no solo

ETR (mm): Evapotranspiração real (igual a ETP, se P ≥ ETP ou igual a P+|VAR|, se P < ETP)

DEF (mm): Deficiência Hídrica (equivalente a ETP – ETR)

EXC (mm): Excedente Hídrico em relação ao armazenamento máximo

Fonte: *Agência Nacional de Água (dados de Precipitação) e Geohidro, 2014 (cálculos)

² OBS.: entre o armazenamento útil e o estresse hídrico vale a seguinte relação: $ARM = ARM_{MAX} + \frac{NEG.AC}{ARM_{MAX}}$



Figura 2. 26 - Precipitação e Evapotranspiração Potencial - Usina Bananeiras

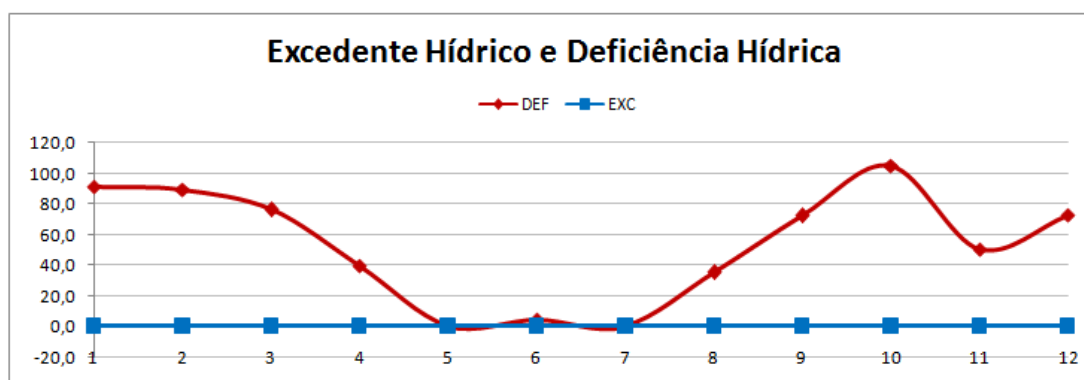


Figura 2. 27 - Excedente Hídrico e Deficiência Hídrica - Usina Bananeiras

Segundo as diversas publicações oficiais, o reservatório de Pedra do Cavalo apresenta os seguintes níveis característicos:

- Coroamento..... cota 125,00 m
- Nível de água máximo maximorum..... cota 124,00 m
- Nível de água máximo normal..... cota 120,00 m
- Nível de água mínimo normal..... cota 106,00 m

A usina de geração de energia possui suas tomadas de água com geratriz superior na cota 90,46 m (Serrano de Andrade, P. R. G.).

Em relação ao nível de água mínimo operacional, sabe-se que os limites atuais estão estabelecidos em função dos sistemas de captação da EMBASA.

No que se refere aos principais usos associados à operação do reservatório, além do abastecimento das cidades que exploram esse manancial, devem ser destacados, como já anteriormente citado, a geração de energia, explorada pela Votorantim Energia, e o controle de cheias.

Segundo o Inventário das Restrições Operativas Hidráulicas dos Aproveitamentos Hidrelétricos do Operador Nacional do Sistema, entidade do setor elétrico que estabelece a operação dos reservatórios que geram energia elétrica no país, a compatibilização dos interesses entre estes usos deve seguir um conjunto de restrições de nível que podem ser resumidos da seguinte forma:

- Restrição 1: para o mês de novembro, quando, nas condições normais de regime de chuvas na bacia do Paraguaçu, inicia a transição entre estiagem e cheias, o nível máximo operacional deverá ser a cota 119,0 m, buscando, desta forma, permitir a recuperação do nível de acumulação e ao mesmo tempo proporcionar um volume de espera para vazões de maior porte que já podem ocorrer neste período do ano;

- Restrição 2: entre os meses de dezembro e março, época em que devem ser esperadas as maiores cheias, o nível máximo de montante deve ser o da cota 114,5 m, proporcionando, desta forma maior segurança no controle de cheias;
- Restrição 3: para abril, início da transição do período úmido para o de estiagem na bacia, o nível máximo é o da cota 119,5 m, evidenciando a preocupação de formação de estoques para o abastecimento das cidades na convivência com os meses seguintes, onde a produção hídrica da bacia é bem mais restrita;
- Restrição 4: no período de janeiro a março, interrupção da geração de energia se o nível da água atingir a cota 113,0 m.
- Restrição 5: para evitar danos ao meio ambiente e conforme contrato de concessão com a ANEEL Nº 19/2002 deve-se manter uma vazão efluente mínima de 10 m³/s.
- Restrição 6: a vazão máxima para evitar danos a pessoas e patrimônios a jusante é de 1.500 m³/s.

De acordo com a EMBASA a cota 113,00 m, referida na Restrição 4, foi definida em caráter preliminar pela extinta Superintendência de Recursos Hídricos (SRH) visando assegurar o abastecimento humano e caberia ao permissionário efetuar simulações hidrológicas para possibilitar deliberação futura da SRH.

Posteriormente, os níveis de segurança para atendimento ao abastecimento humano foram definidos pela EMBASA e são: Nível de Segurança 1 (NS1) correspondendo a cota do reservatório em 110,00 metros; Nível de Segurança 2 (NS2) correspondendo a cota do reservatório igual a 109,00 metros; e Nível de Segurança 3 (NS3) correspondendo a cota do reservatório em 108,00 metros.

Portanto, apesar da existência da Restrição 4, o nível mínimo considerado atualmente pelo operador da barragem (Votorantim Energia) corresponde à cota 110,00 m, referido como Meta da EMBASA.

Em decorrência da severa estiagem vivida na bacia do Paraguaçu no ano de 2012, duas portarias do INEMA (2776 e 3268) reduziram, respectivamente, a vazão liberada para jusante aos valores de 6,0 m³/s e 3,0 m³/s, enquanto perdurassem as baixas contribuições que aportavam ao reservatório naquela oportunidade.

A bacia do Paraguaçu possui Comitê e atualmente o INEMA está elaborando o seu Plano de Bacia, que se encontra em fase de construção do diagnóstico. É muito provável que interesses diversos venham se manifestar acerca do uso das reservas de Pedra do Cavalo, uma vez que a região do médio Paraguaçu é composta basicamente por cursos de água com regime de vazões intermitente, quando não, efêmero, havendo grande carência de infraestrutura relacionada a recursos hídricos para atender aos consumos mais básicos, principalmente, da população rural.

Outra questão que vem assumindo importância cada vez maior diz respeito ao comportamento da qualidade das águas no trecho à jusante da barragem, principalmente no que se refere ao teor de sais nele encontrados. O problema decorre da diferença de comportamento dos parâmetros físico químicos da água em decorrência da entrada em operação da geração de energia.

Antes da entrada em operação da geração de energia, as vazões liberadas para jusante eram mais modestas. A alteração da operação por conta da geração de energia lançou maiores volumes de água doce para jusante, fazendo com que a qualidade das águas no trecho à jusante da barragem venha apresentando alterações quando comparada com o que se observava nos períodos em que a operação se dava por conta exclusiva dos interesses do abastecimento humano e do controle de cheias.

Naquela oportunidade o trecho apresentava maiores concentração de sais e proporcionava o extrativismo pesqueiro de espécies que se afastaram com a mudança dos critérios operacionais. Estudos têm sido realizados analisando o problema e propondo critérios de liberação para o trecho de jusante que leve em conta este aspecto. O plano da bacia deverá tratar do assunto e é possível que novo conjunto de diretrizes operacionais seja proposto.

Alteração dos critérios operacionais, combinando restrições de nível e liberações à jusante, podem estabelecer novas relações entre vazão regularizada e respectiva permanência.

2.3.3 Avaliações Hidrológicas

A avaliação da disponibilidade proporcionada pelo reservatório à luz dos novos cenários observados a que tem sido submetido em período mais recente é o principal objetivo dos estudos hidrológicos nesta fase do plano, comparando os resultados obtidos com os que eram esperados pelos trabalhos realizados anteriormente à implantação da obra de barramento.

A condição ideal de alimentação dos procedimentos metodológicos empregados para atingir tal objetivo é atingida quando se dispõe dos dados básicos atualizados e este não é o caso no que se refere ao reservatório de Pedra do Cavalo. Isto pode ser constatado a partir das seguintes observações.

Na oportunidade em que foi desenvolvido o projeto da barragem de Pedra do Cavalo estava em operação a estação fluviométrica Usina Bananeiras existente no Paraguaçu em local muito próximo do eixo da barragem. Atualmente, esta estação não opera mais e existem duas estações já citadas anteriormente que estão operando em local muito próximo do lago, nos seus dois ramos existentes, a estação de Argoim, no próprio Paraguaçu e a da Ponte Rio Branco, no Jacuípe, que no seu trecho final também possui área inundada. A soma das áreas de contribuição destas duas estações é inferior à extensão total da bacia associada a Pedra do Cavalo, existindo ainda um trecho residual que corresponde a pequenos afluentes que lançam diretamente no lago ou mesmo setores que fazem lançamento direto. Como a extensão do lago é bastante significativa, esta diferença não é tão modesta assim em sua extensão. Todavia, em termos de contribuição de vazões para alimentação do reservatório, a soma dos aportes procedentes destas duas estações guarda uma proporção mais significativa. O grande problema referente a estas duas estações é a elevada quantidade de falhas existente nos anos mais recentes, principalmente na estação sobre o Jacuípe.

Outra deficiência em relação a dados atuais é relativa a informações pluviométricas atuais no banco de dados da ANA. No que se refere à distribuição espacial de estações existentes é possível se encontrar uma estação em Feira de Santana, outra em Argoim e ainda a existente em São Felix, cada uma delas em uma das extremidades do lago, o que pode ser considerada uma boa condição neste aspecto. Entretanto, a estação de Argoim (01239000), para os anos posteriores a 1980, possui dados somente até a 1991, com falha em quatro meses de 1983. Em Feira de Santana (01238028), a série, para o mesmo período somente são disponibilizados até agosto de 1991. No que se refere a São Félix (01238025), para os anos posteriores a 1980 a situação de disponibilidade de dados é a mesma da estação de Feira de Santana. Desta maneira, grandes dificuldades existem para representar este tipo de entrada de dado no balanço hídrico utilizado para avaliar a capacidade de regularização do reservatório nas condições representadas pelos cenários mais recentes.

Antes de se descrever o partido utilizado para superar, dentro do possível, estas limitações outro aspecto importante na avaliação a que se destinam os estudos hidrológicos nesta fase, a ser abordado diz respeito aos aspectos geométricos do reservatório.

Foram disponibilizados pelo INEMA informações resultantes de estudos realizados com o objetivo de estimar a evolução das relações entre o nível de água no reservatório e os respectivos volume armazenado e área da superfície do espelho d'água. Segundo as informações disponibilizadas, o estudo estima curvas cota x área e cota x volume para 20, 30 e 50 anos de funcionamento. O **Quadro 2. 34** a seguir sintetiza os resultados a que se chegou.

Quadro 2. 34 - Evolução esperada para as relações entre cota com área e volume

Cota (m)	ORIGINAL		10 ANOS		20 ANOS		30 ANOS		50 ANOS	
	Área	Volume	Área Revisada	Volume Revisado	Área Revisada	Volume Revisado	Área Revisada	Volume Revisado	Área Revisada	Volume Revisado
	(10 ⁶ m ²)	(10 ⁶ m ³)	(10 ⁶ m ²)	(10 ⁶ m ³)	(10 ⁶ m ²)	(10 ⁶ m ³)	(10 ⁶ m ²)	(10 ⁶ m ³)	(10 ⁶ m ²)	(10 ⁶ m ³)
124	185,86	5329,88	185,86	5079,25	185,86	4836,8	185,86	4597,46	185,86	4124,49
120	163,09	4630,96	160,27	4385,98	157,53	4149	154,84	3915,04	149,18	3453,38
115	141,15	3869,29	137,65	3640,1	134,27	3418,4	130,94	3199,54	123,94	2769,52
110	119,42	3217,34	115,65	3006,33	111,99	2802,2	108,39	2600,71	100,83	2207,08
106	106,26	2765,65	102,4	2569,91	98,67	2380,6	94,98	2193,63	87,26	1830,58
100	86,83	2185,58	82,99	2012,94	79,27	1846	75,6	1681,08	67,91	1364,28
90	65,14	1424,77	61,56	1289,39	58,09	1158,5	54,67	1029,17	47,49	786,99
84	54,86	1064,22	51,52	949,63	48,28	838,8	45,09	729,36	38,39	528,81
80	48,01	858,12	44,85	756,55	41,79	658,3	38,77	561,3	32,43	386,81
70	30,85	462,84	28,19	390,41	25,62	320,36	23,08	251,18	17,75	135,05
68	9,67	303,57	7,12	236,35	4,65	171,34	2,21	107,15	0	0
60	8,35	231,11	6,22	182,61	4,17	135,71	2,14	89,39	0	0
50	6,72	155,66	5,12	125,77	3,58	96,86	2,05	68,32	0	0
40	5,1	96,45	3,99	80,06	2,92	64,2	1,86	48,55	0	0
30	3,75	52,13	3,07	44,61	2,42	37,34	1,77	30,17	0	0
20	2,34	21,66	2,01	19,12	1,69	16,68	1,37	14,26	0	0
10	1	4,98	0,9	4,51	0,81	4,05	0,72	3,6	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: INEMA, se referindo a COELBA, GRUPO IBERDROLA, INTERCHNE, ODEBRECHT

Para aplicação neste estudo, foi utilizado procedimento já descrito anteriormente quando na discussão do reservatório de Santa Helena que foi a de considerar os valores estimados para a área e a partir deles, estimar incrementos de volume e volume total. Em sequência foi ajustada uma função para cada uma das relações (cota x área e cota x volume) por procedimentos matemáticos adequados e estas utilizadas na modelagem selecionada. Este procedimento foi realizado para os elementos estabelecidos para 30 e 50 anos, representando a tendência de cenário atual e para as proximidades do fim da vigência deste plano.

Na busca do melhor ajuste entre os dados foram considerados somente os pares relativos a cota igual ou superior a 80,0 m, uma vez que com este procedimento, os ajustes de todas as curvas apresentam coeficiente de correlação muito próximos de 1,0. Cabe destacar que este recurso não altera o resultado dos cálculos efetuados pela modelagem utilizada uma vez que o nível mínimo operacional, na condição mais extrema é definido na cota 108,0 m. Todas as expressões são do tipo **Volume (ou Área) = K.altura^m**. Os valores de K e m, assim como os respectivos coeficientes de correlação (r²) associados a cada uma das curvas obtidas (projeto, 30 anos e 50 anos) estão apresentados no **Quadro 2. 35**.

Quadro 2. 35 - Valores de K, m e r² para as curvas cota x área e cota x volume

CENÁRIO	CURVAS	k	m	r ²
Projeto da Barragem	cota x área	68,6760	3,0626	0,9950
	cota x volume	11,6870	4,1353	0,9999
30 anos	cota x área	8,1172	3,4987	0,9928
	cota x volume	0,5406	4,7436	0,9997
50 anos	cota x área	1,3261	3,8703	0,9919
	cota x volume	0,0306	5,1386	0,9991

A avaliação da vazão regularizada sob a ótica dos cenários atuais foi realizada usando metodologia de balanço hídrico, estruturado na forma de modelagem matemática sob o título de BHIM, metodologia e procedimentos já descritos quando a mesma análise foi efetuada para o reservatório de Santa Helena. Para superar as dificuldades impostas pela inexistência de dados recentes de precipitação para alimentar a modelagem foi feita uma comparação de resultados com a aplicação da metodologia sob dois cenários idênticos em todos os aspectos com exceção de que somente em um deles foi informado valores mensais de precipitação enquanto no outro, estes dados foram suprimidos. Para realizar tal comparação, o cenário considerou as seguintes entradas:

- geometria do reservatório segundo as expressões relativas à época do projeto;
- série histórica de vazões médias mensais entre os meses de janeiro de 1937 e dezembro de 1953;
- precipitação mensal medidas em Usina Bananeiras, no mesmo período para um dos cenários e nenhuma precipitação para o outro; nível máximo operacional na cota 120,0 m e mínimo em 108,0 m;
- evapotranspiração mensal estimada por Hargreaves para o local com coordenadas de Usina Bananeiras;
- nenhuma restrição de uso para qualquer nível entre o máximo e mínimo operacional.

O período citado foi escolhido por ser este, para as condições anteriores à implantação da obra, o mais extenso sem falhas de valores de precipitação. Desta forma, não haveria nenhuma interferência de eventuais preenchimentos de falha sobre o resultado. É portanto, um cenário puramente comparativo para fins de se avaliar a influência dos dados de chuva na situação específica de Pedra do Cavalo. Os resultados mostram que com o cenário contando com valores de chuva mensal, a vazão regularizada, com 100% de permanência, foi estimada em 60,476 m³/s enquanto, o mesmo indicador, sem levar em conta as chuvas mensais, chegou a 59,880 m³/s. A não inclusão de dados de precipitação resultou numa queda inferior a 1,0% do valor. A seguir, são apresentados os elementos de entrada e de saída para os cenários considerados (Figura 2. 28 a Figura 2. 31).

BHIM - BALANÇO HÍDRICO ITERATIVO MENSAL EM UM RESERVATÓRIO											
AÇUDE: Pedra do Cavalo			Rio : Paraguaçu			Município :			Estado : Bahia		
Fase : Operacional			Cenário : Jan/1937 a Dez/1953 sem precipitação			Série de vazões : Jan / 1930 a Dez / 1975					
DADOS GERAIS											
DO RESERVATÓRIO			DO CONSUMO MÉDIO			DO CRITÉRIO DE OPERAÇÃO					
Nível	H (m)	Vol (m³)	Tipo	Q (l/s)	V (m³)	Abaixo de	120,0	118,0	115,0	112,0	
U max	120	4.631.708,840	Q amb	0,0	0	Acima de	118,0	115,0	112,0	108,0	
Rest unp	118	4.320.725,827	Q ab h	59880,0	155.208.960	Critério	S/ rest	Rest unp	Rest 1	Rest 2	
Rest 1	115	3.884.246,859	Qm irrig	0,0	0	FATORES DE ATENDIMENTO					
Rest 2	112	3.482.044,630	Q outros	0,0	0	Qirrig	1,00	1,00	1,00	1,00	
Op min	108	2.995,851623	sobre a irrigação			Q amb	1,00	1,00	1,00	1,00	
DADOS DE INICIALIZAÇÃO			Ai =	0,0	ha	Q ab h	1,00	1,00	1,00	1,00	
Ho = 120 m			t irrig =	24,0	ha / dia	Q outros	1,00	1,00	1,00	1,00	
Ao = 160.142,084 m²			DO CONSUMO MENSAL								
Vo = 4.631.708,840 m³			Consumos mensais para cada uso				Consumos totais mensais				
Mês	ETP (mm)	Qirrig l/s	Qirrig m³/mês	Q amb m³/mês	Q ab h m³/mês	Q outros m³/mês	S/ rest m³/mês	Rest unp m³/mês	Rest 1 m³/mês	Rest 2 m³/mês	
JAN	162,0	0,000	0	0	155.208.960	0	155.208.960	155.208.960	155.208.960	155.208.960	
FEV	145,4	0,000	0	0	155.208.960	0	155.208.960	155.208.960	155.208.960	155.208.960	
MAR	145,7	0,000	0	0	155.208.960	0	155.208.960	155.208.960	155.208.960	155.208.960	
ABR	116,9	0,000	0	0	155.208.960	0	155.208.960	155.208.960	155.208.960	155.208.960	
MAI	101,1	0,000	0	0	155.208.960	0	155.208.960	155.208.960	155.208.960	155.208.960	
JUN	87,3	0,000	0	0	155.208.960	0	155.208.960	155.208.960	155.208.960	155.208.960	
JUL	95,4	0,000	0	0	155.208.960	0	155.208.960	155.208.960	155.208.960	155.208.960	
AGO	120,3	0,000	0	0	155.208.960	0	155.208.960	155.208.960	155.208.960	155.208.960	
SET	128,0	0,000	0	0	155.208.960	0	155.208.960	155.208.960	155.208.960	155.208.960	
OUT	152,1	0,000	0	0	155.208.960	0	155.208.960	155.208.960	155.208.960	155.208.960	
NOV	150,2	0,000	0	0	155.208.960	0	155.208.960	155.208.960	155.208.960	155.208.960	
DEZ	158,2	0,000	0	0	155.208.960	0	155.208.960	155.208.960	155.208.960	155.208.960	
ETP anual =		1562,7									
Q med =		0,000	0	0	155.208.960	0	155.208.960	155.208.960	155.208.960	155.208.960	
Curvas cota x área x volume											
Curva	Tipo	Coeficientes									
		k	m								
a = f(h)	k.h ^m	68,6760	3,0626								
V = f(h)	k.h ^m	11,6870	4,1353								

Figura 2. 28 - Entradas no BHIM para o cenário proposto sem considerar a precipitação

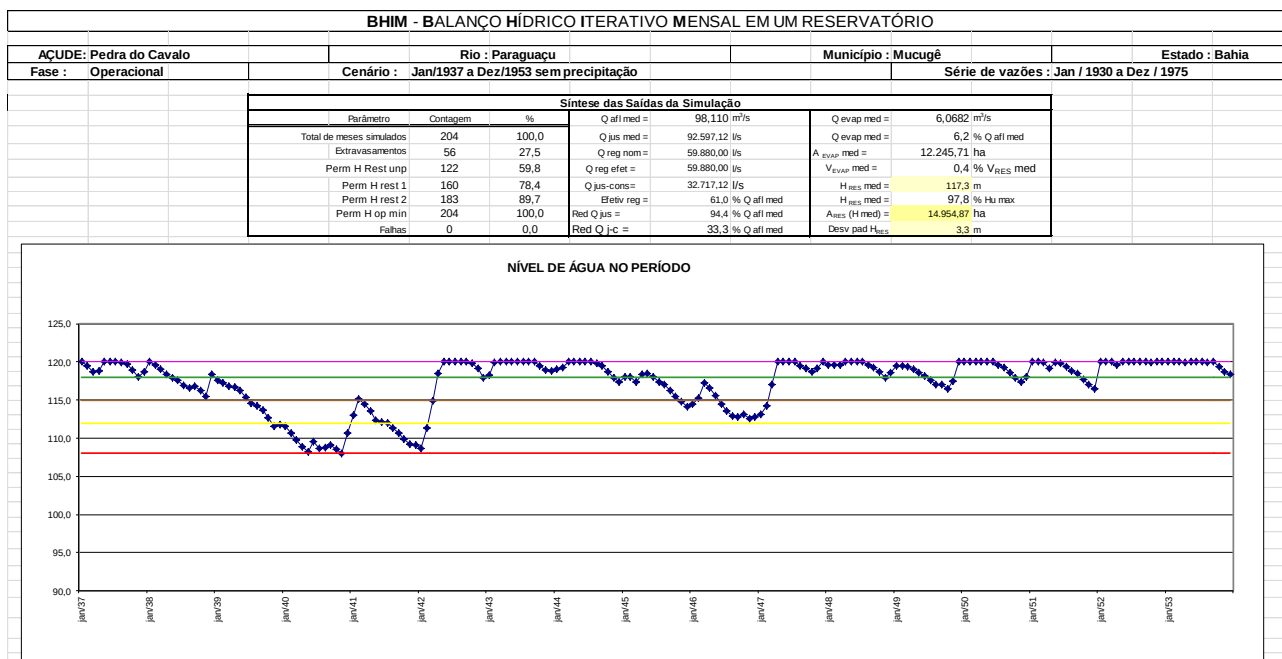


Figura 2. 29 - Saídas do BHIM e Comportamento esperado do cenário proposto sem considerar a precipitação.

BHIM - BALANÇO HÍDRICO ITERATIVO MENSAL EM UM RESERVATÓRIO										
AÇUDE: Pedra do Cavalo			Rio : Paraguaçu			Município :			Estado : Bahia	
Fase : Operacional			Cenário : Jan/1937 a Dez/1953 com precipitação			Série de vazões : Jan / 1930 a Dez / 1975				
DADOS GERAIS										
DO RESERVATÓRIO			DO CONSUMO MÉDIO			DO CRITÉRIO DE OPERAÇÃO				
Nível	H (m)	Vol (m³)	Tipo	Q (l/s)	V (m³)	Abaixo de	120,0	118,0	115,0	112,0
U max	120	4.631.708.840	Q amb	0,0	0	Acima de	118,0	115,0	112,0	108,0
Rest unp	118	4.320.725.827	Q ab h	60476,0	156.753.792	Critério	S/ rest	Rest unp	Rest 1	Rest 2
Rest 1	115	3.884.246.859	Qm irrig	0,0	0					
Rest 2	112	3.482.044.630	Q outros	0,0	0	FATORES DE ATENDIMENTO				
Op m in	108	2.995.851.623	sobre a irrigação			Qirrig	1,00	1,00	1,00	1,00
DADOS DE INICIALIZAÇÃO			At =	0,0	ha	Q amb	1,00	1,00	1,00	1,00
Ho = 120 m			t irrig =	24,0	ha / dia	Q ab h	1,00	1,00	1,00	1,00
Ao = 160.142.084 m²			DO CONSUMO MENSAL							
Vo = 4.631.708.840 m³										
Mês	ETP (mm)	Qirrig l/s	Consumos mensais para cada uso				Consumos totais mensais			
			Qirrig m³/mês	Q amb m³/mês	Q ab h m³/mês	Q outros m³/mês	S/ rest m³/mês	Rest unp m³/mês	Rest 1 m³/mês	Rest 2 m³/mês
JAN	162,0	0,000	0	0	156.753.792	0	156.753.792	156.753.792	156.753.792	156.753.792
FEV	145,4	0,000	0	0	156.753.792	0	156.753.792	156.753.792	156.753.792	156.753.792
MAR	145,7	0,000	0	0	156.753.792	0	156.753.792	156.753.792	156.753.792	156.753.792
ABR	116,9	0,000	0	0	156.753.792	0	156.753.792	156.753.792	156.753.792	156.753.792
MAI	101,1	0,000	0	0	156.753.792	0	156.753.792	156.753.792	156.753.792	156.753.792
JUN	87,3	0,000	0	0	156.753.792	0	156.753.792	156.753.792	156.753.792	156.753.792
JUL	95,4	0,000	0	0	156.753.792	0	156.753.792	156.753.792	156.753.792	156.753.792
AGO	120,3	0,000	0	0	156.753.792	0	156.753.792	156.753.792	156.753.792	156.753.792
SET	128,0	0,000	0	0	156.753.792	0	156.753.792	156.753.792	156.753.792	156.753.792
OUT	152,1	0,000	0	0	156.753.792	0	156.753.792	156.753.792	156.753.792	156.753.792
NOV	150,2	0,000	0	0	156.753.792	0	156.753.792	156.753.792	156.753.792	156.753.792
DEZ	158,2	0,000	0	0	156.753.792	0	156.753.792	156.753.792	156.753.792	156.753.792
ETP anual =	1562,7									
Q med =		0,000	0	0	156.753.792	0	156.753.792	156.753.792	156.753.792	156.753.792
Curvas cota x área x volume										
Curva	Tipo	Coeficientes								
		k	m							
a = f(h)	k.h ^m	68,6760	3,0626							
V = f(h)	k.h ^m	11,6870	4,1353							

Figura 2. 30 - Entradas no BHIM para o cenário proposto considerando a precipitação

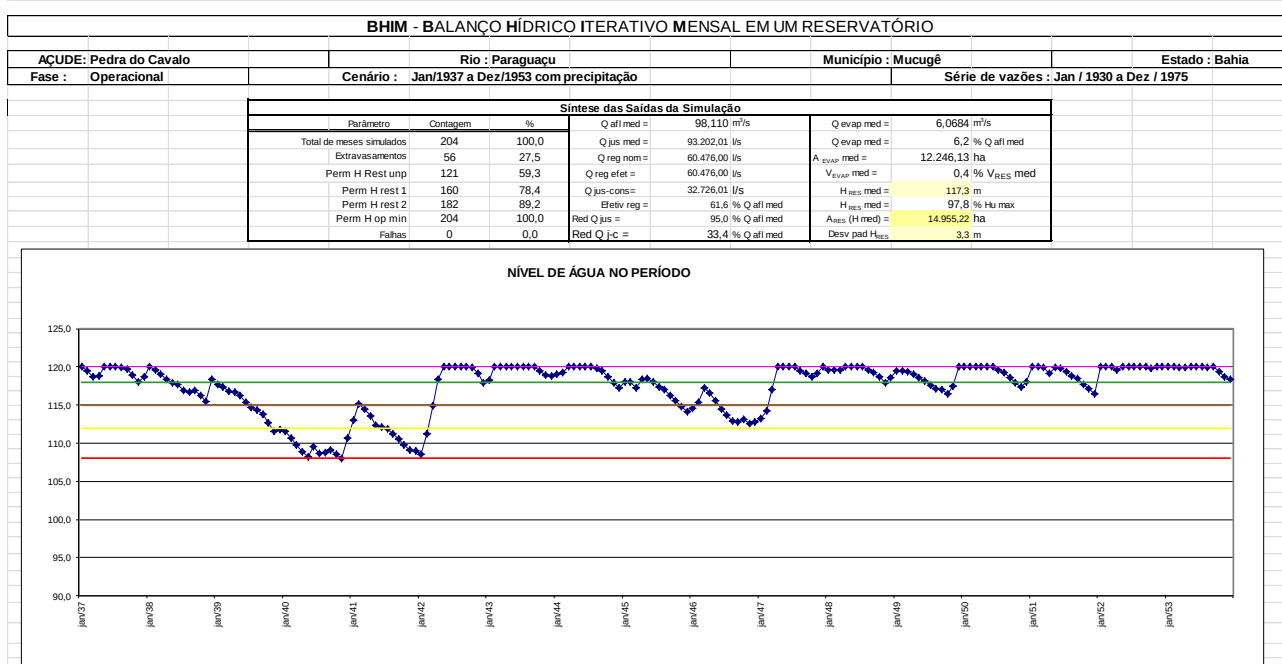


Figura 2. 31 - Saídas do BHIM e Comportamento esperado do cenário proposto considerando a precipitação.

Ainda a título de verificação, o produto entre a precipitação média anual na estação considerada e a área do espelho d'água na cota 120,0 m resulta num volume da ordem de 5% do volume total do reservatório. Ressalta-se que este valor é obtido considerando que a superfície do lago é igual ao seu valor máximo ao longo de todos os dias do ano, hipótese que não se comprova na prática e que resulta em superestimativa da contribuição resultante das precipitações. Outra comparação ainda possível de se realizar é com a vazão média que alimentou, via cursos de água, o reservatório no período simulado para a finalidade em questão. Se for considerado o volume anual precipitado sobre o lago, dentro do critério já informado, distribuído ao longo de todos os dias do ano, este volume corresponde a uma vazão média da ordem de 7% da vazão que alimentou o reservatório. Os valores são próximos ao que se chegou na comparação entre volume precipitado e total do reservatório. Da mesma forma, o valor gerado é bem superior ao que de fato ocorreria se fossem consideradas as variações de área expostas à chuva ao longo do tempo de simulação.

Com base nestes resultados foi tomada a decisão de se avaliar a vazão regularizada mesmo sem alimentar o modelo com dados de precipitação e admitir que o valor encontrado seja algo cerca de 5% a menos do que se obteria com informações pluviométricas.

Para superar a carência de dados de vazão o procedimento adotado foi o que a seguir se descreve. Inicialmente foram consideradas as informações coletadas nas estações fluviométricas de Argoim (51350000) e Pedra do Cavalo (51490000), ambas no Paraguaçu e a Ponte Rio Branco (51460000), no rio Jacuípe, no período em que se dispõe de dados nas três estações. Os dados das três estações estão apresentados no **Quadro 2. 36**, **Quadro 2. 37** e no **Quadro 2. 38**. Conforme mencionado anteriormente, para a estação de Pedra do Cavalo (**Quadro 2. 38**) foram utilizados os dados do documento de Genz (2006), cuja série é de 1930 a 1975.

Quadro 2. 36 - Dados fluviométricos da estação de Argoim (51350000) – em m³/s

NÍVEL DE CONSISTÊNCIA	ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIAS ANUAIS
2 - Consistido	1950	39,49	42,16	76,11	128,43		41,48	24,57	25,99	17,10	14,72	87,87	40,84	
	1951		16,08	99,70								2,88	4,71	
	1952		4,35	60,50	29,16	28,04	28,41	15,26	27,04	11,43	8,15		335,53	
	1953	92,86	11,47	19,81	16,13	6,66	18,11	29,74	14,80	7,36	10,52	17,41	203,02	37,32
	1954	40,10	179,22	85,97	270,31	53,57	34,40	26,39	59,44	21,05	5,01	40,33	460,77	106,38
	1955	142,54	145,73	33,96	39,40	20,28	13,85	43,13	29,47	12,59	8,22	144,86	228,95	71,92
	1956	65,85	66,22	139,12	79,01	38,82	26,30	28,34	26,80	15,24	16,19	263,18	223,84	82,41
	1957	151,14	82,85	879,06		122,41	69,16	130,16	41,64	49,11	33,31	29,26	59,35	
	1958	112,77	195,97	71,26	80,63	70,43	29,65	59,83	38,81	22,42	72,52	118,97	26,75	75,00
	1959	178,00	38,24	49,62	27,61	17,56	20,73	44,84	36,17	14,48	6,06	43,57	24,46	41,78
	1960	178,51	276,14	1.030,41	323,87	99,53	83,53	72,36		50,09	23,63	56,97	79,78	
	1961	48,55	47,10	28,30	46,02	21,55	27,11	84,19	30,10	13,87	6,24	6,35	6,12	30,46
	1962	36,79	38,17	39,98	48,66	57,02	21,43	32,07	29,47	16,52	14,40	17,07	120,92	39,37
	1963		106,68	42,68	35,76	81,95	16,95	14,97	15,81	8,32	4,57	52,73	310,43	
	1964	1.049,36	787,83	202,54	207,80		54,85	49,09	42,20	51,22	52,12	58,04	260,26	
	1965	34,29	31,07	15,32	135,19	46,02	51,32	62,93	58,33	37,73	74,19	84,83	44,09	56,28
	1966	26,40	195,82	166,89	302,96	70,46	33,88	98,62	37,70	19,76	16,77	43,14	191,09	100,29
	1967	93,55	39,24	49,63	85,06	44,44	34,52	48,83	22,91	20,28	45,20	148,35	286,73	76,56
	1968	131,10	202,08	270,41	110,46	47,22	28,72	44,44	22,75	16,99	52,93	247,81	236,76	117,64
	1969	59,36	329,91	462,01	100,03	95,10	66,02	53,55	40,23	21,25	29,60	17,38	218,33	124,40
	1970	337,69	203,79	158,64	77,22	81,77	95,96	107,08	76,90	25,86	56,72	247,37	118,21	132,27
	1971	28,73	22,71	20,51	32,10	21,34	18,07	93,81	28,08	37,05	18,60	171,04	55,51	45,63
	1972	61,30	36,54	51,11	42,09	20,73	64,97	45,56	25,95	37,58	53,47	21,41	323,62	65,36
	1973	107,15	30,10	89,58	88,79	31,34	64,93	56,86	26,97	15,99	64,72	67,00	110,38	62,82
	1974	38,04	104,19	254,84	123,89	142,74	106,37	42,76	35,22	22,01	45,71	205,57	261,27	115,22
	1975	167,18	146,54	60,89	196,29	44,70	24,22	59,77	56,48	47,92	31,12	73,71	70,14	81,58
	1976	27,39	130,47	46,15	25,17	26,58	19,68	17,62	17,51	11,49	140,91	181,80	147,70	66,04
	1977	73,14	198,41	55,40	41,66	40,61	43,88	59,25	18,49	12,73	170,95	73,12	134,80	76,87
	1978	286,52	501,72	467,76	332,57	218,71	129,76	64,29	98,59	41,23	69,39	64,38	157,03	202,66
	1979	300,50	306,96	145,60	79,77	76,91	49,74	42,40	26,45	18,07	20,85	54,30	61,98	98,63
	1980	201,31	1.220,21	228,02	46,90	54,65	48,85	43,05	35,54	26,40	24,37	39,16	203,53	181,00
	1981	47,56	35,16	485,13	365,72	159,16	81,74	55,70	33,07	20,18	15,78	73,96	23,60	116,40
	1982	62,63	59,60	90,72	71,48	33,76	38,04	22,21	34,28	19,92	27,12	14,22	30,97	42,08
	1983	49,54	240,37	76,39	105,58	60,26	30,82	37,94	17,40	9,85	27,39	55,73	104,17	67,95

cont.

Continuação do Quadro 2. 36 – Dados fluviométricos da estação de Argoim (51350000) – em m³/s

NÍVEL DE CONSISTÊNCIA	ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIAS ANUAIS
2 - Consistido	1984	20,56	10,20	15,18	151,02	128,91	34,10	35,50	28,75	91,91	16,26	35,46	38,26	50,51
	1985	162,87	117,34	82,61	119,22	79,57	53,01	30,67	63,14	23,32	40,35	103,40	502,65	114,85
	1986	139,09	38,62	26,38	20,80	32,12	20,84	17,73	14,25	22,11	30,03	48,29	61,40	39,30
	1987	44,18	14,97	56,86	102,26	95,17	18,38	15,95	9,44	6,12	5,48	11,09	41,27	35,10
	1988	100,94	17,12	140,69	97,28	40,00	23,89	24,59	19,39	10,92	11,18	21,58	159,92	55,62
	1989	21,89	13,18	21,49	55,85	23,91	24,97	30,06	11,54	13,14	32,24	97,20	1.152,30	124,81
	1990	227,44	57,05	42,63	16,18	11,94	12,89	15,31	11,27	15,41	20,37	46,56	112,83	49,16
	1991	73,52	36,32	51,71	42,12	18,50	62,08	35,27	21,42	18,90	6,12	190,31	111,20	55,62
	1992	320,69	1.195,33	92,01	59,13	26,66	47,99	63,42	33,13	20,67	15,42	73,08	169,80	176,44
	1993	89,92	30,22	11,41	5,59	5,92	9,77	8,66	10,17	5,74	5,05	4,38	4,71	15,96
	1994	16,07	22,55	243,18	95,04	60,73	20,94	27,08	24,45	17,77	10,58	4,01	14,10	46,38
	1995	4,69	4,94	13,05	76,03	37,27	16,71	38,78	27,62	7,48	2,31	31,09	156,47	34,70
	1996	68,62	8,32	1,79	2,94	8,20	10,42	10,43	4,04	13,19	31,53	63,33	64,97	23,98
	1997	102,41	155,47	543,04	369,04	138,04	49,82	37,12	18,83	10,87	7,97	13,24	27,69	122,79
	1998	48,50	48,94	20,57	5,19	3,66	5,89	15,19	5,71	2,99	0,79	69,02	79,16	25,47
	1999	28,44	13,82	72,57	18,84	30,85	54,73	27,69	34,14	49,99	44,63	153,98	266,65	66,36
	2000	210,75	72,76	115,12	142,60	76,26	50,35	55,40	27,52	21,76	8,69	112,39	230,20	93,65
	2001	53,94	15,06	42,07	24,99	35,98	28,70	26,81	31,00	42,61	50,55	17,33	81,25	37,52
	2002	558,72	279,97	31,40	23,62	27,68	23,55	33,45	28,87	22,43	35,89	14,12	14,10	91,15
	2003	89,02	81,79	26,52	39,18	26,45	68,62	20,20	39,68	30,16	10,61	29,64		
	2004	394,61	206,62	235,34	93,61	44,69	33,73	35,79	11,97	5,05	3,41	75,80	79,00	101,63
	2005	40,94	245,49	79,64	123,65	93,59	60,00	48,61	63,46	29,50	9,42	21,06	111,09	77,20
1 – Não Consistido	2006	18,95	5,70	120,44	381,74	193,43	36,94		20,88	8,75	11,59	179,44		
	2007	39,67		237,59	57,30	41,62	20,13	46,94	20,20	18,86	17,00	5,07	44,09	
	2008	9,18	35,16	88,86	137,68	33,96	21,78	34,84	9,83	8,61	4,66	8,49	128,75	43,48
	2009	107,82	23,08	22,82	125,64		49,04	28,39	16,10	8,54	76,84	84,03	35,10	
	2010	37,46	9,60	38,92	112,04	29,49	11,07	13,80	37,37	8,96	6,53	25,57	126,40	38,10
	2011	48,60	25,80	114,97	99,31	73,01	17,70	15,75	21,96	10,47	5,98	86,33	86,28	50,51
	2012	16,83	30,60	9,17	5,24	5,67	4,58	4,74	5,38	12,36	3,28	37,37	7,29	11,88
	2013	57,34	24,58	4,06	11,38	7,55	19,22	32,45	18,01	33,11	10,83	4,96	303,27	43,90
Médias	NC2	133,72	156,41	143,20	99,63	56,23	40,89	43,01	30,93	22,82	30,19	73,82	157,18	78,18
	NC1	45,20	22,98	77,23	113,15	54,96	22,56	24,72	18,72	13,71	17,09	53,91	104,45	37,57
	Global	120,87	139,74	134,07	101,56	56,09	38,56	40,68	29,36	21,66	28,52	71,29	151,22	6,40

Fonte: Agência Nacional de Água, 2014

Quadro 2. 37 - Dados fluviométricos Ponte Rio Branco (51460000) – em m³/s

NÍVEL DE CONSISTÊNCIA	ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIAS ANUAIS
2 - Consistido	1929											0,00	112,00	
	1930	1,32	0,58	130,00	19,70	6,13	4,97	3,22	0,77	0,03	0,01	0,00	6,45	14
	1931	0,75	0,04	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,10	0,15	2
	1932	0,63	0,00	0,48	0,52	0,00	0,00	1,96	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0
	1933	0,00	0,00	4,26	19,90	7,83	4,46	3,38	1,74	0,35	0,01	8,03	2,99	4
	1934	4,09	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,00	0
	1935	53,20	15,40	4,81	8,19	3,46	2,48	4,37	2,74	0,28	0,00	0,00	0,02	8
	1936	1,94	31,20	1,77	1,40	1,43	0,41	0,88	0,18	0,00	0,00	0,93	0,00	3
	1937	0,00	27,80	5,39	8,61	6,45	0,91	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4
	1938	0,00	0,00	1,88	0,14	4,37	0,41	0,33	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	1
	1939	1,16	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,62	0,23	0,15	2,91	1
	1940	2,08	21,70	187,00	7,18	2,22	1,06	0,79	0,13	0,02	0,00	2,97	1,06	19
	1941	2,42	2,87	120,00	0,74	2,86	1,79	2,48	2,13	1,06	0,00	2,38	19,80	13
	1942	5,03	2,89	0,04	3,77	0,16	0,00	0,02	0,07	0,00	0,00	27,30	21,00	5
	1943	5,32	10,70	1,51	0,19	2,93	1,94	6,86	2,59	0,94	0,04	0,00	4,63	3
	1944	10,30	1,92	0,20	11,60	3,41	2,89	0,28	1,53	0,19	0,00	75,30	102,00	17
	1945	50,70	2,45	0,07	41,90	19,50	21,80	4,67	2,57	8,40	16,60	6,46	4,81	15
	1946	6,81	2,21	1,06	0,55	0,43	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1
	1947	0,01	0,00	22,80	11,10	3,20	1,29	0,49	0,40	0,00	0,00	54,30	131,00	19
	1948	2,23	3,25	12,70	1,29	1,81	3,12	14,40	6,22	4,46	1,37	0,37	132,00	15
	1949	8,90	5,06	1,93	1,62	0,77	0,05	7,15	3,54	0,08	0,00	107,00	27,50	14
	1950	4,74	5,04	7,21	0,67	1,42	0,29	0,00	0,07	0,00	0,00	1,51	0,13	2
	1951	0,00	0,00	1,06	5,40	3,90	3,10	0,48	0,02	0,00	0,00	0,00	10,90	2
	1952	0,29	0,00	2,72	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	89,90	8
	1953	5,22	4,92	2,13	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,40	88,40	10
	1954	5,43	4,28	0,72	2,47	1,77	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	19,80	96,50	11
	1955	13,40	5,47	0,46	0,38	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	7,01	6,27	3
	1956	1,52	0,19	1,34	0,21	0,00	0,24	0,00	0,87	0,00	0,00	12,80	21,20	3

cont.

Continuação do Quadro 2. 37 – Dados fluviométricos Ponte Rio Branco (51460000) – em m³/s

NÍVEL DE CONSISTÊNCIA	ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIAS ANUAIS
2 - Consistido	1957	8,03	2,39	170,00	35,50	8,54	5,39	7,96	4,49	3,89	0,96	1,28	2,62	21
	1958	2,81	16,40	2,58	4,25	0,79	1,02	3,74	1,85	0,27	0,98	4,35	0,55	3
	1959	4,77	0,70	2,25	0,39	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,26	1,18	1
	1960	34,70	69,50	251,00	42,10	21,60	12,40	18,80	4,84	3,22	0,82	0,52	0,09	38
	1961	1,07	1,48	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
	1962	1,93	0,08	3,93	1,67	0,32	0,11	0,10	0,00	0,00	0,00	13,20	3,48	2
	1963	3,28	7,49	0,81	0,02	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,37		
	1964	193,00	83,30	17,20	29,50	43,30	9,83	9,82	13,10	3,75	6,09	8,35	25,40	37
	1965	2,24	1,70	0,38	0,14	1,65	0,69	0,77	0,86	0,23	0,38	19,30	2,56	3
	1966	1,31	89,90	14,90	115,00	11,10	8,04	12,10	6,51	3,07	0,69	3,85	12,80	23
	1967	0,45	0,09	2,49	0,86	0,23	4,50	4,54	0,07	0,00	0,00	0,35	73,60	7
	1968	13,10	16,20	51,10	2,92	0,77	14,60	7,90	0,99	0,03	0,18	50,80	17,70	15
	1969	2,28	32,10	155,00	35,50	10,50	10,10	3,58	1,62	0,07				
	1970													
	1971													
	1972													
	1973	8,22	0,40	6,99	3,32	0,08	1,66	1,81	0,27	0,30	9,12	7,41	2,48	4
	1974	0,43	0,87	8,75	22,90	34,50	8,49	2,47	0,19	0,00	1,10	5,10	18,70	9
	1975	45,70	48,60	0,45	4,45	0,30	0,01	1,32	6,51	2,99	0,44	1,49	2,45	10
	1976	0,19	25,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,50	2,85	3,58	4
	1977	5,77	12,10	0,28	0,45	0,35	0,00	0,00	0,00	1,83	0,62	0,00	60,10	7
	1978	31,10	61,50	85,60	11,80	78,30	13,40	2,40	1,44	0,08	0,18	0,00	3,69	24
	1979	86,00	33,60	5,06	3,20	2,20	2,22	2,78	0,50	0,00	0,00	0,00	0,22	11
	1980	31,31	434,64	25,25	5,68	4,08	3,46	3,10	2,29	1,59	0,64	0,53	0,32	43
	1981	4,15	2,49	113,10	28,51	9,71	5,11	5,75	3,34	1,91	0,50	0,83	1,12	15
	1982	5,93	0,34	0,65	5,58	1,17	47,99	4,43	2,50	1,09	1,64			
	1983		57,53	18,71	7,92	1,25	0,23	0,00	0,00		0,00		0,15	
	1984			0,00		2,33	0,63	0,48	0,03		0,00	0,00		

cont.

Continuação do Quadro 2. 37 – Dados fluviométricos Ponte Rio Branco (51460000) – em m³/s

NÍVEL DE CONSISTÊNCIA	ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIAS ANUAIS
2 - Consistido	1985	23,12	9,12	2,82	4,55	5,10	4,32	4,48	3,91	0,41			152,97	
	1986	5,31	0,82	1,46	0,58	0,06	0,08	0,21	0,69	0,87	0,48	0,31	1,90	1
	1987	1,29			4,62	5,36	0,61	0,20					5,03	
	1988	4,20	3,00	13,65	2,18	2,46	4,34	1,81	1,75	0,09		0,20	18,74	
	1989	0,30	0,43	4,04	5,26	13,63	4,63	2,29	2,76	0,98	0,04	1,80	376,75	34
	1990	18,28	5,20	2,23	1,59	1,57	1,18	0,75	0,60	0,86	0,61	1,21	2,00	3
	1991	0,50	1,44	13,29	0,69	0,39	1,12	0,72	0,37	0,27	0,07	1,87	1,24	2
	1992	56,04	191,58	11,22	2,94	3,00	0,45	0,46	0,30	0,37	0,07	0,26	1,94	22
	1993	0,86	0,02				0,01	0,02	0,04			0,00		
	1994	0,13		20,18	16,44	12,58	0,70	3,08	0,32	0,10	0,05			
	1995	0,61			3,14	0,90	1,46	1,68	0,93	0,26			15,41	
	1996	1,80	0,40	0,25	0,78	0,46	1,32	0,48	0,21	0,18	2,30	6,81	2,02	1
	1997	4,51	4,88	184,22	13,75	9,71	2,82	1,29	0,51	0,15	0,44	0,72	1,67	19
	1998	0,66	0,53	0,06			0,04	0,26	0,12	0,03	0,00		14,21	
	1999	0,93	0,44	0,45	0,09	0,02	0,03	0,03	0,06	0,05	0,07	0,13	15,13	1
	2000	13,47	3,51	0,51	10,28	1,57	1,35	0,29	0,17	0,08	0,04		8,31	
	2001	0,67	0,06		0,21	0,04	0,02	0,11	0,18	0,49	0,15			
	2002	103,12	57,00	1,86	0,59	0,41	0,31	0,29	0,29	0,09	0,03			
	2003		0,40		0,20	8,37	3,01	2,11	0,92	1,20				
	2004		25,67	27,34	1,15	0,68	0,75	0,41	0,11				0,59	
	2005		8,81	1,55	1,75	4,26	1,54	0,72	0,14	0,03			3,46	
1 – Não Consistido	2006	0,07	0,00	15,20	6,48	0,84	1,77	2,22	0,17	0,06	0,05	5,85	0,98	2,81
	2007	0,01		8,93	1,13	0,90	0,80	0,38	0,15	0,09	0,05	0,00	0,96	
	2008	0,27	9,27	13,97		0,01	0,05	0,17	0,05	0,00	0,00	0,39	24,99	
	2009	1,50	2,83	0,50	2,60		1,79	0,19	0,03	0,00	51,30	1,63	0,28	
	2010	3,37	0,17	15,43	92,43	0,58	0,08	6,12	1,29	0,09	18,30	1,29	26,38	13,79
	2011	0,81	0,12	1,39	0,37	0,25	0,05	0,02	0,00	0,00	3,27	2,08	3,12	0,96

cont.

Continuação do Quadro 2. 37 – Dados fluviométricos Ponte Rio Branco (51460000) – em m³/s

NÍVEL DE CONSISTÊNCIA	ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIAS ANUAIS
1 – Não Consistido	2012	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,10	0,04	2,18
	2013	30,10	0,42	0,00	0,45	0,10	0,03	0,01	0,03	0,02	0,00	0,00	7,09	3,19
	2014	0,29		2,39	2,23									
Médias	NC2	13,40	21,16	25,50	8,29	5,32	3,17	2,29	1,27	0,72	0,90	8,45	26,70	10,13
	NC1	4,05	1,83	6,42	13,21	0,38	0,57	1,14	0,21	0,03	9,12	4,67	7,98	4,59
	Global	12,31	19,38	23,27	8,80	4,88	2,91	2,18	1,17	0,65	1,81	8,01	24,65	6,40

Fonte: Agência Nacional de Água, 2014

Quadro 2. 38 - Dados fluviométricos Pedra do Cavalo (51490000) – em m³/s

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIAS ANUAIS
1930	36,50	38,50	74,50	194,00	71,20	115,00	60,10	44,90	13,70	9,70	101,00	357,00	93,01
1931	39,00	30,40	28,30	38,70	43,70	19,50	47,30	74,00	27,20	16,50	226,00	23,70	51,19
1932	47,70	40,80	55,10	33,70	10,80	23,50	43,90	32,30	8,80	8,00	75,60	50,80	35,92
1933	22,70	27,00	54,00	34,10	126,00	24,90	66,10	79,20	35,90	37,50	191,00	180,00	73,20
1934	176,00	26,80	30,30	14,10	56,20	55,80	28,30	31,20	22,60	31,50	61,20	43,00	48,08
1935	189,00	248,00	262,00	203,00	203,00	89,20	187,00	86,00	54,60	22,20	18,40	125,00	140,62
1936	175,00	351,00	109,00	337,00	300,00	150,00	114,00	94,10	29,10	26,60	64,60	88,40	153,23
1937	93,40	449,00	92,70	201,00	168,00	64,90	50,80	39,70	17,30	12,90	27,60	129,00	112,19
1938	85,90	24,60	126,00	81,30	40,20	27,10	44,40	24,60	22,90	26,10	29,60	89,60	51,86
1939	112,00	175,00	23,70	9,40	9,00	17,40	27,20	57,00	78,20	32,20	72,70	83,20	58,08
1940	115,00	215,00	738,00	123,00	90,70	103,00	34,00	43,20	29,90	90,70	216,00	79,40	156,49
1941	66,60	63,10	326,00	314,00	97,30	80,80	46,30	46,70	32,70	12,50	104,00	154,00	112,00
1942	69,00	59,90	40,50	40,80	36,20	38,10	33,70	60,20	27,70	119,00	517,00	739,00	148,43
1943	211,00	117,00	186,00	168,00	140,00	40,10	40,70	24,00	23,20	28,00	106,00	335,00	118,25
1944	247,00	54,80	21,80	118,00	56,60	41,60	29,10	38,00	17,50	25,60	23,10	446,00	93,26
1945	494,00	74,80	42,60	317,00	112,00	102,00	91,40	110,00	54,20	148,00	94,60	131,00	147,63
1946	182,00	61,10	60,60	133,00	116,00	68,00	60,40	66,20	26,20	17,20	43,00	59,50	74,43
1947	45,00	42,90	251,00	199,00	76,60	115,00	64,00	26,00	12,40	34,10	469,00	723,00	171,50
1948	118,00	49,60	190,00	78,60	74,60	92,50	190,00	83,30	74,40	39,10	25,90	734,00	145,83
1949	146,00	88,50	44,70	90,10	87,80	120,00	74,30	32,70	51,40	37,50	124,00	467,00	113,67
1950	73,00	36,60	115,00	232,00	123,00	61,00	39,80	39,00	23,60	25,70	143,00	94,90	83,88
1951	87,10	21,10	124,00	150,00	76,30	117,00	57,30	27,50	16,60	10,20	6,30	75,40	64,07
1952	32,80	7,50	109,00	38,90	47,40	39,80	21,90	49,50	17,00	19,90	104,00	476,00	80,31
1953	76,60	19,30	40,40	27,50	9,40	39,70	43,40	23,60	11,70	17,90	38,10	263,00	50,88
1954	49,90	257,00	122,00	404,00	80,00	52,60	37,70	84,70	27,90	10,30	102,00	571,00	149,93
1955	135,00	207,00	49,50	65,10	27,40	16,00	70,80	42,10	15,40	11,10	230,00	316,00	98,78
1956	79,60	80,60	230,00	111,00	62,80	33,10	42,60	41,70	18,70	30,80	417,00	269,00	118,08
1957	184,00	144,00	911,00	460,00	187,00	102,00	189,00	69,40	62,80	54,70	44,20	86,40	207,88

cont.

Continuação do Quadro 2. 38 – Dados fluviométricos Pedra do Cavalo (51490000) – em m³/s

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIAS ANUAIS
1958	216,00	310,00	132,00	119,00	111,00	50,60	81,40	58,90	30,00	112,00	160,00	44,70	118,80
1959	236,00	51,40	60,80	34,70	20,80	22,90	63,50	37,20	17,30	10,30	43,60	25,60	52,01
1960	218,00	439,00	925,00	522,00	144,00	144,00	109,00	78,80	86,50	34,00	80,10	132,00	242,70
1961	100,00	80,10	50,00	80,90	28,80	57,70	122,00	43,30	15,60	8,20	10,30	16,40	51,11
1962	58,40	41,50	58,90	54,80	65,90	33,10	42,70	30,20	21,10	20,40	25,10	211,00	55,26
1963	123,00	172,00	54,00	72,00	139,00	27,70	23,80	36,50	17,70	14,60	117,00	225,00	85,19
1964	1.472,00	855,00	234,00	244,00	287,00	83,20	67,40	64,50	57,10	63,50	69,20	350,00	320,58
1965	39,20	34,30	14,30	178,00	50,90	56,30	76,40	68,20	39,80	89,90	104,00	53,10	67,03
1966	24,40	282,00	181,00	513,00	85,90	37,10	109,00	49,80	32,50	13,90	40,40	221,00	132,50
1967	107,00	39,90	62,60	89,10	63,60	98,90	140,00	67,60	48,50	51,20	171,00	403,00	111,87
1968	186,00	290,00	392,00	134,00	66,10	71,30	66,00	31,30	20,40	77,80	335,00	304,00	164,49
1969	82,50	423,00	745,00	170,00	141,00	101,00	76,90	50,80	21,20	28,30	13,30	316,00	180,75
1970	534,00	254,00	184,00	83,50	102,00	122,00	134,00	100,00	40,40	67,20	344,00	153,00	176,51
1971	38,00	26,60	21,70	43,20	23,00	15,20	95,90	22,10	60,80	10,70	155,00	51,20	46,95
1972	54,20	31,70	62,70	34,00	15,60	59,90	39,00	21,90	31,10	49,60	14,10	415,00	69,07
1973	123,00	23,10	81,10	90,50	25,40	64,40	55,40	21,60	11,20	73,90	73,30	117,00	63,33
1974	27,10	108,00	255,00	129,00	302,00	164,00	33,50	32,30	16,30	38,00	202,00	294,00	133,43
1975	192,00	205,00	57,50	194,00	47,50	30,70	59,90	70,10	53,40	26,00	71,00	62,40	89,13
Médias	156,95	145,16	174,55	152,22	92,36	67,17	70,25	51,22	32,05	37,93	123,98	230,08	111,16

Fonte: GENZ (2006)

Foram formados dois grupos distintos. O primeiro deles correlacionou os dados de Argoim com os de Pedra do Cavalo, correspondentes a um mesmo mês/ano. O outro grupo correlacionou os dados mensais de Pedra do Cavalo com a soma dos valores para um mesmo mês/ano em Argoim e Ponte Rio Branco. Para cada um dos grupos foi estabelecida a melhor equação de regressão possível entre diversos tipos de função (polinomial, exponencial, logarítmica e outras) selecionando a que apresentou o melhor coeficiente de correlação. A **Figura 2. 32** apresenta o resultado deste procedimento para os dois grupos formados.

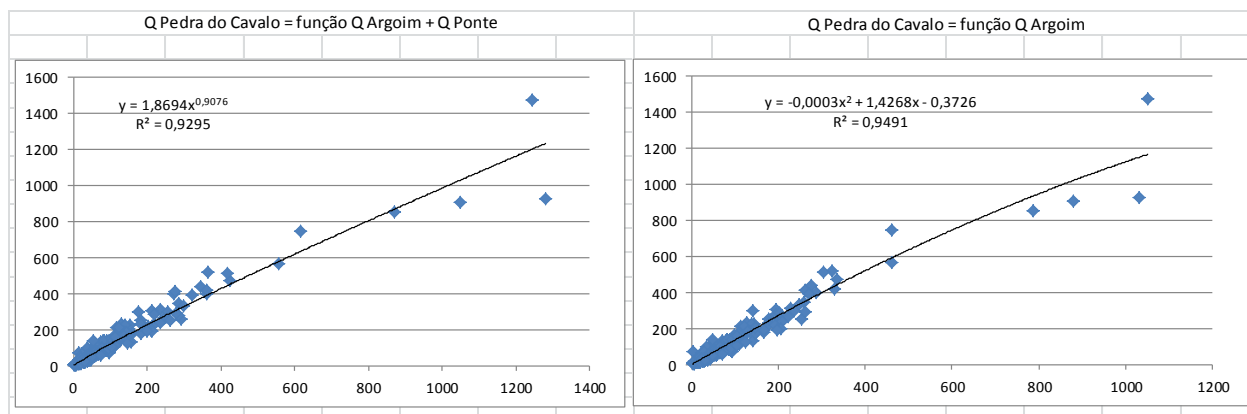


Figura 2. 32 - Regressão entre dados de Argoim e Argoim + Ponte Rio Branco com os dados da estação Pedra do Cavalo

Mostrou-se mais bem ajustada a relação entre os dados de Argoim e de Pedra do Cavalo apresentando um coeficiente de correlação de valor mais elevado embora, muito próximo ao obtido para a outra regressão. Assim sendo, optou-se por gerar estimativas de vazão mensal em Pedra do Cavalo a partir de dados medidos em Argoim. Este resultado proporcionou outra vantagem já que os dados da estação Ponte Rio Branco apresentam significativa necessidade de preenchimento de falhas quando comparados com a série medida em Argoim. Com isto, diminui a necessidade de utilizar valores estimados para gerar dados relativos a período mais recente em Pedra do Cavalo.

A série de dados mensais em Argoim no período que foi utilizada para representar o cenário atual (janeiro de 1980 a dezembro de 2013) possui falha de dados mensais apenas em cinco meses. Para suprir as demandas relativas ao preenchimento destas falhas, a estação que se apresenta como a mais apropriada é a de Iaçú, também no rio Paraguaçu, situada à montante da estação de Argoim, possui área de contribuição cerca de 60% desta e com ambiente físico e regime de chuvas semelhantes entre si.

Como as lacunas de informação não são em sequência cronológica, buscou-se processo bastante simples e apoiado na comparação do comportamento das duas estações.

Duas das cinco falhas são relativas aos meses de dezembro de 2003 e dezembro de 2006. Para ambos, existe valor medido em Iaçú. O procedimento utilizado foi encontrar a proporção existente entre as vazões mensais nas duas estações para os meses vizinhos ao mês com falha. A relação média entre estas duas foi a utilizada. A **Figura 2. 33** e a **Figura 2. 34** apresentam os elementos de cálculo e os gráficos para as duas estações mostrando a coerência entre os valores encontrados.

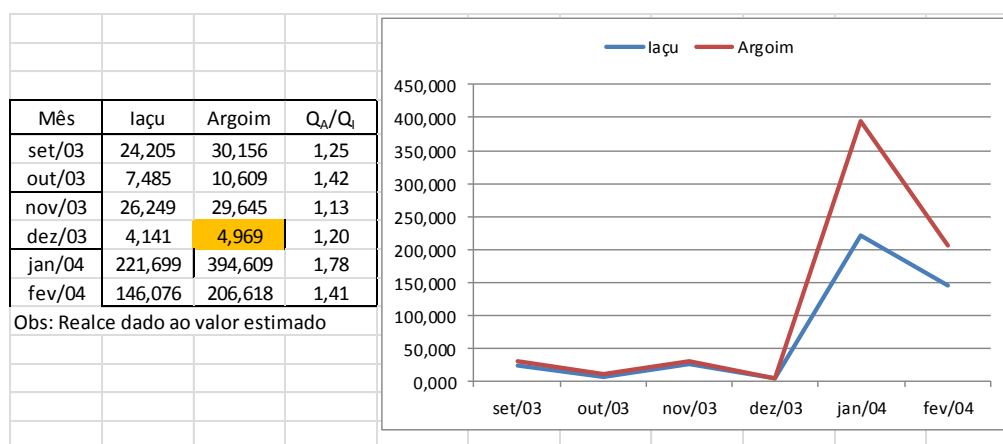


Figura 2. 33 - Preenchimento de falha para o mês dez/2003 em Argoim

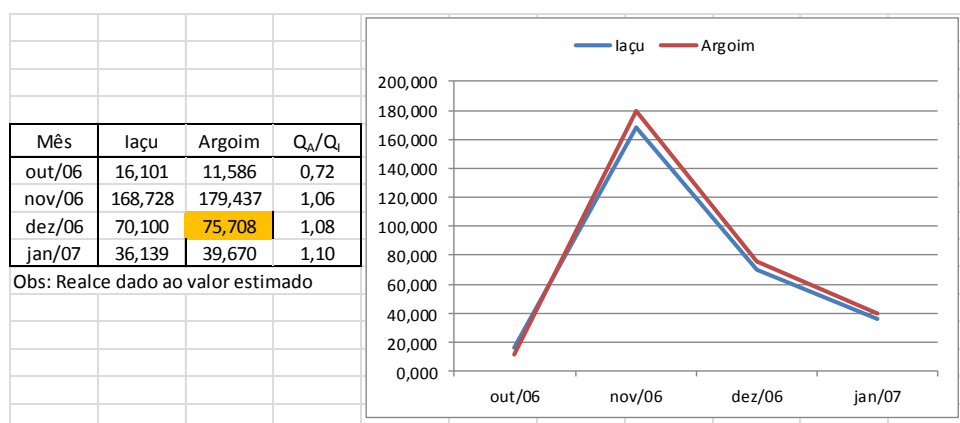


Figura 2. 34 - Preenchimento de falha para o mês dez/2006 em Argoim

Os outros três meses com falhas são: julho de 2006, fevereiro de 2007 e maio de 2009. Para todos eles não existem médias mensais também para os valores medidos em laçu. Nestes casos, ajustou-se uma curva (a que melhor apresentou coeficiente de correlação) com os dados de vazão média mensal de meses vizinhos e se utilizou a equação de regressão para estimar os valores para preenchimento e falha. A **Figura 2. 35** apresenta as expressões para cada caso e os valores que foram obtidos.

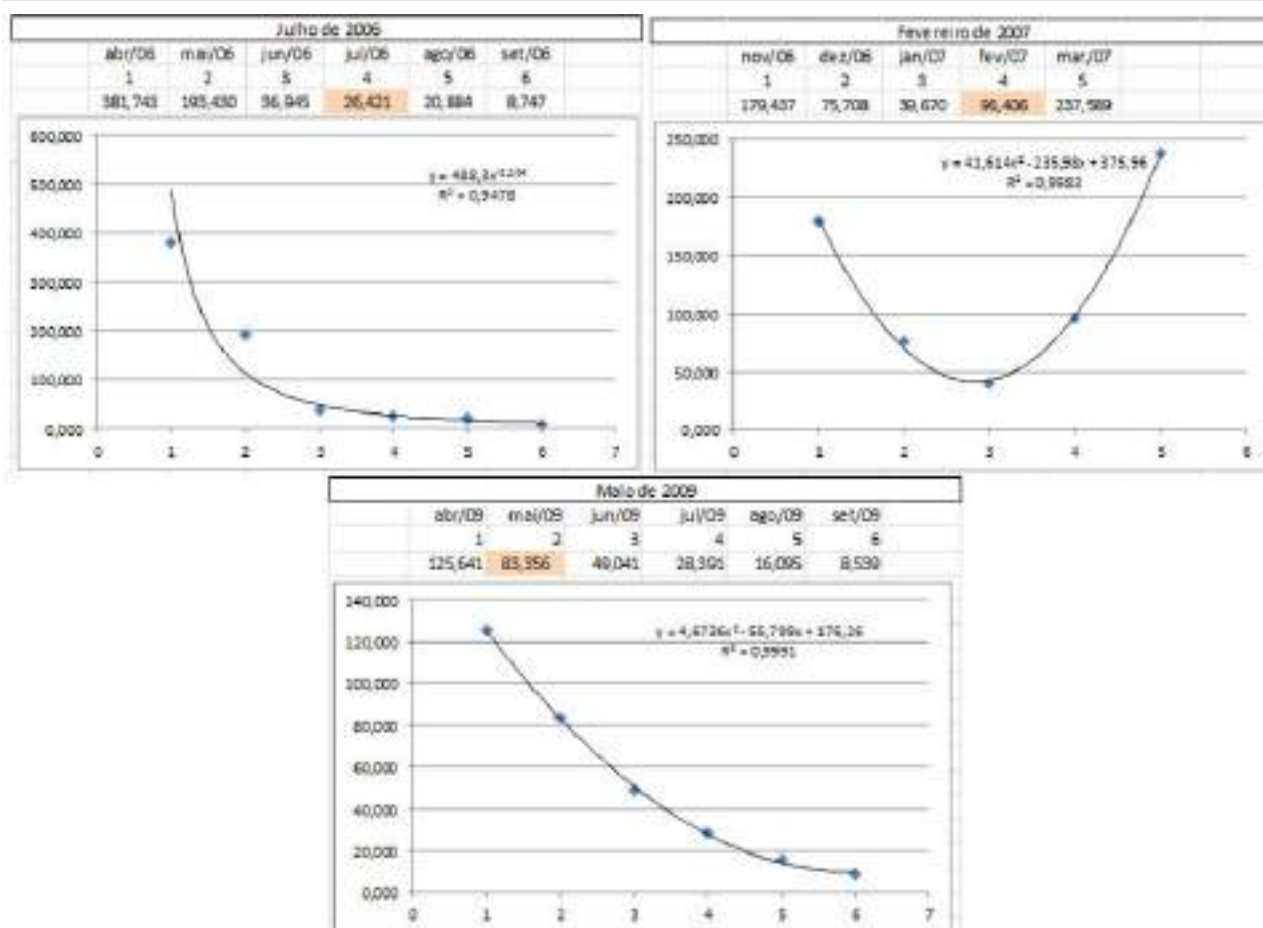


Figura 2. 35 - Preenchimento de falha em Argoim para meses sem dados em laço

Uma vez preenchidas as poucas falhas em Argoim e coerentemente com o procedimento utilizado para a geração de série em Pedra do Cavalo, foi verificado o que seria mais adequado para o caso destas duas estações (Argoim e laço): utilizar uma única equação para todos os meses do ano ou uma equação de regressão para cada mês.

Foram então estabelecidas estas regressões e a partir delas foram geradas duas séries para o período de janeiro de 1965 a dezembro de 1975, uma para cada tipo de estratégia (uma única equação ou doze equações mensais) e comparado os valores destas séries com os obtidos a partir de medição em Pedra do Cavalo. Dois tipos de comparação foram realizados. Um deles estimou o coeficiente de correlação considerando os pares formados pelos valores gerados e medidos para cada mês do período.

O **Quadro 2. 39** seguinte apresenta as expressões utilizadas, para cada mês, com os correspondentes valores dos coeficientes de correlação calculados para cada uma delas.

Quadro 2. 39 - Equações utilizadas para gerar vazões médias mensais período janeiro 1965 a dezembro de 1975

MÊS	EQUAÇÃO	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO
Jan	$y = 1,4186 \cdot X - 11,441$	0,9897
Fev	$y = -0,0007 \cdot X^2 + 1,6347 \cdot X - 13,567$	0,9885
Mar	$y = -0,0007 \cdot X^2 + 1,6884 \cdot X - 21,033$	0,9709
Abr	$y = 2E-05 \cdot X^3 - 0,007 \cdot X^2 + 1,8649 \cdot X - 7,2774$	0,9648
Mai	$y = 3E-06 \cdot X^4 - 0,0008 \cdot X^3 + 0,0672 \cdot X^2 - 0,7457 \cdot X + 15,817$	0,9767
Jun	$y = -1E-05 \cdot X^4 + 0,0027 \cdot X^3 - 0,2356 \cdot X^2 + 9,2581 \cdot X - 78,476$	0,8282
Jul	$y = 2,0361 \cdot X^{0,8914}$	0,8017

(cont.)

Continuação do Quadro 2. 39 - Equações utilizadas para gerar vazões médias mensais período janeiro 1965 a dezembro de 1975

MÊS	EQUAÇÃO	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO
Ago	$y = -0,0004 \cdot X^3 + 0,0553 \cdot X^2 - 1,3868 \cdot X + 41,488$	0,6999
Set	$y = 0,0062 \cdot X^2 + 0,8716 \cdot X + 5,6547$	0,7713
Out	$y = 0,01 \cdot X^2 + 0,4494 \cdot X + 10,268$	0,9021
Nov	$y = 1,3251 \cdot X + 0,1985$	0,918
Dez	$y = 1,1836 \cdot X + 17,487$	0,9184

O **Quadro 2. 40** apresenta os resultados obtidos e onde se observa que apresentou melhor desempenho o uso de uma única equação de regressão para todos os meses do ano.

Quadro 2. 40 - Coeficientes de correlação entre dados medidos e gerados

MÉTODO DE GERAÇÃO	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO
Regressões mensais	0,9721
Regressão única	0,9853

Uma segunda comparação foi a partir da comparação visual dos gráficos das séries cronológicas de vazão média mensal tanto para os valores medidos quanto para as duas séries geradas. A **Figura 2. 36** ilustra o resultado obtido. Mais uma vez o comportamento das duas séries geradas foi muito próximo do apresentado pelos valores medidos, entretanto, é possível verificar que a linha vermelha (que representa a série gerada a partir de uma única equação para todos os meses do ano) é quase sempre superposta pela verde (correspondente aos valores medidos).

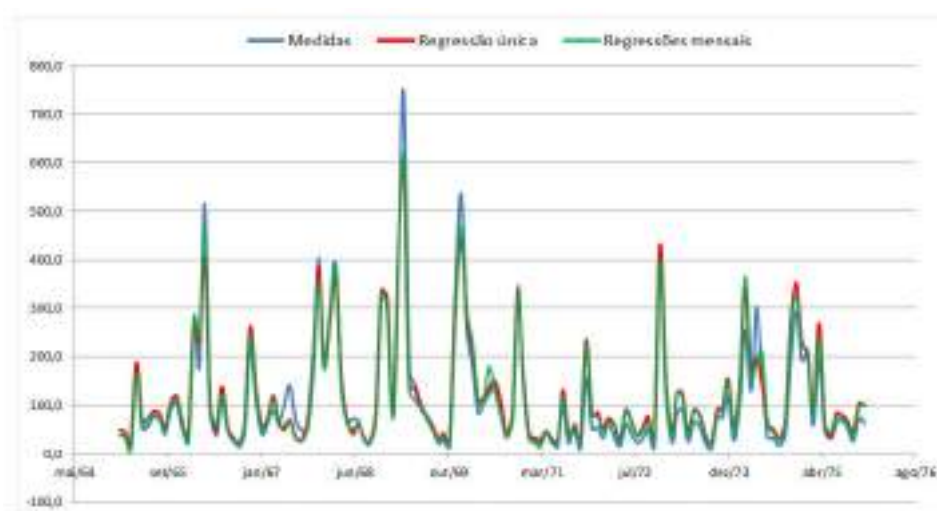


Figura 2. 36 - Comparação das vazões medidas e geradas

Com base nestes dois critérios de comparação, a opção feita para gerar a série de vazões médias mensais em Pedra do Cavalo relativas a período mais recente foi a partir de uma única equação de regressão para todos os meses do ano. O período gerado corresponde ao intervalo entre os meses de janeiro de 1980 e dezembro de 2013. A expressão obtida foi a seguinte:

$$Q_{PC} = -0,0003 \cdot Q_A^2 + 1,4268 \cdot Q_A - 0,3726$$

Nesta expressão, Q_{PC} corresponde a vazão média mensal em Pedra do Cavalo para um mês i de um determinado ano e Q_A , corresponde a vazão média mensal obtida a partir de medições feitas em Argoim no mesmo mês e ano. Os valores de vazão na expressão estão na unidade m^3/s . O coeficiente de correlação correspondente tem o valor de 0,9491. A série obtida é apresentada no **Quadro 2. 41**, com vazões em m^3/s .

Quadro 2. 41 - Vazões geradas para estação Pedra do Cavalo (1980 a 2013) - em m³/s.

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIAS ANUAIS
1980	274,70	1.293,95	309,37	65,89	76,70	68,61	60,50	49,96	37,09	34,22	55,04	277,60	216,97
1981	66,81	49,42	621,20	481,31	219,12	114,24	78,17	46,48	28,30	22,07	103,51	33,13	155,31
1982	87,81	83,59	126,60	100,08	47,45	53,46	31,16	48,19	27,93	38,10	19,86	43,53	58,98
1983	69,58	325,25	106,87	146,92	84,52	43,31	53,33	24,36	13,65	38,49	78,22	145,00	94,13
1984	28,84	14,14	21,22	208,27	178,57	47,93	49,90	40,41	128,23	22,74	49,85	53,78	70,32
1985	224,05	162,92	115,45	165,46	111,26	74,42	43,10	88,52	32,73	56,70	143,95	641,01	154,97
1986	192,28	54,28	37,06	29,17	45,15	29,24	24,83	19,90	31,02	42,20	67,83	86,10	54,92
1987	62,08	20,93	79,78	142,39	132,70	25,76	22,31	13,08	8,34	7,43	15,41	57,99	49,02
1988	140,59	23,96	194,42	135,59	56,22	33,54	34,53	27,18	15,17	15,54	30,28	220,13	77,26
1989	30,72	18,38	30,14	78,38	33,57	35,07	42,24	16,05	18,33	45,32	135,47	1.245,39	144,09
1990	308,62	80,04	59,90	22,64	16,61	17,97	21,41	15,67	21,54	28,57	65,41	156,79	67,93
1991	102,90	51,06	72,60	59,20	25,92	87,04	49,58	30,05	26,49	8,35	260,30	154,58	77,34
1992	426,34	1.276,48	128,37	82,95	37,45	67,41	88,91	46,56	29,00	21,56	102,29	233,25	211,71
1993	125,50	42,47	15,87	7,59	8,06	13,54	11,97	14,11	7,80	6,82	5,87	6,34	22,16
1994	22,48	31,65	328,86	132,52	85,17	29,37	38,04	34,34	24,89	14,69	5,35	19,69	63,92
1995	6,31	6,67	18,19	106,37	52,39	23,38	54,51	38,80	10,29	2,92	43,69	215,53	48,25
1996	96,13	11,48	2,17	3,82	11,30	14,46	14,48	5,38	18,39	44,32	88,78	91,06	33,48
1997	142,60	214,20	685,96	485,31	190,87	69,97	52,18	26,39	15,11	10,98	18,46	38,90	162,58
1998	68,13	68,74	28,85	7,02	4,84	8,02	21,24	7,77	3,88	0,76	96,68	110,69	35,55
1999	39,96	19,29	101,59	26,40	43,36	76,82	38,90	47,99	70,20	62,71	212,22	358,75	91,52
2000	287,00	101,86	159,90	196,98	106,69	70,71	77,75	38,66	30,54	12,00	156,19	312,18	129,21
2001	75,71	21,04	59,12	35,09	50,57	40,33	37,66	43,57	59,87	70,98	24,26	113,58	52,65
2002	703,161	375,570	44,134	33,165	38,896	33,058	47,023	40,575	31,480	50,452	19,711	19,691	119,743
2003	124,269	114,323	37,254	55,072	37,161	96,127	28,331	55,775	42,382	14,730	41,661	6,710	54,483
2004	515,940	281,623	318,797	130,562	62,795	47,419	50,302	16,662	6,829	4,486	106,052	110,468	137,661
2005	57,535	331,808	111,352	171,458	130,533	84,157	68,279	88,970	41,461	13,046	29,540	154,423	106,880

cont.

Continuação do Quadro 2. 41 – Vazões geradas para estação Pedra do Cavalo (1980 a 2013) - em m³/s.

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIAS ANUAIS
2006	26,558	7,755	167,122	500,580	264,389	51,931	37,115	29,294	12,085	16,119	245,989	105,928	122,072
2007	55,757	134,391	321,684	80,398	58,497	28,222	65,947	28,326	26,430	23,801	6,850	61,955	74,355
2008	12,699	49,423	124,046	190,384	47,738	30,564	48,977	13,619	11,887	6,269	11,718	178,360	60,474
2009	149,980	32,395	32,029	174,156	116,476	68,877	39,894	22,514	11,790	107,492	117,398	49,336	76,861
2010	52,652	13,297	54,707	155,725	41,442	15,379	19,254	52,525	12,382	8,932	35,907	175,179	53,115
2011	68,256	36,240	159,697	138,370	102,205	24,785	22,021	30,808	14,540	8,147	120,564	120,503	70,511
2012	23,561	43,002	12,686	7,096	7,701	6,154	6,389	7,297	17,216	4,302	52,531	10,010	16,495
2013	80,452	34,514	5,409	15,819	10,387	26,946	45,607	25,228	46,541	15,046	6,698	404,739	59,782
Média	139,705	159,593	138,013	128,592	74,610	45,830	41,936	33,382	27,465	25,891	75,692	176,833	88,962

A **Figura 2. 37** mostra o adequado comportamento da série gerada para Pedra no Cavalo e medida em Argoim, no período de 1980 a 2013 a partir da sequência cronológica de vazões médias mensais no período.

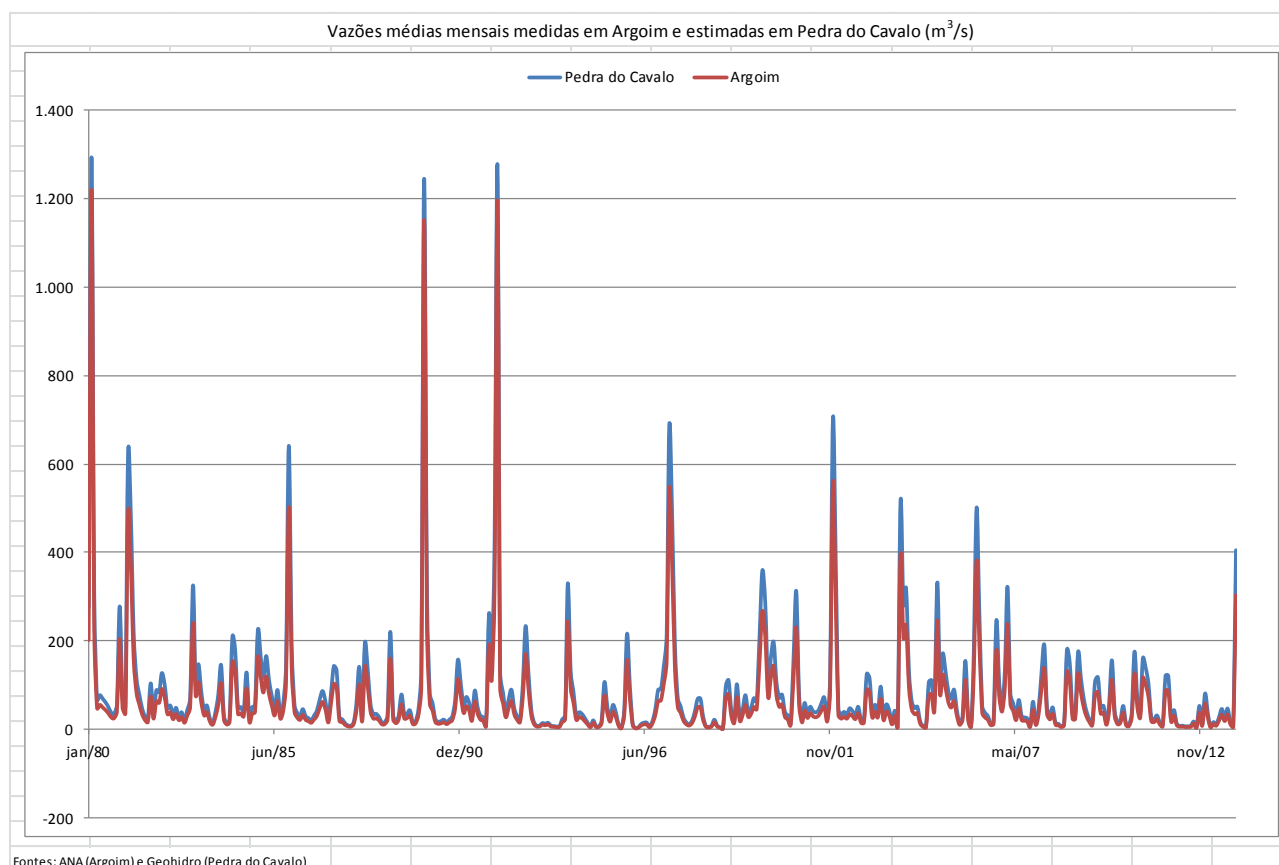


Figura 2. 37 - Vazões médias mensais medidas em Argoim e estimadas em Pedra do Cavalo entre 1980 e 2013 (m^3/s)

Estabelecida a série de vazões médias mensais para caracterizar o comportamento mais recente da alimentação do reservatório, a capacidade evaporativa e os elementos da geometria do lago, o passo seguinte foi o de realizar a simulação do comportamento de Pedra do Cavalo, lembrando que, por conta da falta de informações pluviométricas atuais, o balanço hídrico foi realizado sem esta informação.

Para definir a capacidade de regularização do reservatório considerando os objetivos deste plano foi estabelecido um cenário com as vazões estimadas para o período de 1980 a 2013 e com as curvas cota x área e cota x volume estimadas para 50 anos de operação o que corresponde aproximadamente um quadro representativo de fim deste plano com o nível variando entre as cotas 106,0 m e 120,0 m.

A metodologia utilizada para a determinação da vazão global regularizada foi a mesma aplicada nas avaliações realizadas para o reservatório de Santa Helena, composta por uma série de rotinas consagradas e compatíveis com os objetivos deste estudo e designada por BHIM. Todas as informações relativas à metodologia já foram descritas anteriormente. Na sequência de figuras a seguir (**Figura 2. 38** e **Figura 2. 39**) são apresentados os elementos de entrada e de saída relacionados a cada um dos cenários estabelecidos.

BHIM - BALANÇO HÍDRICO ITERATIVO MENSAL EM UM RESERVATÓRIO											
AÇUDE: Pedra do Cavalo			Rio : Paraguaçu			Município :			Estado : Bahia		
Fase : Operacional			Cenário :			Série de vazões :			Jan / 1980 a Dez / 2013		
DADOS GERAIS											
DO RESERVATÓRIO			DO CONSUMO MÉDIO			DO CRITÉRIO DE OPERAÇÃO					
Nível	H (m)	Vol (m³)	Tipo	Q (l/s)	V (m³)	Abaixo de	120,0	115,0	112,0	110,0	
U max	120	3.499.893,279	Q amb	0,0	0	Acima de	115,0	112,0	110,0	106,0	
Rest unp	115	2.790.930,304	Q ab h	47151,0	122.215,392	Critério	S/ rest	Rest unp	Rest 1	Rest 2	
Rest 1	112	2.424.892,006	Qm irrig	0,0	0	FATORES DE ATENDIMENTO					
Rest 2	110	2.203.294,558	Q outros	0,0	0	Q irrig	1,00	1,00	1,00	1,00	
Op min	106	1809.310,908	sobre a irrigação			Q amb	1,00	1,00	1,00	1,00	
DADOS DE INICIALIZAÇÃO			Ai =	0,0	ha	Q ab h	1,00	1,00	1,00	1,00	
Ho = 120 m			t irrig =	24,0	ha / dia	Q outros	1,00	1,00	1,00	1,00	
Ao = 147.785,373 m²			DO CONSUMO MENSAL								
Vo = 3.499.893,279 m³			Consumos mensais para cada uso				Consumos totais mensais				
Mês	ETP (mm)	Qirrig l/s	Qirrig m³/mês	Q amb m³/mês	Q ab h m³/mês	Q outros m³/mês	S/ rest m³/mês	Rest unp m³/mês	Rest 1 m³/mês	Rest 2 m³/mês	
JAN	162,0	0,000	0	0	100	0	100	100	100	100	
FEV	145,4	0,000	0	0	122.215,392	0	122.215,392	122.215,392	122.215,392	122.215,392	
MAR	145,7	0,000	0	0	122.215,392	0	122.215,392	122.215,392	122.215,392	122.215,392	
ABR	116,9	0,000	0	0	122.215,392	0	122.215,392	122.215,392	122.215,392	122.215,392	
MAI	101,1	0,000	0	0	122.215,392	0	122.215,392	122.215,392	122.215,392	122.215,392	
JUN	87,3	0,000	0	0	122.215,392	0	122.215,392	122.215,392	122.215,392	122.215,392	
JUL	95,4	0,000	0	0	122.215,392	0	122.215,392	122.215,392	122.215,392	122.215,392	
AGO	120,3	0,000	0	0	122.215,392	0	122.215,392	122.215,392	122.215,392	122.215,392	
SET	128,0	0,000	0	0	122.215,392	0	122.215,392	122.215,392	122.215,392	122.215,392	
OUT	152,1	0,000	0	0	122.215,392	0	122.215,392	122.215,392	122.215,392	122.215,392	
NOV	150,2	0,000	0	0	122.215,392	0	122.215,392	122.215,392	122.215,392	122.215,392	
DEZ	158,2	0,000	0	0	122.215,392	0	122.215,392	122.215,392	122.215,392	122.215,392	
ETP anual =		1562,7									
Q med =		0,000	0	0	112.030,784	0	112.030,784	112.030,784	112.030,784	112.030,784	
Curvas cota x área x volume											
Curva	Tipo	Coeficientes									
		k	m								
a = f(h)	k.h ^m	1,3261	3,8703								
V = f(h)	k.h ^m	0,0306	5,3186								

Figura 2. 38 - Elementos de entrada do cenário proposto

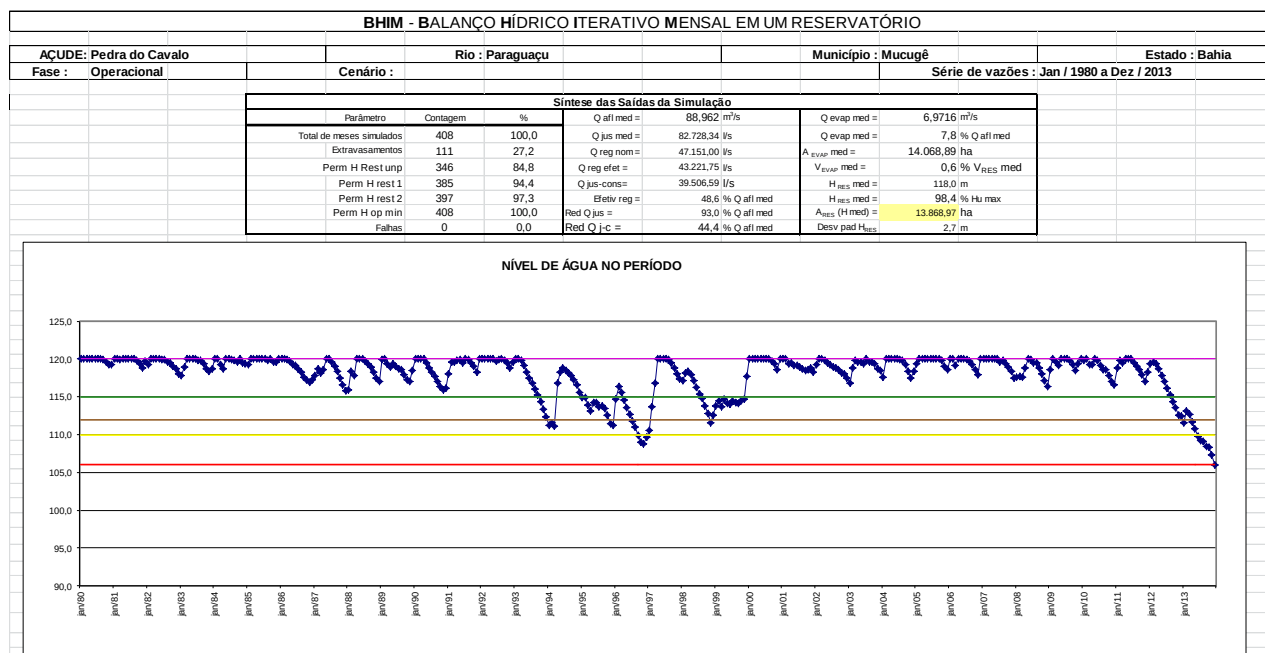


Figura 2. 39 - Saídas para o cenário proposto

Observa-se que sobre as condições atuais a vazão regularizada com o reservatório trabalhando entre as cotas 106,0 m e 120,0 m é estimada em 47,151 m³/s perante o novo cenário de vazões e com a progressiva perda de capacidade de armazenamento estimada pelos operadores. A expectativa criada pelos estudos realizados quando da elaboração do projeto da barragem era de regularização global da ordem de 69,0 m³/s, segundo dados levantados junto ao INEMA que retrata informações a ele repassadas pelos operadores. As estimativas feitas pela sistemática do BHIM estimou em 60,119 m³/s com os dados de vazão iguais aos utilizados no projeto, com correções das curvas cota x área e cota x volume, para aquela oportunidade conforme já apresentado e a operação trabalhando entre as cotas 106,0 e 120,0 m, segundo o que foi avaliado naquela época.

As diferenças encontradas são decorrentes dos ajustes das curvas que expressam as relações entre cota do nível de água e respectivos volumes e áreas, assim como a alteração dos níveis operacionais considerando em cada oportunidade. Todavia o grande responsável pela substancial diferença é o comportamento do regime de vazões que entram nas avaliações nos dois momentos: 1930 a 1975, na elaboração do projeto e 1980 a 2013, na atual reavaliação.

A **Figura 2. 40** seguinte mostra o valor das médias anuais para cada um dos períodos com destaque para as piores sequências de anos abaixo da média em cada período.

Períodos			
1930 a 1975		1980 a 2013	
Ano	Médias anuais	Ano	Médias anuais
1980	91,0	1980	216,969
1981	51,2	1981	125,314
1982	35,9	1982	58,981
1983	73,2	1983	94,125
1984	46,1	1984	30,324
1985	140,6	1985	154,966
1986	158,2	1986	54,921
1987	112,2	1987	49,017
1988	51,9	1988	77,264
1989	56,1	1989	144,088
1990	156,5	1990	67,932
1991	112,0	1991	77,339
1992	148,4	1992	211,714
1993	118,3	1993	22,163
1994	92,3	1994	48,921
1995	147,6	1995	48,255
1996	74,4	1996	33,482
1997	171,5	1997	162,577
1998	145,8	1998	35,551
1999	113,7	1999	96,516
2000	85,9	2000	129,205
2001	64,1	2001	52,649
2002	80,3	2002	119,743
2003	50,9	2003	54,483
2004	149,9	2004	127,661
2005	98,8	2005	106,880
2006	128,1	2006	122,072
2007	207,9	2007	74,355
2008	118,8	2008	60,474
2009	51,0	2009	76,861
2010	142,7	2010	59,115
2011	51,1	2011	70,511
2012	55,3	2012	16,495
2013	85,2	2013	59,782
2014	120,6	Média	88,962
1965	67,0		
1966	132,5		
1967	111,9		
1968	164,5		
1969	180,8		
1970	176,5		
1971	47,0		
1972	66,1		
1973	63,3		
1974	139,4		
1975	89,1		

Figura 2. 40 - Médias anuais nos dois períodos

Para a sequência de anos mais recentes a média global caiu de 111,2 m³/s para 88,962 m³/s. Chama a atenção a sequência de valores para o período de 2007 a 2013 com destaque para a pior média anual obtida em 2012, antecedida por cinco anos em que as médias anuais foram inferiores à média global do período. Este fato, agregado a ser este o primeiro período de baixa oferta com usos concorrentes da EMBASA e a geração de energia, o aumento das demandas para abastecimento ao longo do período e as limitações de cota mínima que hoje são estabelecidas, superiores a cota 110,0 m, refletiram numa situação que nunca havia sido vivenciada ao longo da vida do reservatório.

No período de 1993 a 1996, a falta de uso para geração de energia e as menores demandas para abastecimento não fizeram o reservatório passar por uma situação de operação preocupante como a que foi vivenciada recentemente. Os estudos apontam que o reservatório de Pedra do Cavalo possui capacidade para atender os 21,0 m³/s mesmo sob as novas tendências, mas fica evidente que aspectos operacionais de alto significado devem ser estabelecidos, entre eles a reavaliação das cotas das tomadas de água para abastecimento e as regras de manejo compatibilizando interesses entre a geração, o abastecimento e o controle de cheias.

2.3.4 Análise dos Cenários Propostos e Considerações relevantes para Pedra do Cavalo

O reservatório de Pedra do Cavalo, no rio Paraguaçu, é o maior do estado sob sua gestão. O **Quadro 2. 42** apresentado a seguir destaca algumas informações significativas para a definição da capacidade de regularização deste reservatório.

Quadro 2. 42 - Volumes disponíveis para regularização e vazões em Pedra do Cavalo

RESERVATÓRIO	RIO BARRADO	NÍVEIS OPERACIONAIS (m)		VOLUMES (m³)			% DO VOLUME TOTAL	
		MÁXIMO NORMAL	MÍNIMOS	TOTAL	ÚTIL	MORTO	ÚTIL	MORTO
Pedra do Cavalo	Paraguaçu	120,00	110,00 (NS1)	4.631.708.840	1.399.687.535	3.232.021.305	30,2	69,8
		120,00	109,00 (NS2)	4.631.708.840	1.519.470.554	3.112.238.286	32,8	67,2
		120,00	108,00 (NS3)	4.631.708.840	1.635.857.217	2.995.851.623	35,3	64,7
		120,00	106,00 (Min.)	4.631.708.840	1.858.705.526	2.773.003.314	40,1	59,9
		120,00	96,50 (CAT)	4.631.708.840	2.754.233.427	1.877.457.413	59,5	40,5

Fonte: Geohidro (2014)

Os volumes do quadro anterior foram estimados segundo a curva Cota x Volume utilizada no estudo original da barragem, correspondente à situação em início de operação, e os níveis operacionais mínimos referem-se a vários critérios. Os níveis NS1, NS2 e NS3 são os níveis de segurança para garantia dos sistemas de abastecimento de água operados pela EMBASA. Segundo solicitação da EMBASA, a meta é que o NS1, correspondente à cota 110,00 m, nunca seja atingido. Isto representa que o volume morto associado a esta cota é cerca de 70% do volume total do reservatório, considerando o nível máximo normal, na cota 120,00 m.

Se for considerada a cota das estruturas de alimentação das turbinas (CAT), o volume morto cai para cerca de 40% do volume total. Se a operação se der com o mínimo operacional na cota 106,0 m, correspondente ao nível mínimo operacional das comportas, o volume útil corresponde a cerca de 60% do volume total. A cota 96,5 m é cerca de seis metros acima da geratriz superior da tomada de água para a alimentação das turbinas. Nesta cota, o volume morto é cerca de 40% do volume total, valor este superior ao do volume de acumulação total de quase todas as barragens existentes no estado.

Estes indicadores sugerem que o aproveitamento deste reservatório seja reavaliado em face de maior utilização de suas reservas que, do ponto de vista estritamente volumétrico são subaproveitados.

Mais dois fatos se agregam para proporcionar maior complexidade gerencial das águas deste reservatório: usos já implantados com interesses conflitantes e demandas na região semiárida da bacia que devem exercer pressão sobre o uso das reservas existentes.

Tradicionalmente os usos de reservatórios artificiais para controle de cheias, abastecimento humano e geração de energia potencializam conflitos de interesse. No caso particular de Pedra do Cavalo, o histórico da exploração evidencia que as cotas de implantação das estruturas de captação para o abastecimento humano foram escolhidas a partir de objetivos exclusivamente setoriais, agregando complexidade ao problema.

A extensa região da bacia, à montante de Pedra do Cavalo, com sérias dificuldades de produção hídrica tanto superficial quanto subterrânea não possui fonte mais segura de abastecimento do que as reservas existentes neste reservatório, constituindo-se numa demanda reprimida buscando solução segura. Fora isto, a bacia possui um conjunto de reservatórios implantados que não podem ser geridos a partir de uma visão pontual e sim de forma integrada.

O Plano de Bacia do Paraguaçu se encontra em construção e com certeza estas questões serão abordadas e decisões devem ser tomadas no sentido de otimizar o uso das reservas existentes e isto deverá demandar ajustes do quadro atual ao longo do tempo.

A expectativa de vazão regularizada pelo reservatório é algo da ordem de 69 m³/s, segundo estimativas realizadas na época do projeto, e para tanto o nível mínimo operacional adotado parece ter sido o da cota 106,00 m.

O quadro atual não conta com esta possibilidade de manejo das reservas, pelo menos é o que indicam as restrições de nível solicitadas pela EMBASA. Além do mais, existe uma tendência de redução da capacidade de armazenamento decorrente da deposição de materiais transportados de montante para o lago. Também os aspectos relativos ao clima proporcionaram a observação de um cenário bastante restritivo das vazões que alimentaram o reservatório no ano de 2012 e alguns que o antecederam. Sob estas novas condições de vazão e futuras tendências da capacidade de armazenamento, este estudo reduz a vazão segura com 100% de permanência para valores da ordem 47 m³/s se o mínimo operacional for 106,00 m.

Estes fatos fazem crer que grandes pressões devem ocorrer para se manter o atendimento de 21 m³/s para a RMS, mantendo-se os níveis mínimos operacionais praticados hoje em dia. Grandes esforços interinstitucionais e ações efetivas de gerenciamento na bacia são de vital importância para a ordenação do sistema que envolve Pedra do Cavalo.

Mais uma vez é interessante assinalar que estes valores de vazão regularizada têm um caráter global e devem ser tomados como um referencial, mas critérios operacionais bem estruturados podem mostrar condições de uso mais próximas de uma situação mais concreta. Um cenário foi avaliado considerando as seguintes características:

- O nível operacional entre as cotas 106,00 m e 120,00 m;
- Vazão aduzida para abastecimento humano garantida 100% do tempo igual a 27,00 m³/s (o que daria para atender o previsto para RMS e outras cidades);
- Vazão ambiental liberada para jusante igual a 10,0 m³/s, enquanto o nível do reservatório fosse superior à cota 108,00 m e igual a 6,0 m³/s entre as cotas 106,00 m e 108,00 m, garantida 100% do tempo;
- Vazão para geração de energia abaixo da cota 110,00 m igual à vazão liberada para jusante (10,0 m³/s ou 6,0 m³/s a depender no nível da água).

Com este critério operacional e sob as condições de vazão de 1980 a 2013 e com curvas Cota x Área e Cota x Volume previstas para um horizonte de 20 anos (cerca de 50 anos de operação), foi estimada a vazão capaz de ser retirada para geração (além da vazão liberada para jusante) para o reservatório com água acima da cota 110,0 m. O valor encontrado foi de 13,4 m³/s retirada 24 horas por dia. O volume correspondente a este valor poderia ser operado por vazão maior com menor duração para atender a melhores desempenhos da turbina, desde que não provocassem danos ambientais para jusante. Da mesma forma, o critério operacional acima descrito não foi avaliado quanto às suas consequências ambientais para jusante, algo que deve ser avaliado. O exercício foi realizado tentando apresentar uma alternativa operacional para o complexo Pedra do Cavalo, capaz de operar dentro dos limites estabelecidos pelas vazões de referência estabelecidas.

2.4 RESERVATÓRIOS DO JOANES

A capacidade de atendimento relativa às barragens existentes sobre o rio Joanes (Joanes I e Joanes II) foi muito recentemente estudada e avaliada no estudo elaborado pela Fundação Escola Politécnica (FEP) para a EMBASA e a SEDUR, intitulado Projeto de Revitalização e Gestão Ambiental dos Mananciais do Sistema Joanes/Ipitanga. Neste estudo foi publicado um relatório específico cujo tema tratado foi Estudos Hidrológicos, parte integrante desse estudo publicado em 2013 (SEDUR, 2013), editado em janeiro de 2013, onde são apresentadas avaliações referentes à capacidade de regularização dos reservatórios de Joanes I e Joanes II, bem como novas estimativas para as relações entre cota e volume nos dois reservatórios.

Neste trabalho foi aplicada modelagem matemática com finalidade de avaliar alternativas operacionais entre estes dois reservatórios confrontados com expectativas de demandas do sistema de Salvador a partir destes mananciais. Uma das grandes dificuldades encontradas pelos técnicos envolvidos foi a definição dos aportes de água nestes reservatórios para alimentar os processos de avaliação. Na ausência de dados específicos sobre o regime do rio Joanes com medições diretas de vazões sobre seu leito em pontos estratégicos, foram tentados diversos procedimentos calcados nas informações disponíveis relativas ao reservatório e todas elas mostraram-se incapazes de gerar dados confiáveis para a análise pretendida pela equipe. O emprego de modelos de geração chuva vazão foi também descartado em face da inviabilidade de calibração do mesmo, decorrente da ausência de dados locais.

Por fim, a estimativa do comportamento do rio Joanes foi proporcionada pelo critério de gerar vazões nos locais de interesse do estudo com base em dados existentes e confiáveis de estações fluviométricas que operem em bacias, preferencialmente, vizinhas. A bacia de contribuição da bacia selecionada deve estar submetida ao mesmo regime de chuvas e possuir características do meio físico semelhantes. Para tanto foram utilizados os dados da estação Mata de São João, existente sobre o rio Jacuípe, já referida neste estudo quando trata da barragem de Santa Helena.

Para a realização dos balanços hídricos nos reservatórios aqueles estudos utilizaram, além dos dados e vazão gerados por proporção de área a partir do rio Jacuípe em Mata de São João, dados de chuvas que combinaram informações de Salvador e de Emboacica, evaporação correspondendo a media das normais climatológicas publicadas pelo INMET para os períodos de 1931 a 1960 e de 1961 a 1990, demandas que variavam para cada cenário de simulação estabelecido e relações entre cota do nível de água nos reservatórios e respectivos volumes acumulados e áreas do espelho d'água obtidos por batimetria realizada pelo próprio estudo, para Joanes I. Para Joanes II, reavaliações dos valores informados naquela oportunidade pela EMBASA aos contratados foram realizadas com o objetivo de reparar inconsistências encontradas nas informações.

Todos estes elementos referidos podem ser encontrados na referida publicação. Dela, foram destacadas algumas para serem incorporadas a este relatório e a seguir são apresentadas, conforme constam naquele trabalho. No **Quadro 2. 43** e no **Quadro 2. 44** constam as vazões em Joanes I e Joanes II, respectivamente, geradas a partir do Rio Jacuípe em Mata de São João para o período de 2056 a 2010.

Quadro 2. 43 - Vazões em Joanes I, geradas a partir do Rio Jacuípe em Mata de São João - em m³/s.

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIAS ANUAIS
1956	0,289	0,352	0,488	5,828	20,723	9,494	31,214	29,401	9,235	6,761	44,166	20,593	14,879
1957	10,685	2,163	19,816	28,624	23,961	23,961	19,039	11,734	5,621	2,590	1,246	0,940	12,532
1958	2,176	7,370	11,424	9,416	17,614	27,846	22,666	3,769	2,940	3,769	2,798	0,677	9,372
1959	0,922	0,530	0,714	0,356	1,904	4,041	15,154	6,942	3,225	0,548	0,256	0,202	2,900
1960	1,234	4,637	35,877	19,557	74,602	60,874	30,825	8,017	7,551	0,983	5,051	0,334	20,795
1961	0,352	0,347	0,297	12,706	3,303	21,241	11,838	3,277	0,654	0,255	0,150	0,163	4,549
1962	0,332	0,127	2,798	1,438	6,567	7,939	17,744	4,222	0,475	0,221	13,340	0,475	4,640
1963	0,194	14,636	0,466	1,360	46,108	11,074	10,763	1,943	0,293	0,137	0,223	23,054	9,188
1964	22,407	7,849	25,256	50,901	66,313	21,759	32,509	32,509	7,046	8,613	9,947	11,113	24,685
1965	3,251	1,425	1,078	7,007	4,676	15,024	6,722	7,991	2,331	3,005	2,383	1,308	4,683
1966	0,468	1,399	1,995	18,392	29,271	14,167	19,759	8,297	8,111	8,315	3,987	13,127	10,607
1967	2,290	2,246	2,311	9,504	23,754	22,082	14,247	3,678	7,758	2,124	10,077	6,890	8,913
1968	4,973	21,500	30,566	11,877	48,440	54,268	14,247	6,903	6,398	4,727	11,903	17,485	19,441
1969	2,409	11,786	23,184	14,765	44,943	25,774	15,024	6,010	3,173	2,280	1,619	8,898	13,322
1970	9,727	2,357	2,163	1,671	1,800	3,121	8,600	9,157	0,916	1,181	9,325	1,554	4,298
1971	1,013	0,767	0,365	5,712	22,795	18,651	32,768	6,191	10,478	3,523	2,344	0,925	8,794
1972	1,276	1,8	0,758	1,477	17,874	18,003	5,116	4,572	3,134	1,71	1,105	0,747	4,798
1973	0,552	0,421	2,914	4,093	16,449	39,374	14,247	4,753	15,931	19,039	12,654	8,963	11,616
1974	2,927	6,489	7,823	8,147	64,5	24,349	14,247	5,984	4,106	2,836	8,522	2,836	12,731
1975	1,502	2,655	2,422	24,09	34,322	21,111	21,759	17,744	18,392	3,873	2,5	2,694	12,755
1976	2,15	2,823	1,606	1,8	1,995	1,567	2,344	1,943	2,15	8,665	1,826	2,163	2,586
1977	2,085	1,787	2,059	2,94	19,298	17,614	7,175	2,228	1,645	19,298	1,878	3,795	6,817
1978	4,99	2,746	5,777	8,173	25,904	11,76	7,81	5,815	2,448	1,658	6,903	2,72	7,225
1979	4,611	2,215	5,529	2,668	2,979	12,589	9,558	1,956	1,58	0,887	0,811	0,864	3,854
1980	1,308	5,958	3,212	0,724	1,438	3,484	2,642	1,373	2,409	1,321	9,248	0,917	2,836
1981	0,514	0,465	9,817	16,837	4,067	4,313	16,449	2,059	1	0,567	0,583	0,381	4,754
1982	3,552	3,472	5,672	8,947	11,307	35,877	6,295	2,124	16,449	15,542	1,193	0,29	9,227
1983	3,552	2,357	5,672	3,601	18,111	2,766	1,438	5,802	1,23	1,103	1,399	5,54	4,381
1984	3,552	3,472	5,672	26,033	13,858	6,631	3,95	4,054	9,066	0,809	0,948	1,936	6,665

cont.

Continuação do Quadro 2. 43 – Vazões em Joanes I, geradas a partir do Rio Jacuípe em Mata de São João - em m³/s.

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIAS ANUAIS
1985	1,609	1,599	1,566	14,765	33,416	13,47	26,81	19,169	3,873	3,432	24,311	11,195	12,935
1986	3,355	2,461	4,417	17,874	12,473	11,799	11,747	3,121	5,271	5,194	21,111	7,395	8,852
1987	2,163	1,645	1,723	3,07	6,839	14,247	11,359	2,215	1,813	1,164	1,158	1,199	4,050
1988	3,329	0,931	2,733	5,53	12,796	22,536	24,867	10,323	4,274	2,811	2,811	20,982	9,494
1989	2,28	1,878	3,134	22,925	22,925	52,325	36,654	23,443	11,32	5,893	7,486	44,684	19,579
1990	6,554	3,639	3,044	2,733	3,134	6,67	4,753	4,274	3,549	5,569	3,639	5,569	4,427
1991	2,577	2,072	2,008	3,212	3,212	3,212	7,486	5,569	4,183	1,878	1,619	1,438	3,206
1992	1,321	7,37	2,888	1,619	1,217	2,357	6,214	3,38	1,878	1,111	0,819	1,217	2,616
1993	0,645	0,455	0,386	0,355	1,272	3,044	0,819	4,468	0,912	2,15	0,605	0,355	1,289
1994	0,188	0,188	0,355	9,52	6,67	9,921	27,328	2,888	2,733	2,811	0,686	0,42	5,309
1995	0,266	0,212	0,49	1,111	4,183	7,124	4,559	1,502	0,864	0,355	1,295	1,684	1,970
1996	0,57	0,693	0,386	11,838	8,82	27,587	5,051	4,533	5,051	1,93	3,743	3,95	6,179
1997	1,008	3,005	15,413	13,729	13,858	10,491	7,383	4,119	1,334	1,554	0,918	0,456	6,106
1998	0,29	0,493	0,262	0,61	1,995	6,644	16,967	5,051	1,736	1,116	1,066	0,386	3,051
1999	0,321	0,386	0,354	0,4	16,578	8,82	7,512	26,033	3,367	4,43	18,392	6,644	7,770
2000	2,979	2,046	3,367	9,921	23,572	13,34	13,988	17,355	12,447	6,761	3,095	2,759	9,303
2001	1,276	0,825	1,386	1,334	1,334	3,834	5,595	8,276	19,169	9,921	1,736	0,966	4,638
2002	10,763	3,704	1,502	2,215	15,672	13,34	11,851	11,514	11,773	12,343	7,072	6,942	9,058
2003	6,644	5,88	6,437	7,344	33,416	25,774	21,371	10,089	11,553	4,054	3,847	3,342	11,646
2004	17,226	4,481	2,448	1,224	1,278	11,19	5,181	7,719	4,533	5,103	5,051	4,585	5,835
2005	3,898	7,629	5,556	10,543	22,407	28,105	26,81	6,424	5,427	5,414	5,336	5,064	11,051
2006	8,704	7,849	6,657	9,235	26,292	40,021	16,007	8,535	11,462	13,34	18,521	9,377	14,667
2007	7,577	3,472	15,542	7,072	21,63	29,271	9,52	11,501	9,52	9,338	8,613	7,447	11,709
2008	6,359	5,427	7,538	9,494	11,942	13,599	19,039	10,141	7,098	4,378	3,937	7,939	8,908
2009	6,644	4,948	3,134	4,028	18,111	20,723	13,34	1,772	1,672	1,648	1,536	5,54	6,925
2010	1,497	1,497	1,505	11,771	2,179	6,16	32,3	4,73	2,389	1,7	1,547	1,557	5,736
Minimo	0,188	0,127	0,262	0,355	1,217	1,567	0,819	1,373	0,293	0,137	0,150	0,163	1,289
Média	3,552	3,472	5,672	8,948	18,111	17,207	14,376	7,793	5,544	4,395	5,788	5,540	8,366
Máximo	22,407	21,500	35,877	50,901	74,602	60,874	36,654	32,509	19,169	19,298	44,166	44,684	24,685

Fonte: EMBASA / SEDUR (2013)

Quadro 2. 44 - Vazões em Joanes II, geradas a partir do Rio Jacuípe em Mata de São João - em m³/s.

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIAS ANUAIS
1956	0,189	0,230	0,319	3,812	13,555	6,210	20,417	19,231	6,040	4,422	28,889	13,470	9,732
1957	6,989	1,415	12,962	18,723	15,673	15,673	12,454	7,675	3,677	1,694	0,815	0,615	8,197
1958	1,423	4,820	7,472	6,159	11,522	18,214	14,826	2,465	1,923	2,465	1,830	0,443	6,130
1959	0,603	0,346	0,467	0,233	1,245	2,643	9,912	4,541	2,109	0,358	0,168	0,132	1,896
1960	0,807	3,033	23,467	12,792	48,798	39,818	20,163	5,244	4,939	0,643	3,304	0,219	13,602
1961	0,230	0,227	0,194	8,311	2,160	13,894	7,743	2,143	0,428	0,167	0,098	0,107	2,975
1962	0,217	0,083	1,830	0,940	4,295	5,193	11,606	2,762	0,310	0,145	8,726	0,311	3,035
1963	0,127	9,573	0,305	0,890	30,160	7,243	7,040	1,271	0,191	0,090	0,146	15,080	6,010
1964	14,656	5,134	16,520	33,294	43,376	14,233	21,264	21,264	4,609	5,634	6,506	7,269	16,147
1965	2,126	0,932	0,705	4,583	3,058	9,827	4,397	5,227	1,525	1,965	1,559	0,856	3,063
1966	0,306	0,915	1,305	12,030	19,146	9,267	12,925	5,427	5,305	5,439	2,608	8,586	6,938
1967	1,499	1,469	1,512	6,217	15,537	14,444	9,319	2,406	5,075	1,389	6,591	4,507	5,830
1968	3,253	14,063	19,993	7,769	31,685	35,497	9,319	4,515	4,185	3,092	7,786	11,437	12,716
1969	1,576	7,709	15,165	9,658	29,397	16,859	9,827	3,931	2,076	1,491	1,059	5,820	8,714
1970	6,362	1,542	1,415	1,093	1,178	2,042	5,625	5,990	0,599	0,773	6,100	1,017	2,811
1971	0,662	0,502	0,239	3,736	14,91	12,199	21,434	4,05	6,854	2,304	1,533	0,605	5,752
1972	0,834	1,178	0,496	0,966	11,691	11,776	3,346	2,991	2,05	1,118	0,723	0,489	3,138
1973	0,361	0,275	1,906	2,677	10,759	25,754	9,319	3,109	10,42	12,454	8,277	5,862	7,598
1974	1,915	4,244	5,117	5,329	42,19	15,927	9,319	3,914	2,686	1,855	5,574	1,855	8,327
1975	0,983	1,737	1,584	15,758	22,45	13,809	14,233	11,606	12,03	2,533	1,635	1,762	8,343
1976	1,406	1,847	1,051	1,178	1,305	1,025	1,533	1,271	1,406	5,668	1,195	1,415	1,692
1977	1,365	1,169	1,347	1,923	12,623	11,522	4,693	1,457	1,076	12,623	1,228	2,482	4,459
1978	3,27	1,796	3,778	5,346	16,944	7,692	5,109	3,804	1,601	1,084	4,515	1,779	4,727
1979	3,016	1,449	3,616	1,745	1,949	8,235	6,252	1,279	1,034	0,58	0,53	0,565	2,521
1980	0,856	3,897	2,101	0,474	0,94	2,279	1,728	0,898	1,576	0,864	6,049	0,6	1,855
1981	0,336	0,304	6,422	11,013	2,66	2,821	10,759	1,347	0,654	0,371	0,381	0,249	3,110
1982	2,323	2,271	3,71	5,853	7,396	23,467	4,117	1,389	10,759	10,166	0,78	0,19	6,035
1983	2,323	1,542	3,71	2,355	11,846	1,809	0,94	3,795	0,805	0,722	0,915	3,623	2,865
1984	2,323	2,271	3,71	17,028	9,065	4,338	2,584	2,652	5,93	0,529	0,62	1,266	4,360

cont.

Continuação do Quadro 2. 44 - Vazões em Joanes II, geradas a partir do Rio Jacuípe em Mata de São João - em m³/s.

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIAS ANUAIS
1985	1,052	1,046	1,024	9,658	21,857	8,811	17,537	12,538	2,533	2,245	15,902	7,323	8,461
1986	2,194	1,61	2,889	11,691	8,158	7,718	7,684	2,042	3,449	3,397	13,809	4,837	5,790
1987	1,415	1,076	1,127	2,008	4,473	9,319	7,43	1,449	1,186	0,762	0,757	0,784	2,649
1988	2,177	0,609	1,788	3,617	8,37	14,741	16,266	6,752	2,796	1,838	1,838	13,724	6,210
1989	1,491	1,228	2,05	14,995	14,995	34,226	23,975	15,334	7,404	3,855	4,897	29,228	12,807
1990	4,287	2,381	1,991	1,788	2,05	4,363	3,109	2,796	2,321	3,643	2,381	3,643	2,896
1991	1,686	1,355	1,313	2,101	2,101	2,101	4,897	3,643	2,736	1,228	1,059	0,94	2,097
1992	0,864	4,82	1,889	1,059	0,796	1,542	4,066	2,211	1,228	0,727	0,535	0,796	1,711
1993	0,422	0,297	0,252	0,232	0,832	1,991	0,535	2,923	0,596	1,406	0,396	0,232	0,843
1994	0,123	0,123	0,232	6,227	4,363	6,489	17,876	1,889	1,788	1,838	0,449	0,274	3,473
1995	0,174	0,139	0,32	0,727	2,736	4,66	2,98	0,983	0,565	0,232	0,847	1,101	1,289
1996	0,373	0,453	0,252	7,743	5,769	18,045	3,304	2,965	3,304	1,262	2,448	2,584	4,042
1997	0,659	1,965	10,081	8,98	9,065	6,862	4,829	2,694	0,873	1,017	0,601	0,298	3,994
1998	0,19	0,323	0,171	0,399	1,305	4,346	11,098	3,304	1,135	0,73	0,697	0,252	1,996
1999	0,21	0,252	0,231	0,262	10,844	5,769	4,914	17,028	2,203	2,897	12,03	4,346	5,082
2000	1,949	1,339	2,203	6,489	15,419	8,726	9,15	11,352	8,141	4,422	2,025	1,804	6,085
2001	0,834	0,54	0,906	0,873	0,873	2,508	3,66	5,413	12,538	6,489	1,135	0,632	3,033
2002	7,04	2,423	0,983	1,449	10,251	8,726	7,752	7,531	7,701	8,074	4,626	4,541	5,925
2003	4,346	3,846	4,21	4,804	21,857	16,859	13,979	6,6	7,557	2,652	2,516	2,186	7,618
2004	11,268	2,931	1,601	0,801	0,836	7,32	3,389	5,049	2,965	3,338	3,304	2,999	3,817
2005	2,55	4,99	3,634	6,896	14,656	18,384	17,537	4,202	3,55	3,541	3,49	3,312	7,229
2006	5,693	5,134	4,355	6,04	17,198	26,178	10,47	5,583	7,498	8,726	12,115	6,134	9,594
2007	4,956	2,271	10,166	4,626	14,148	19,146	6,227	7,523	6,227	6,108	5,634	4,871	7,659
2008	4,16	3,55	4,931	6,21	7,811	8,895	12,454	6,633	4,643	2,863	2,575	5,193	5,827
2009	4,346	3,236	2,05	2,635	11,846	13,555	8,726	1,159	1,094	1,078	1,005	3,623	4,529
2010	0,979	0,979	0,984	7,699	1,425	4,029	21,127	3,094	1,563	1,112	1,012	1,018	3,752
Minimo	0,123	0,083	0,171	0,232	0,796	1,025	0,535	0,898	0,191	0,090	0,098	0,107	0,843
Média	2,323	2,271	3,710	5,853	11,846	11,255	9,403	5,097	3,627	2,875	3,786	3,623	5,472
Máximo	14,656	14,063	23,467	33,294	48,798	39,818	23,975	21,264	12,538	12,623	28,889	29,228	16,147

Fonte: EMBASA / SEDUR (2013)

A vazão regularizada em cada um dos reservatórios foi estabelecida pelo que foi designado pelo cenário 3 naquele estudo. Neste cenário, diferentemente dos demais definidos naquele estudo, as demandas não foram definidas, uma vez que este cenário foi montado exatamente para definir a capacidade de regularização com 100% de garantia. A vazão liberada para jusante foi considerada igual a zero para as duas barragens. A conclusão a que se chegou naquele estudo, quanto à capacidade de regularização destes dois reservatórios, foi que a vazão regularizada com garantia de 100%, em Joanes II foi avaliada em 1,820 m³/s e a vazão regularizada com garantia de 100%, em Joanes I, foi de 0,600 m³/s, considerando a Barragem Joanes II, situada a montante, retirando 1,820 m³/s.

Este estudo considera que, mesmo perante a necessidade de ajustes diversos, decorrentes da falta de informações hidrológicas locais, os resultados são significativos e devem ser tomados como definidores da capacidade destes dois reservatórios.

O **Quadro 2. 45** apresenta alguns indicadores relativos às duas fontes e que são destacados em função da análise que hora se faz.

Quadro 2. 45 - Indicadores relativos aos reservatórios de Joanes I e de Joanes II

INDICADOR	SEDUR (2013)		EMBASA / INEMA (2014)	
	JOANES I	JOANES II	JOANES I	JOANES II
Nível máximo operacional (m)	16,0	30,3	16,0	30,5
Nível mínimo operacional (m)	14,5	24,9	14,5	24,9
Volume total (no NA máximo) (hm³)	13,628	108,470	18,883	137,500
Volume morto (hm³)	6,989	34,938	10,200	42,700
Volume útil (hm³)	6,640	73,532	8,683*	94,800*

*Nota: Valores obtidos pela diferença entre volume máximo e volume morto

Fonte: SEDUR (2013)

As vazões do rio Joanes foram estimadas a partir dos dados medidos no rio Jacuípe em Mata de São João, sendo considerado que as semelhanças físicas existentes entre as bacia do Joanes e do Jacuípe permitem considerar a produção de escoamento semelhante em ambas as bacias contribuintes (SEDUR, 2013). Desta forma, as vazões produzidas na bacia de contribuição do Joanes foram estimadas por proporção de área entre a bacia considerada (Joanes I ou Joanes II) e a área de contribuição do Jacuípe em Mata de São João.

A hipótese de semelhança física de fato acontece entre a área central e baixa do Jacuípe e a bacia do Joanes. As contribuições pluviométricas na bacia do Joanes devem ser maiores que a média pluviométrica na bacia do Jacuípe em Mata de São João em razão dos trechos mais à montante dessa bacia estarem inseridos em área de menor pluviosidade por serem mais afastadas do litoral. Assumir a hipótese de produção semelhante entre as duas bacias tende a ser uma hipótese que vai a favor da segurança, não devendo superestimar esta produção. Na falta de informações que proporcionem alternativas outras para esta estimativa, este caminho se apresenta como recomendável. No trabalho desenvolvido pela FEP (SEDUR, 2013) foram tentadas outras estratégias para estimar as vazões na bacia do Joanes e para todas elas os resultados obtidos foram considerados inadequados.

Os valores de vazão média mensal para o período de 1956 a 2010, obtidos a partir de tal critério para as bacias que alimentam Joanes I e Joanes II foram os que constam no **Quadro 2. 46**.

Quadro 2. 46 - Vazões média mensais (m³/s) na bacia do Joanes II estimadas pela FEP

BACIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA ANUAL
Joanes I	3,552	3,472	5,672	8,948	18,111	17,207	14,376	7,793	5,544	4,395	5,788	5,540	8,366
Joanes II	2,323	2,271	3,710	5,853	11,846	11,255	9,403	5,097	3,627	2,875	3,786	3,623	5,472

Fonte: SEDUR (2013)

Com estes dados das vazões estimadas para o período e as estimativas de relação entre cota, área e volume estabelecidas naquele estudo foi estimada a vazão máxima regularizada em Joanes I e Joanes II com 100% de permanência chegando-se aos valores de 0,600 m³/s e 1,820 m³/s, respectivamente. Cabe assinalar que a vazão para Joanes I foi obtida a partir da hipótese de operação com 100% de garantia do valor de 1,820 m³/s em Joanes II, fluindo para Joanes I apenas os volumes extravasados em Joanes II e as vazões relativas à área da bacia incremental (existente à jusante de Joanes II) com contribuição direta para Joanes I.

O **Quadro 2. 47** evidencia comparação entre os valores a que chegou o estudo da FEP (SEDUR, 2013) e os que são tradicionalmente atribuídos a estes dois reservatórios.

Quadro 2. 47 - Comparação das estimativas de vazão regularizada em Joanes I e Joanes II

Reservatório	Vazões regularizadas com 100% de permanência (m³/s)		
	IICA/INEMA*	PDAA/98**	Estudo da FEP***
Joanes I	1,240	1,200	0,600
Joanes II	2,399	3,800	1,820

Fonte: * Revisão do Balanço Hídrico do Plano Estadual de Recursos Hídricos – IICA / INEMA (2012); ** PDAA (1998); *** SEDUR (2013)

O estudo da FEP (SEDUR, 2013) analisa a operação dos dois reservatórios sob outros critérios operacionais. O que aqui está apresentado diz respeito ao cenário 3 daquele estudo, estabelecido com o intuito de avaliar a capacidade máxima de regularização de cada um dos dois reservatórios e, para tanto, foi considerado que nenhuma vazão seria obrigatoriamente lançada à jusante. Isto implica que, caso seja atendida a regulamentação do INEMA (Instrução Normativa Nº 01 já referida), a vazão disponível para abastecimento corresponde à capacidade de regularização do reservatório descontada da vazão a ser restituída para jusante da barragem.

2.5 RESERVATÓRIOS DE IPITANGA

A EMBASA opera, com o objetivo de atender às demandas de Salvador, os reservatórios de Ipitanga I e Ipitanga II ambos existentes em rio que dá nome aos barramentos. O primeiro foi construído em 1935 e o segundo em 1971, segundo a publicação Açudes Públicos da Bahia, editada em 1985 pelo Centro de Estatística e Informação (CEI), entidade vinculada à antiga Secretaria do Planejamento, Ciência e Tecnologia (SEPLANTEC) do Estado da Bahia.

O rio Ipitanga é afluente do rio Joanes e possui as mesmas dificuldades de informações hidrológicas atualizadas sobre seu regime de vazões que as existentes sobre o rio principal. Estes barramentos não foram avaliados no estudo desenvolvido pela Fundação Escola Politécnica para EMBASA/SEDUR. Não existem estações fluviométricas operando e mesmo os dados de precipitação, inclusive os de Salvador, não possuem informações atualizadas.

Para estimar a capacidade de regularização dos dois reservatórios no Ipitanga foi utilizado o balanço hídrico segundo sistemática já apresentada e designada pela sigla BHIM.

Para definir os aspectos relacionados às relações entre altura do nível de água nos reservatórios e respectivos volumes acumulados e superfície do espelho de água foram utilizadas as informações

repassadas pelo INEMA/EMBASA (2014), conforme **Figura 2. 41**, da mesma forma como se procedeu para os reservatórios analisados em tópicos anteriores.

Valores informados INEMA / EMBASA					
Ipitanga I			Ipitanga II		
Cota (m)	Volume (m ³)	Área (m ²)	Cota (m)	Volume (m ³)	Área (m ²)
17	0	5.400	47,5	0	4.000
18	31.000	57.000	48,5	21.000	38.000
19	171.000	222.800	49,5	114.000	148.000
20	425.000	285.100	50,5	282.000	189.000
21	742.000	349.600	51,5	493.000	232.000
22	1.125.000	417.700	52,5	784.000	277.000
23	1.670.000	469.400	53,5	1.042.000	312.000
24	2.072.000	535.000	54,5	1.376.000	355.000
25	2.650.000	622.000	55,5	1.760.000	413.000
26	3.310.000	697.200	56,5	2.198.000	463.000
27	4.049.000	784.200	57,5	2.688.000	519.000
28	4.879.000	878.000	58,5	3.240.000	583.000
29	5.830.000	1.024.800	59,5	3.871.000	680.000
29,3	6.144.670	1.073.000	60,5	4.600.000	778.000
30	6.928.000	1.171.500			
Níveis operacionais (m)					
	mínimo	23,0	mínimo	48,43	
	máximo	29,3	máximo	60,50	

Figura 2. 41 - Cotas, áreas e volumes em Ipitanga I e II

Fonte: INEMA, 2014, EMBASA, 2014

A partir destes elementos foram estabelecidas as equações relativas às curvas cota x área e cota x volume para os dois reservatórios. O **Quadro 2. 48** apresenta as expressões por reservatório e respectivos coeficientes de correlação obtidos. Para representar os níveis mínimos e máximos operacionais foram utilizados os valores informados e já referidos.

Quadro 2. 48 - Curvas cota x área e cota x volume para Ipitanga I e Ipitanga II

RESERVATÓRIO	CURVA	EQUAÇÃO	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO
Ipitanga I	Cota x área	$A = 24802 \cdot e^{0,1282 \cdot H}$	0.9989
	Cota x volume	$Vol = 0,0104 \cdot H^{6,0025}$	0,9958
Ipitanga II	Cota x área	$A = 145466 \cdot e^{0,1281 \cdot (H - 47,5)}$	0,9989
	Cota x volume	$Vol = 26055 \cdot (H - 47,5)^{2,0343}$	0,9963

Para estimativa da capacidade de evaporação local foram calculados os valores da ETP por Hargreaves como anteriormente já explicitado nas análises dos reservatórios de Santa Helena e Pedra do Cavalo, sendo que as informações foram estabelecidas a partir dos dados relativos ao reservatório de Ipitanga I, sendo esperados valores iguais para Ipitanga II. A seguir, na **Figura 2. 42**, as informações relativas à ETP calculada.

Barragem Ipitanga I										
Temperatura média (das Médias, das Máximas e das Mínimas) Evapotranspiração Potencial (Hargreaves)										
Mês	T C	T C	T C	J dias	dr rad	δs rad	ws rad	Ra mm/dia	ETP mm/dia mm/mês	
Jan	26,6	33,0	23,0	15,0	1,0	-0,4	1,7	16,4	5,3	164,9
Fev	26,7	32,8	22,7	45,0	1,0	-0,2	1,6	16,2	5,3	147,7
Mar	26,4	32,4	22,9	76,0	1,0	0,0	1,6	15,3	4,8	148,4
Abr	25,8	30,1	22,5	106,0	1,0	0,2	1,5	13,7	3,8	114,3
Mai	24,6	28,6	21,4	136,0	1,0	0,3	1,5	12,2	3,2	98,6
Jun	23,6	27,5	20,5	167,0	1,0	0,4	1,5	11,3	2,8	85,1
Jul	23,8	26,9	19,4	197,0	1,0	0,4	1,5	11,6	3,0	94,2
Ago	22,8	26,9	17,3	228,0	1,0	0,2	1,5	13,0	3,8	116,6
Set	23,8	28,4	19,9	258,0	1,0	0,0	1,6	14,6	4,1	121,9
Out	25,2	31,4	21,5	288,0	1,0	-0,2	1,6	15,8	4,9	152,2
Nov	25,5	31,2	21,7	319,0	1,0	-0,3	1,6	16,3	5,0	150,3
Dez	26,0	32,0	22,1	349,0	1,0	-0,4	1,7	16,4	5,2	161,4
Anual	25,0	30,8	21,5							1555,5

Figura 2. 42 - ETP nos reservatórios Ipitanga I e Ipitanga II

Os valores de precipitação da estação de Emboacica, já empregados nos estudos de Santa Helena, foram empregados no balanço hídrico elaborado para as duas barragens no Ipitanga. Não foram utilizados dados relativos a Salvador por conta da inexistência de informações atualizadas para as estações existentes neste município. Mesma dificuldade encontrou a equipe de técnicos da Fundação Escola Politécnica ao estudarem o Joanes. Naquele trabalho foram unidos dados de Emboacica e Salvador. A opção feita na oportunidade presente optou por não juntar dados das duas estações e utilizar somente uma. Os valores de precipitação mensal são portanto os mesmos já apresentados anteriormente, nas análises sobre Santa Helena.

Para estimar as vazões em Ipitanga I e Ipitanga II foi utilizado o mesmo recurso adotado no Joanes. As vazões foram geradas a partir da aceitação de que a produtividade específica das bacias do Ipitanga é a mesma apresentada pelo rio Jacuípe em Mata de São João. Desta forma, em cada uma das barragens e o produto da vazão mensal medida no rio Jacuípe em Mata de São João dividida pela área de sua bacia de contribuição multiplicada pela área de contribuição correspondente aos reservatórios de Ipitanga I e Ipitanga II.

As bacias de contribuição para cada uma destes locais de interesse são 440 km² (Jacuípe em Mata de São João), 27,4 km² para Ipitanga II, que fica mais à montante, e 49,4 km² para Ipitanga I, sendo que a bacia correspondente à área que se situa entre os eixos das duas barragens corresponde a um valor de 22 km². Por conta da existência de Ipitanga II à montante de Ipitanga I, a geração de vazões adotou, para esta última, a soma dos escoamentos formados na bacia incremental entre os dois reservatório acrescida do volume extravasado em Ipitanga II, quando existente, transformado em vazão equivalente (vazão constante ao longo do mês que produz exatamente o volume mensal extravasado).

A **Figura 2. 43** seguir apresenta os resultados encontrados para alimentação do reservatório de Ipitanga II, com os valores obtidos a partir do critério de proporção de área entre as bacias referentes a este local e o rio Jacuípe em Mata de São João.

Ano	Mês												Médias anuais
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1986	0,161	0,118	0,212	0,859	0,600	0,567	0,565	0,150	0,253	0,250	1,015	0,356	0,426
1987	0,104	0,079	0,083	0,148	0,329	0,685	0,546	0,106	0,087	0,056	0,056	0,058	0,195
1988	0,160	0,045	0,131	0,266	0,615	1,082	1,197	0,497	0,205	0,135	0,135	1,008	0,456
1989	0,110	0,090	0,150	1,101	1,101	2,517	1,763	1,129	0,544	0,283	0,360	2,150	0,942
1990	0,315	0,175	0,147	0,131	0,150	0,321	0,229	0,205	0,171	0,268	0,175	0,268	0,213
1991	0,124	0,100	0,097	0,154	0,154	0,154	0,360	0,268	0,201	0,090	0,078	0,069	0,154
1992	0,064	0,354	0,139	0,078	0,059	0,113	0,299	0,162	0,090	0,053	0,039	0,059	0,126
1993	0,031	0,022	0,019	0,017	0,061	0,147	0,039	0,215	0,044	0,103	0,029	0,017	0,062
1994	0,009	0,009	0,017	0,457	0,321	0,477	1,316	0,139	0,131	0,135	0,033	0,020	0,255
1995	0,013	0,010	0,024	0,053	0,201	0,343	0,219	0,072	0,042	0,017	0,063	0,081	0,095
1996	0,027	0,033	0,019	0,569	0,424	1,325	0,243	0,218	0,243	0,093	0,180	0,190	0,297
1997	0,048	0,145	0,740	0,660	0,668	0,505	0,355	0,198	0,064	0,075	0,044	0,022	0,294
1998	0,014	0,024	0,013	0,029	0,096	0,320	0,815	0,243	0,084	0,054	0,051	0,019	0,147
1999	0,015	0,019	0,017	0,019	0,798	0,424	0,361	1,253	0,162	0,213	0,884	0,320	0,374
2000	0,143	0,098	0,162	0,477	1,134	0,644	0,675	0,832	0,599	0,325	0,149	0,132	0,448
2001	0,061	0,040	0,067	0,064	0,064	0,184	0,269	0,398	0,919	0,477	0,084	0,046	0,223
2002	0,517	0,178	0,072	0,106	0,751	0,642	0,570	0,553	0,566	0,593	0,340	0,334	0,435
2003	0,320	0,283	0,310	0,353	1,608	1,240	1,029	0,485	0,556	0,195	0,185	0,161	0,560
2004	0,831	0,216	0,118	0,059	0,061	0,538	0,249	0,371	0,218	0,245	0,243	0,221	0,281
2005	0,187	0,367	0,267	0,507	1,076	1,350	1,289	0,309	0,261	0,260	0,256	0,243	0,531
Médias	0,163	0,120	0,140	0,305	0,513	0,679	0,619	0,390	0,272	0,196	0,220	0,289	0,326

Figura 2. 43 - Vazões estimadas para Ipitanga II

A partir destes elementos e aplicada a sequência de cálculos designadas por BHIM, foi possível efetuar a estimativa da vazão regularizada por este reservatório. O quadro seguinte mostra os elementos de entrada que caracterizam o cenário considerado, chamando a atenção que o máximo valor de vazão e consumo com 100% de garantia, como pode ser observado no **Figura 2. 44** subsequente foi de 272 L/s.

BHIM - BALANÇO HÍDRICO ITERATIVO MENSAL EM UM RESERVATÓRIO												
AÇUDE: Ipitanga II			Rio : Ipitanga			Município : Salvador			Estado : Bahia			
Fase : Operação regular			Cenário : Maxima regularização						Série de vazões : Jan / 1986 a Dez / 2005			
DADOS GERAIS												
DO RESERVATÓRIO			DO CONSUMO MÉDIO			DO CRITÉRIO DE OPERAÇÃO						
Nível	H (m)	Vol (m³)	Tipo	Q (l/s)	V (m³)	Abaixo de	60,5	57,0	55,0	52,0		
U max	60,5	4.808.239	Q amb	0,0	0	Acima de	57,0	55,0	52,0	48,4		
Rest un _p	57	2.540.237	Q ab h	272,0	705.024	Critério	S/ rest	Rest un _p	Rest 1	Rest 2		
Rest 1	55	1.570.465	Qm irrig	0,0	0							
Rest 2	52	555.548	Q outros	0,0	0	Q irrig	1,00	1,00	1,00	1,00		
Op min	48,43	22.479	sobre a irrigação			Q amb	1,00	1,00	1,00	1,00		
DADOS DE INICIALIZAÇÃO			Ai =	0,0	ha	Q ab h	1,00	1,00	1,00	1,00		
Ho = 59,5 m			t irrig =	24,0	h / dia	Q outros	1,00	1,00	1,00	1,00		
Ao = 675.203 m²			DO CONSUMO MENSAL									
Vo = 4.085.728 m³			Consumos mensais para cada uso				Consumos totais mensais					
Mês	ETP (mm)	Q irrig l/s	Q irrig m³/mês	Q amb m³/mês	Q ab h m³/mês	Q outros m³/mês	S/ rest m³/mês	Rest un _p m³/mês	Rest 1 m³/mês	Rest 2 m³/mês		
JAN	164,9	0,000	0	0	705.024	0	705.024	705.024	705.024	705.024		
FEV	147,7	0,000	0	0	705.024	0	705.024	705.024	705.024	705.024		
MAR	148,4	0,000	0	0	705.024	0	705.024	705.024	705.024	705.024		
ABR	114,3	0,000	0	0	705.024	0	705.024	705.024	705.024	705.024		
MAI	98,6	0,000	0	0	705.024	0	705.024	705.024	705.024	705.024		
JUN	85,1	0,000	0	0	705.024	0	705.024	705.024	705.024	705.024		
JUL	94,2	0,000	0	0	705.024	0	705.024	705.024	705.024	705.024		
AGO	116,6	0,000	0	0	705.024	0	705.024	705.024	705.024	705.024		
SET	121,9	0,000	0	0	705.024	0	705.024	705.024	705.024	705.024		
OUT	152,2	0,000	0	0	705.024	0	705.024	705.024	705.024	705.024		
NOV	150,3	0,000	0	0	705.024	0	705.024	705.024	705.024	705.024		
DEZ	161,4	0,000	0	0	705.024	0	705.024	705.024	705.024	705.024		
ETPanual =	1.555,5											
Q med =		0,000	0	0	705.024	0	705.024	705.024	705.024	705.024		
Curvas cota x área x volume												
Curva	Tipo	Coeficientes										
		k	m									
a = f(h)	k.e ^{m.h}	330,57	0,1281									
V = f(h)	k.(h-47,5) ^m	26055	2,0343									

Figura 2. 44 - Entradas no BHIM para Ipitanga II

Com estes elementos, os resultados encontrados estão disponibilizados na **Figura 2. 45**.

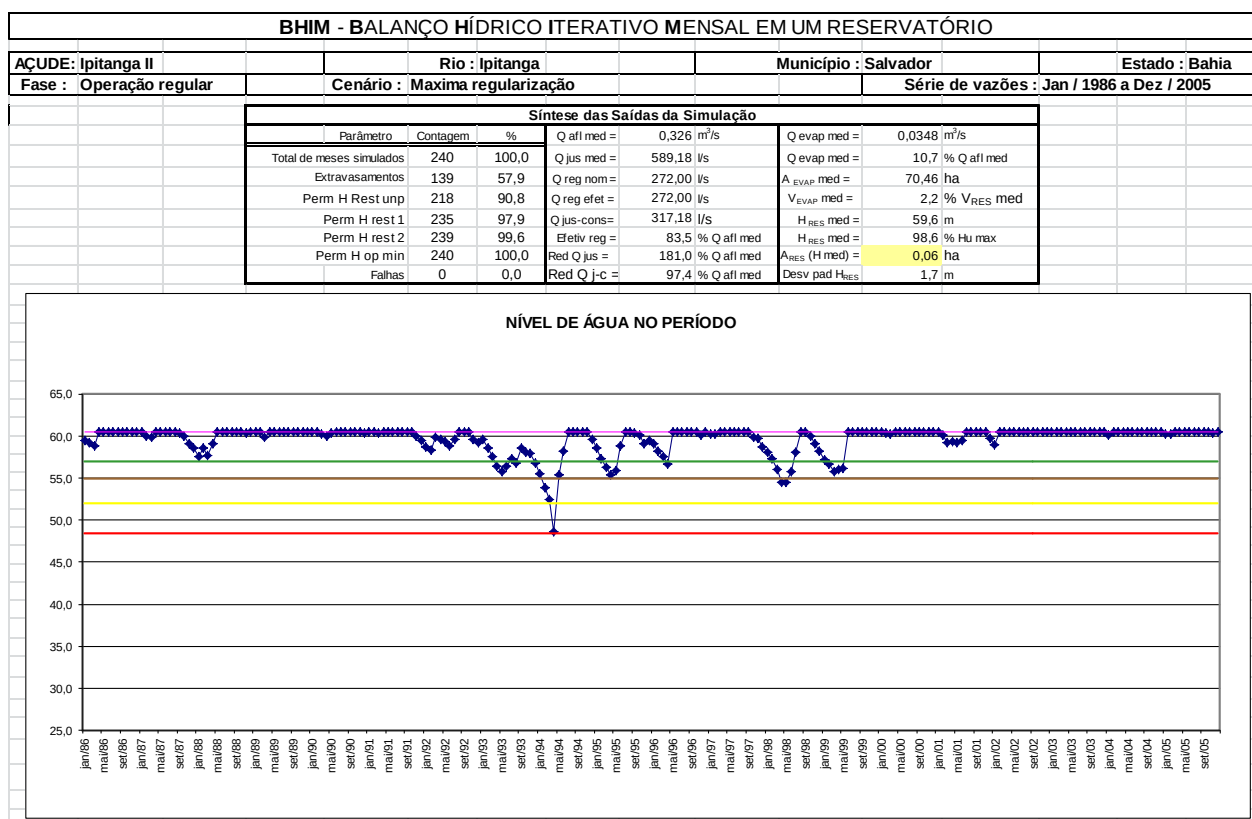


Figura 2. 45 - Saídas do BHIM para Ipitanga II

Com este comportamento de Ipitanga II, foi identificado o conjunto de meses com extravasamento e respectivos valores de volume extravasado, apresentados na **Figura 2. 46** a seguir.

Ano	Mês (volumes em m³)												Médias anuais
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1986	0	0	0	1.291.841	1.207.926	1.129.969	1.109.565	14.708	278.573	254.817	2.263.971	497.233	8.048.604
1987	0	0	0	0	53.742	1.468.746	1.055.291	0	0	0	0	0	2.577.778
1988	0	0	0	0	249.887	2.522.280	2.795.433	916.150	141.794	0	0	2.144.240	8.769.784
1989	0	0	0	2.223.765	2.699.152	6.214.526	4.254.735	2.562.838	1.028.516	356.116	505.587	5.199.792	25.045.026
1990	390.337	31.440	0	0	0	429.316	250.818	158.651	86.841	280.630	31.830	303.694	1.963.556
1991	0	0	0	0	0	0	417.543	377.870	137.428	0	0	0	932.841
1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1994	0	0	0	0	0	0	589.874	0	0	0	0	0	589.874
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	1.792.300	270.505	185.368	256.901	0	0	0	2.505.074
1997	0	0	1.240.380	1.385.189	1.381.791	975.812	584.270	120.883	0	0	0	0	5.688.325
1998	0	0	0	0	0	0	0	18.607	0	0	0	0	18.607
1999	0	0	0	0	0	74.578	599.238	2.920.775	51.625	167.417	1.924.862	422.883	6.161.377
2000	0	0	0	717.079	2.601.034	1.358.147	1.408.362	1.796.229	1.205.904	414.386	0	0	9.501.141
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	1.981.335	878.009	0	0	2.859.344
2002	445.727	47.261	0	0	1.329.860	1.337.533	1.148.265	1.070.650	1.084.062	1.103.776	460.648	436.104	8.463.886
2003	393.475	322.708	460.899	538.873	3.859.881	2.893.081	2.338.539	901.859	1.082.993	104.639	75.200	0	12.972.147
2004	1.797.372	143.527	0	0	0	554.641	325.329	587.437	165.880	211.024	243.317	131.743	4.160.270
2005	55.913	570.759	298.567	1.037.785	2.451.054	3.230.147	3.045.150	436.276	274.377	243.519	294.064	210.878	12.148.488
Médias	154.141	55.785	99.992	359.727	791.716	1.199.054	1.009.646	603.415	388.811	200.717	289.974	467.328	5.620.306

Figura 2. 46 - Volumes extravasados estimados para Ipitanga II no cenário de máxima vazão regularizada com 100% de garantia

Transformados estes volumes em vazão equivalente e adicionados aos valores estimados para a bacia incremental entre Ipitanga II e Ipitanga I, foi possível avaliar as vazões de alimentação de Ipitanga I, a seguir apresentadas.

Ano	Vazão média mensal (m³/s) de janeiro a junho																	
	1			2			3			4			5			6		
	produzida na área incremental	Extravazad o Ipitanga 2	Total	produzida na área incremental	Extravazad o Ipitanga 2	Total	produzida na área incremental	Extravazad o Ipitanga 2	Total	produzida na área incremental	Extravazad o Ipitanga 2	Total	produzida na área incremental	Extravazad o Ipitanga 2	Total	produzida na área incremental	Extravazad o Ipitanga 2	Total
1986	0,161	0,000	0,130	0,118	0,000	0,095	0,212	0,000	0,171	0,859	0,492	1,182	0,600	0,460	0,941	0,567	0,430	0,885
1987	0,104	0,000	0,084	0,079	0,000	0,064	0,083	0,000	0,067	0,148	0,000	0,119	0,329	0,020	0,284	0,685	0,559	1,109
1988	0,160	0,000	0,129	0,045	0,000	0,036	0,131	0,000	0,105	0,266	0,000	0,214	0,615	0,095	0,589	1,082	0,960	1,829
1989	0,110	0,000	0,088	0,090	0,000	0,072	0,150	0,000	0,121	1,101	0,846	1,730	1,101	1,027	1,911	2,517	2,365	4,385
1990	0,315	0,149	0,401	0,175	0,012	0,152	0,147	0,000	0,118	0,131	0,000	0,105	0,150	0,000	0,121	0,321	0,163	0,421
1991	0,124	0,000	0,100	0,100	0,000	0,080	0,097	0,000	0,078	0,154	0,000	0,124	0,154	0,000	0,124	0,154	0,000	0,124
1992	0,064	0,000	0,051	0,354	0,000	0,284	0,139	0,000	0,111	0,078	0,000	0,063	0,059	0,000	0,047	0,113	0,000	0,091
1993	0,031	0,000	0,025	0,022	0,000	0,018	0,019	0,000	0,015	0,017	0,000	0,014	0,061	0,000	0,049	0,147	0,000	0,118
1994	0,009	0,000	0,007	0,009	0,000	0,007	0,017	0,000	0,014	0,457	0,000	0,367	0,321	0,000	0,257	0,477	0,000	0,383
1995	0,013	0,000	0,010	0,010	0,000	0,008	0,024	0,000	0,019	0,053	0,000	0,043	0,201	0,000	0,161	0,343	0,000	0,275
1996	0,027	0,000	0,022	0,033	0,000	0,027	0,019	0,000	0,015	0,569	0,000	0,457	0,424	0,000	0,340	1,325	0,682	1,746
1997	0,048	0,000	0,039	0,145	0,000	0,116	0,740	0,472	1,066	0,660	0,527	1,057	0,668	0,526	1,062	0,505	0,371	0,777
1998	0,014	0,000	0,011	0,024	0,000	0,019	0,013	0,000	0,010	0,029	0,000	0,024	0,096	0,000	0,077	0,320	0,000	0,257
1999	0,015	0,000	0,012	0,019	0,000	0,015	0,017	0,000	0,014	0,019	0,000	0,015	0,798	0,000	0,640	0,424	0,028	0,369
2000	0,143	0,000	0,115	0,098	0,000	0,079	0,162	0,000	0,130	0,477	0,273	0,656	1,134	0,990	1,900	0,644	0,517	1,034
2001	0,061	0,000	0,049	0,040	0,000	0,032	0,067	0,000	0,053	0,064	0,000	0,051	0,064	0,000	0,051	0,184	0,000	0,148
2002	0,517	0,170	0,585	0,178	0,018	0,161	0,072	0,000	0,058	0,106	0,000	0,086	0,751	0,506	1,109	0,642	0,509	1,025
2003	0,320	0,150	0,406	0,283	0,123	0,350	0,310	0,175	0,424	0,353	0,205	0,489	1,608	1,469	2,760	1,240	1,101	2,096
2004	0,831	0,684	1,351	0,216	0,055	0,228	0,118	0,000	0,095	0,059	0,000	0,047	0,061	0,000	0,049	0,538	0,211	0,643
2005	0,187	0,021	0,172	0,367	0,217	0,511	0,267	0,114	0,328	0,507	0,395	0,802	1,076	0,933	1,797	1,350	1,229	2,313
Médias	0,163	0,059	0,189	0,120	0,021	0,118	0,140	0,038	0,150	0,305	0,137	0,382	0,513	0,301	0,714	0,679	0,456	1,001

Figura 2. 47 - Vazão em Ipitanga I (bacia incremental, equivalentes ao volume extravasado de Ipitanga II e total) de janeiro a junho

Ano	Vazão média mensal (m³/s) de julho a dezembro e médias anuais																		Vazões médias anuais		
	7			8			9			10			11			12					
	produzida na área incremental al	Extravazad o Ipitanga 2	Total	produzida na área incremental al	Extravazad o Ipitanga 2	Total	produzida na área incremental al	Extravazad o Ipitanga 2	Total	produzida na área incremental al	Extravazad o Ipitanga 2	Total	produzida na área incremental al	Extravazad o Ipitanga 2	Total	produzida na área incremental al	Extravazad o Ipitanga 2	Total			
1986	0,565	0,422	0,876	0,150	0,006	0,126	0,253	0,106	0,310	0,250	0,097	0,297	1,015	0,861	1,676	0,356	0,189	0,475	5,107	3,063	7,163
1987	0,546	0,402	0,840	0,106	0,000	0,086	0,087	0,000	0,070	0,056	0,000	0,045	0,056	0,000	0,045	0,058	0,000	0,046	2,336	0,981	2,857
1988	1,197	1,064	2,025	0,497	0,349	0,747	0,205	0,054	0,219	0,135	0,000	0,108	0,135	0,000	0,108	1,008	0,816	1,626	5,477	3,337	7,734
1989	1,763	1,619	3,034	1,129	0,975	1,882	0,544	0,391	0,828	0,283	0,136	0,363	0,360	0,192	0,481	2,150	1,979	3,705	11,298	9,530	18,602
1990	0,229	0,095	0,279	0,205	0,060	0,225	0,171	0,033	0,170	0,268	0,107	0,322	0,175	0,012	0,153	0,268	0,116	0,331	2,554	0,747	2,798
1991	0,360	0,159	0,448	0,268	0,144	0,359	0,201	0,052	0,214	0,090	0,000	0,072	0,078	0,000	0,063	0,069	0,000	0,056	1,850	0,355	1,840
1992	0,299	0,000	0,240	0,162	0,000	0,130	0,090	0,000	0,072	0,053	0,000	0,043	0,039	0,000	0,032	0,059	0,000	0,047	1,509	0,000	1,212
1993	0,039	0,000	0,032	0,215	0,000	0,172	0,044	0,000	0,035	0,103	0,000	0,083	0,029	0,000	0,023	0,017	0,000	0,014	0,743	0,000	0,597
1994	1,316	0,224	1,281	0,139	0,000	0,111	0,131	0,000	0,105	0,135	0,000	0,108	0,033	0,000	0,027	0,020	0,000	0,016	3,065	0,224	2,685
1995	0,219	0,000	0,176	0,072	0,000	0,058	0,042	0,000	0,033	0,017	0,000	0,014	0,063	0,000	0,050	0,081	0,000	0,065	1,137	0,000	0,913
1996	0,243	0,103	0,298	0,218	0,071	0,245	0,243	0,098	0,293	0,093	0,000	0,074	0,180	0,000	0,144	0,190	0,000	0,152	3,562	0,953	3,814
1997	0,355	0,222	0,507	0,198	0,046	0,205	0,064	0,000	0,051	0,075	0,000	0,060	0,044	0,000	0,035	0,022	0,000	0,018	3,523	2,165	4,993
1998	0,815	0,000	0,654	0,243	0,007	0,202	0,084	0,000	0,067	0,054	0,000	0,043	0,051	0,000	0,041	0,019	0,000	0,015	1,759	0,007	1,420
1999	0,361	0,228	0,518	1,253	1,111	2,117	0,162	0,020	0,150	0,213	0,064	0,235	0,884	0,732	1,442	0,320	0,161	0,417	4,483	2,345	5,944
2000	0,675	0,536	1,078	0,832	0,683	1,351	0,599	0,459	0,940	0,325	0,158	0,419	0,149	0,000	0,120	0,132	0,000	0,106	5,371	3,615	7,928
2001	0,269	0,000	0,216	0,398	0,000	0,320	0,919	0,754	1,492	0,477	0,334	0,717	0,084	0,000	0,067	0,046	0,000	0,037	2,673	1,088	3,325
2002	0,570	0,437	0,894	0,553	0,407	0,852	0,566	0,413	0,867	0,593	0,420	0,896	0,340	0,175	0,448	0,334	0,166	0,434	5,224	3,221	7,415
2003	1,029	0,890	1,716	0,485	0,343	0,732	0,556	0,412	0,858	0,195	0,040	0,196	0,185	0,029	0,177	0,161	0,000	0,129	6,723	4,936	10,334
2004	0,249	0,124	0,324	0,371	0,224	0,521	0,218	0,063	0,238	0,245	0,080	0,277	0,243	0,093	0,288	0,221	0,050	0,227	3,370	1,583	4,289
2005	1,289	1,159	2,193	0,309	0,166	0,414	0,261	0,104	0,314	0,260	0,093	0,302	0,256	0,112	0,318	0,243	0,080	0,276	6,373	4,623	9,799
Médias	0,619	0,384	0,882	0,390	0,230	0,543	0,272	0,148	0,366	0,196	0,076	0,234	0,220	0,110	0,287	0,289	0,178	0,410	3,907	2,139	5,276

Figura 2. 48 - Vazão em Ipitanga I (bacia incremental, equivalentes ao volume extravasado de Ipitanga II e total) de julho a dezembro

Os valores que alimentaram os cenários utilizados para estimar a vazão regularizada estão assinalados em **negrito** nos dois quadros precedentes. Além destas vazões, os demais elementos que caracterizam o cenário simulado estão na **Figura 2. 49** e na **Figura 2. 50**, a seguir.

BHIM - BALANÇO HÍDRICO ITERATIVO MENSAL EM UM RESERVATÓRIO										
AÇUDE: Ipitanga I			Rio : Ipitanga			Município : Salvador			Estado : Bahia	
Fase : Operação regular			Cenário : Maxima regularização			Série de vazões : Jan / 1986 a Dez / 2005				
DADOS GERAIS										
DO RESERVATÓRIO			DO CONSUMO MÉDIO			DO CRITÉRIO DE OPERAÇÃO				
Nível	H (m)	Vol (m³)	Tipo	Q (l/s)	V (m³)	Abaixo de	29,3	28,0	26,0	25,0
U max	29,3	6.635.998	Q amb	0,0	0	Acima de	28,0	26,0	25,0	23,0
Rest unp	28	5.053.583	Q ab h	127,0	329.184	Critério	S/ rest	Rest unp	Rest 1	Rest 2
Rest 1	26	3.238.999	Qm irrig	0,0	0					
Rest 2	25	2.559.577	Q outros	0,0	0	FATORES DE ATENDIMENTO				
Op min	23	1.551.689	sobre a irrigação			Qirrig	1,00	1,00	1,00	1,00
DADOS DE INICIALIZAÇÃO			Al =	0,0	ha	Q amb	1,00	1,00	1,00	1,00
Ho = 29 m			t irrig =	24,0	h / dia	Q ab h	1,00	1,00	1,00	1,00
Ao = 1.021.190 m²			DO CONSUMO MENSAL							
Vo = 6.238.459 m³			Consumos mensais para cada uso				Consumos totais mensais			
Mês	ETP (mm)	Qirrig l/s	Qirrig m³/mês	Q amb m³/mês	Q ab h m³/mês	Q outros m³/mês	S/ rest m³/mês	Rest unp m³/mês	Rest 1 m³/mês	Rest 2 m³/mês
JAN	164,9	0,000	0	0	329.184	0	329.184	329.184	329.184	329.184
FEV	147,7	0,000	0	0	329.184	0	329.184	329.184	329.184	329.184
MAR	148,4	0,000	0	0	329.184	0	329.184	329.184	329.184	329.184
ABR	114,3	0,000	0	0	329.184	0	329.184	329.184	329.184	329.184
MAI	98,6	0,000	0	0	329.184	0	329.184	329.184	329.184	329.184
JUN	85,1	0,000	0	0	329.184	0	329.184	329.184	329.184	329.184
JUL	94,2	0,000	0	0	329.184	0	329.184	329.184	329.184	329.184
AGO	116,6	0,000	0	0	329.184	0	329.184	329.184	329.184	329.184
SET	121,9	0,000	0	0	329.184	0	329.184	329.184	329.184	329.184
OUT	152,2	0,000	0	0	329.184	0	329.184	329.184	329.184	329.184
NOV	150,3	0,000	0	0	329.184	0	329.184	329.184	329.184	329.184
DEZ	161,4	0,000	0	0	329.184	0	329.184	329.184	329.184	329.184
ETPanual = 1.555,5										
Q med = 0,000			0	0	329.184	0	329.184	329.184	329.184	329.184
Curvas cota x área x volume										
Curva	Tipo	Coeficientes								
		k	m							
a = f(h)	k.e ^{m.h}	24802	0,1282							
V = f(h)	k.h ^m	0,0104	6,0025							

Figura 2. 49 - Entradas no BHIM para Ipitanga I

A partir destes elementos chegou-se ao comportamento representado nas saídas a seguir apresentadas.

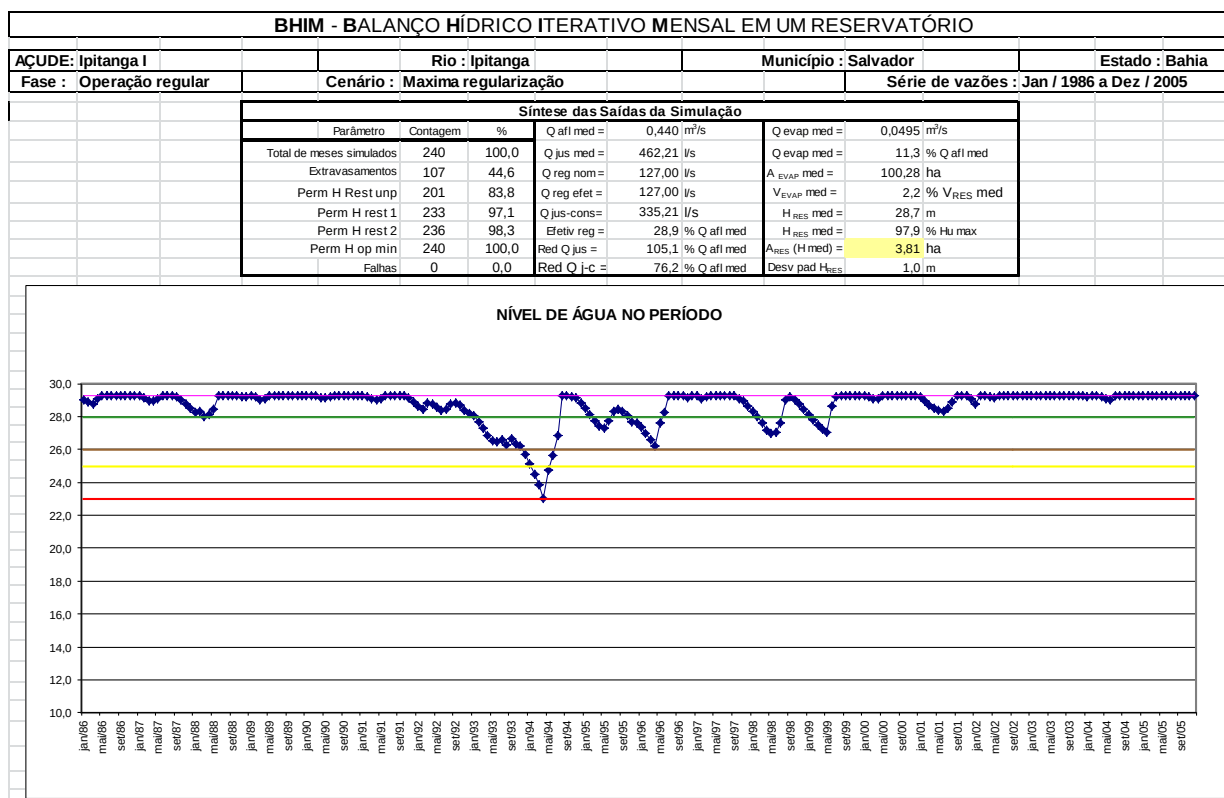


Figura 2. 50 - Saídas do BHIM para Ipitanga I, considerando Ipitanga II operando segundo o que anteriormente foi mostrado

Com estes elementos chegou-se ao valor de 127 L/s para a vazão regularizada neste reservatório, valor este decorrente da alimentação do reservatório influenciada pelo controle feito em Ipitanga II.

Chama a atenção a maior capacidade de regularização de Ipitanga II quando comparado com Ipitanga I, diferentemente do que tradicionalmente se acredita. Comparando algumas informações é possível uma reflexão sobre estes resultados.

O volume útil, segundo as informações levantadas junto ao INEMA e, informado a este órgão pela EMBASA, está situado entre as cotas 48,43m e 60,50 m em Ipitanga II perfazendo um volume útil superior a 4.500.000 m³ enquanto em Ipitanga I, este volume foi estimado em cerca de 5.300.000 m³, com os níveis operacionais entre as cotas 23,0 m e 29,3 m, portanto são reservatórios de porte semelhante. Por outro lado, a área de contribuição de Ipitanga II, 27,4 km², é superior à área incremental (existente à jusante de Ipitanga II e que contribui diretamente para Ipitanga I) a de Ipitanga I, cerca de 22 km². Isto faz crer, dentro do princípio de proporcionalidade de área para a formação de vazão afluente aos reservatórios, que as contribuições que aportam a Ipitanga II são maiores que aquelas que chegam diretamente a Ipitanga I, fato que pode justificar os resultados obtidos. Vale lembrar que os volumes extravazados de Ipitanga II para Ipitanga I ajudam no comportamento do reservatório, entretanto, no período de maior estiagem (que é o que define a vazão regularizada com 100% de permanência) não há este tipo de contribuição, ficando o reservatório a mercê, exclusivamente, dos aportes diretos de sua bacia incremental.

A título de ilustração, foi simulado Ipitanga I sem reservatório à montante e o resultado elevou a vazão regularizada com 100% de permanência de 127 L/s para 192 L/s. Os resultados evidenciam as limitações decorrentes do porte do reservatório proporcionando escoamento pelo extravasor em cerca de 60% do tempo, fato que deve ter motivado a construção de outro reservatório em local onde este se mostrasse oportuno.

O presente estudo utilizou o mesmo princípio daquele empregado pela FEP (SEDUR, 2013) para a estimativa de vazões nas bacias de contribuição de Ipitanga I e Ipitanga II. Os valores médios a que se chegou para as bacias de contribuição de Ipitanga I e Ipitanga II são as que se apresentam no **Quadro 2. 49**.

Quadro 2. 49 - Vazões médias estimadas para as bacias de Ipitanga I e Ipitanga II

BACIA	VAZÕES (m³/s)												MÉDIAS ANUAIS
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
IPITANGA I	0,131	0,097	0,112	0,245	0,412	0,545	0,497	0,313	0,218	0,157	0,177	0,232	0,261
IPITANGA II	0,163	0,120	0,140	0,305	0,513	0,679	0,619	0,390	0,272	0,196	0,220	0,289	0,326

Fonte: PARMS, 2014

As curvas Cota x Volume foram estimadas a partir dos dados de área correspondentes às curvas de nível informadas pela EMBASA. O **Quadro 2. 50** apresenta alguns indicadores relativos aos reservatórios de Ipitanga I e Ipitanga II.

Quadro 2. 50 - Parâmetros Indicadores dos reservatórios de Ipitanga I e Ipitanga II

INDICADOR	EMBASA / INEMA	
	IPITANGA I	IPITANGA II
Nível máximo operacional (m)	29,3	60,50
Nível mínimo Operacional (m)	23,0	48,43
Volume Total (no NA máximo) (hm³)	6,144	4,600
Volume morto (hm³)	1,670	0,021
Volume útil (hm³)	4,474	4,579

Fonte: EMBASA / INEMA, 2014

Simulado o balanço hídrico dos dois reservatórios foi possível estimar a vazão regularizada em cada um deles. Da mesma forma que nos reservatórios do Joanes, o aporte para Ipitanga I foi obtido a partir do extravasado de Ipitanga II adicionado às contribuições da bacia incremental entre os dois reservatórios. Os valores obtidos e aqueles tradicionalmente esperados para os dois reservatórios estão no Erro! Fonte de referência não encontrada..

Quadro 2. 51 - Comparação das estimativas de vazão regularizada em Ipitanga I e Ipitanga II

Reservatório	Vazões regularizadas com 100% de permanência (m³/s)		
	IICA/INEMA*	EMBASA**	PARMS***
Ipitanga I	0,300	0,500	0,127
Ipitanga II	0,290	0,400	0,272

Fonte:* Revisão do Balanço Hídrico do Plano Estadual de Recursos Hídricos – IICA / INEMA (2012); ** EMBASA; *** Estimadas neste estudo (PARMS, 2014)

A falta de informações medidas nas bacias de contribuição desses reservatórios tem reflexo sobre os resultados encontrados, mas mesmo com as limitações decorrentes deste fato é possível que o processo de alteração do uso do solo esteja impactando na capacidade de armazenamento desses reservatórios, assim como reduzindo as vazões em períodos de estiagem, ampliando as diferenças entre demandas e disponibilidades, e com isto, alterando o balanço de massas que define a relação entre reservas armazenadas e vazão regularizada.

A urbanização crescente na bacia do Ipitanga potencializa a demanda por agregar aos reservatórios nele implantados o uso para controle de cheias, oportunizando conflitos operacionais entre este uso e o abastecimento humano.

2.6 DISPONIBILIDADE HÍDRICA DOS RESERVATÓRIOS

A partir das hipóteses estabelecidas foi possível chegar a valores atuais de referência, que constituem as capacidades de atendimento revisadas desses reservatórios, a serem consideradas no balanço entre demandas de abastecimento e disponibilidades dos mananciais, tendo em vista à montagem de estratégias para enfrentamento dos problemas que devem ser esperados ao longo do período de alcance do Plano.

Quadro 2. 52 - Síntese da disponibilidade hídrica dos reservatórios analisados

RESERVA- TÓRIO	NÍVEL MÍNIMO OPERA- CIONAL	VAZÕES (m³/s)							
		REGULARIZADAS COM PERMANÊNCIA DE:			DE RESTITUIÇÃO A JUSANTE DA BARRAGEM, EM REGIME:		DISPONÍVEIS PARA ABASTECIMENTO DA RMS, COM PERMANÊNCIA DE:		
		100%	95%	90%	NORMAL	DE ESCASSEZ	100%	95%	90%
Santa Helena	17,00 m	4,05	5,64	6,64	1,99	0,50	2,05	3,65	4,65
	10,00 m	6,60	8,36	9,96			4,60	6,37	7,97
Pedra do Cavalo	110,00 m	37,72	49,03	57,44	10,00*	-	21,00*	21,00*	21,00*
	108,00 m	41,33	52,54	60,07					
	106,00 m	47,15	59,97	67,17					
Joanes I	14,50 m	0,60**	0,84***	1,04***	0,21***	0,05***	0,39	0,63	0,83
Joanes II	24,90 m	1,82**	2,54***	3,15***	0,63***	0,16***	1,19	1,91	2,52
Ipitanga I	23,00 m	0,13	0,18	0,22	0,04	0,01	0,08	0,13	0,18
Ipitanga II	48,43 m	0,27	0,38	0,47	0,09	0,02	0,18	0,28	0,38

Fontes: Estimadas neste estudo (PARMS, 2014); * Valores definidos em estudos do projeto da barragem Pedra do Cavalo; ** Valores do estudo elaborado pela FEP (SEDUR, 2013); *** Valores estimados por critério de proporcionalidade entre dados encontrados para os reservatórios Ipitanga I e II, sujeitos às mesmas características climáticas dos reservatórios Joanes I e II.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil) (ANA). **Hidroweb**: sistemas de informações hidrológicas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb>>. 2014

CENTRO DE PLANEJAMENTO DA BAHIA. (BAHIA / SEPLANTEC / CEPLAB). **Atlas Climatológico do Estado da Bahia: análise espacial da temperatura. Documento n. 1**. Salvador, 1976. v.1, 237p. Editado pelo antigo Centro de Estatística e Informação – CEI, da Secretaria de Planejamento Ciência e Tecnologia, entidade que atualmente corresponde ao SEI

BAHIA, Secretaria de Desenvolvimento Urbano. **Livro das Barragens**. SEDUR: Embasa – Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A., Jorge Luis Rocha de Amorim. Salvador, 2006, 94p. il.

BAHIA. **Instrução Normativa Nº 01, de 27 de fevereiro de 2007**, dispõe sobre a emissão de outorga de direito de uso dos recursos hídricos de domínio do Estado da Bahia, assim como a sua renovação, ampliação, alteração, transferência, revisão, suspensão e extinção, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.meioambiente.ba.gov.br/legislacao/instrucoes/instrucao_inga_01.pdf>

BRASIL. **Lei n. 9.433 de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: 22 mar. 2014.

EMBASA. **Estudos de Definição do Reaproveitamento do Potencial Hídrico do Rio Jacuípe**. Elaborado pela GEOHIDRO, março de 1996.

EMBASA. **Revisão e Atualização do Plano Diretor de Abastecimento de Água de Salvador Extensivo aos Demais Municípios da RMS**. Hydros, 1998.

GENZ, F. 2006. **Avaliação dos Efeitos da Barragem Pedra do Cavalo sobre a Circulação Estuarina do Rio Paraguaçu e Baía de Iguape**. Tese de doutorado. Instituto de Geociências. UFBA. 245p. Disponível em: <http://www.pggeologia.ufba.br/FTP/tese/tex_200_118414>.

IICA - Instituto Interamericano de Cooperação Para a Agricultura. **Balanço Hídrico para a Revisão do Plano Estadual de Recursos Hídricos**. Quarto Produto – Relatório Técnico. Contratos nº 109057, 109058 e 109059. Consultores José Mário Guimarães Miranda, Rosa Virgínia Maia Guimarães Miranda e Nilton Sousa Santana. 2012.

SEDUR/EMBASA. **Projeto de Revitalização e Gestão Ambiental dos Mananciais do Sistema Joanes/Ipitanga**. Estudos Hidrológicos. Janeiro de 2013.

SEMA-BA e SEPLAN-BA. **Zoneamento Ecológico Econômico do Estado da Bahia. Plano de Desenvolvimento Sustentável da Bahia - PDS**. Elaborado pela GEOHIDRO, setembro de 2012.

VIRÃES, Múcio Valença. **Regionalização de Vazões nas Bacias Hidrográficas Brasileiras: estudo da vazão de 95% de permanência da sub-bacia 50 – Bacias dos rios Itapicuru, Vaza Barris, Real, Inhambupe, Pojuca, Sergipe, Japarutuba, Subaúma e Jacuípe**. / Múcio Valença Virões. – Recife: CPRM, 2013. 154p.: il.; 2 anexos + 1 DVD. Projeto Disponibilidade Hídrica do Brasil - Estudos de Regionalização nas Bacias Hidrográficas Brasileiras. Levantamento da Geodiversidade. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/rehi/regionalizacao/sub_bacia_50/relatorio_sub_bacia50.pdf

ANEXOS

ANEXO I
CONTRATO DE CONCESSÃO No 19/2002
ANEEL AHE PEDRA DO CAVALO

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL**PROCESSO Nº 48500.005652/01-44****CONTRATO DE CONCESSÃO Nº 19/2002 - ANEEL
AHE PEDRA DO CAVALO****DE USO DE BEM PÚBLICO PARA GERAÇÃO
DE ENERGIA ELÉTRICA, QUE CELEBRAM A
UNIÃO E A VOTORANTIM CIMENTOS LTDA.**

A UNIÃO, doravante designada apenas **Poder Concedente**, no uso da competência que lhe confere o art. 21, inciso XII, alínea "b", da Constituição Federal, por intermédio da AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - **ANEEL**, em conformidade com o disposto no inciso IV, art. 3º da Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, autarquia em regime especial, com sede à SGAN, Quadra 603, Módulo I e J, Brasília, Distrito Federal, inscrita no CNPJ/MF sob o nº 02.270.669/0001-29 representada por seu Diretor-Geral, José Mário Miranda Abdo, nos termos do inciso V, art. 10 do Anexo I - Estrutura Regimental, aprovada pelo Decreto nº 2.335, de 6 de outubro de 1997, doravante designada **ANEEL** e a empresa **Votorantim Cimentos Ltda.**, com sede na Alameda Itú, nº 852, 11ª andar, no Município de São Paulo, Estado de São Paulo, CNPJ/MF nº 01.637.895/0001-32, **Concessionária de Produção Independente** de energia elétrica, representada na forma de seu Contrato Social por seu Diretor, Nelson Batista, e por sua sócia-quotista, S.A. Indústrias Votorantim, neste ato representada por seus Diretores, Marcus Olyntho de Camargo Arruda e Nelson Koichi Shimada, doravante designada simplesmente **Concessionária**, por este instrumento e na melhor forma do direito, têm entre si ajustado o presente **CONTRATO DE CONCESSÃO DE USO DE BEM PÚBLICO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**, que se regerá pelo Código de Águas, aprovado pelo Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934, com as alterações introduzidas pelo Decreto nº 852, de 11 de novembro de 1938, pelo Regulamento dos Serviços de Energia Elétrica, aprovado pelo Decreto nº 41.019, de 26 de fevereiro de 1957, pelas Leis nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, nº 9.074, de 7 de julho de 1995, nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, nº 9.648 de 28 de maio de 1998, pelos Decretos nº 2.003, de 10 de setembro de 1996 e nº 2.655, de 2 de julho de 1998, pela legislação superveniente e complementar, pelas normas e regulamentos expedidos pelo **Poder Concedente** e pela **ANEEL** e pelas condições estabelecidas nas Cláusulas a seguir indicadas:

CLÁUSULA PRIMEIRA - OBJETO DO CONTRATO

Este Contrato regula a exploração, pela **Concessionária**, do potencial de energia hidráulica localizado no rio Paraguaçu, Municípios de Governador Mangabeira e Conceição da Feira, Estado da Bahia, nas coordenadas 12°36'00" de latitude Sul e 38°59'00" de longitude Oeste, denominado **Usina Hidrelétrica Pedra do Cavalo**, com potência instalada mínima de 160,0 MW, bem como das respectivas **Instalações de Transmissão de Interesse Restrito à Central Geradora**, descritas na Subcláusula Terceira desta Cláusula, doravante denominadas neste Contrato como **Aproveitamento Hidrelétrico**, cuja concessão foi outorgada pelo Decreto de 2 de abril de 2002, publicado no Diário Oficial de 3 de abril de 2002.

Subcláusula Primeira - O **Aproveitamento Hidrelétrico** terá as características técnicas e será construído conforme as condições indicadas na Cláusula Quinta deste Contrato, devendo ser obedecido o cronograma físico apresentado pela **Concessionária** e aprovado pela **ANEEL**, conforme inciso XIII, Subcláusula Primeira da Cláusula Sétima deste contrato.

PROCURADORIA GERAL/ANEEL	
VISTO	

Subcláusula Segunda - A energia elétrica produzida na **Usina Hidrelétrica** será comercializada ou utilizada pela **Concessionária**, tendo em vista a sua condição de **Produtor Independente**, nas condições estabelecidas neste Contrato e nas normas legais específicas.

Subcláusula Terceira - As **Instalações de Transmissão de Interesse Restrito à Central Geradora** são consideradas parte integrante da concessão de geração de energia elétrica de que trata este Contrato, que compreendem as seguintes instalações:

- I. Linha de interesse restrito: LT 230 kV Pedra do Cavalo/Governador Mangabeira, circuito duplo, 1 x 636 MCM, 4 km.
- II. SE Governador Mangabeira: 2 entradas de linha em 230 kV para a UHE Pedra do Cavalo.

CLÁUSULA SEGUNDA - PRAZO DA CONCESSÃO E DO CONTRATO

O presente Contrato de Concessão tem prazo de 35 (trinta e cinco) anos, contado a partir da data de sua assinatura.

Subcláusula Primeira - O prazo da concessão poderá ser prorrogado, com base nos relatórios técnicos específicos preparados pela fiscalização da **ANEEL**, nas condições que forem estabelecidas, a critério da **ANEEL**, mediante requerimento da **Concessionária**, desde que a exploração do **Aproveitamento Hidrelétrico** esteja nas condições estabelecidas neste Contrato, na legislação do setor, e atenda aos interesses dos consumidores.

Subcláusula Segunda - O requerimento de prorrogação deverá ser apresentado até 36 (trinta e seis) meses antes do término do prazo deste Contrato, acompanhado dos comprovantes de regularidade e adimplemento das obrigações fiscais, previdenciárias e dos compromissos e encargos assumidos com os órgãos da Administração Pública, referentes à exploração de energia elétrica, inclusive o pagamento de que trata o § 1º do art. 20 da Constituição Federal, bem como de quaisquer outros encargos previstos nas normas legais e regulamentares então vigentes.

Subcláusula Terceira - A **ANEEL** manifestar-se-á sobre o requerimento de prorrogação até o 18º (décimo oitavo) mês anterior ao término do prazo da concessão. Na análise do pedido de prorrogação, a **ANEEL** levará em consideração todas as informações sobre a exploração do **Aproveitamento Hidrelétrico**, devendo aprovar ou rejeitar o pleito dentro do prazo anteriormente previsto. O deferimento do pedido levará em consideração o cumprimento dos requisitos de exploração adequada, por parte da **Concessionária**, conforme relatórios técnicos fundamentados, emitidos pela fiscalização da **ANEEL**.

CLÁUSULA TERCEIRA - OPERAÇÃO DO APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO E COMERCIALIZAÇÃO DA ENERGIA

Na exploração do **Aproveitamento Hidrelétrico** referido neste Contrato, a **Concessionária** terá liberdade na direção de seus negócios, incluindo medidas relativas a investimentos, pessoal, material e tecnologia, observadas as prescrições deste Contrato, da legislação específica, das normas regulamentares e das instruções e determinações do **Poder Concedente** e da **ANEEL**.

PROCURADORIA GERAL/ANEEL	
VISTO	

Subcláusula Primeira - A **Usina Hidrelétrica** será operada na modalidade integrada, submetendo-se às instruções de despacho do Operador Nacional do Sistema Elétrico - **ONS** e observando os procedimentos de rede aprovados pela **ANEEL**.

Subcláusula Segunda - A **Concessionária** deverá participar do Mercado Atacadista de Energia - **MAE** e do Operador Nacional do Sistema Elétrico - **ONS**, nas condições previstas no Acordo de Mercado e no Estatuto do **ONS**, submetendo-se às regras e procedimentos emanados pelo **MAE** e **ONS**.

Subcláusula Terceira - A operação da **Usina Hidrelétrica** deverá ser feita de acordo com critérios de segurança, segundo as normas técnicas específicas e nos termos da legislação.

Subcláusula Quarta - A potência assegurada da **Usina Hidrelétrica**, após a completa motorização, será de:

- I. No período de 2004 a 2010, com a retirada de água de 22 m³/s, será de 147,2 MW;
- II. No período de 2011 a 2024, com a retirada de água de 24 m³/s, será de 146,2 MW, e
- III. Após 2025, com a retirada de água de 31,5 m³/s, será de 146,2 MW,

Subcláusula Quinta - A energia assegurada da **Usina Hidrelétrica**, de acordo com o disposto no art. 21 do Decreto nº 2.655, de 1998, após a completa motorização, será de:

- I. No período de 2004 a 2010, com a retirada de água de 22 m³/s, será de 56,4 MW médios;
- II. No período de 2011 a 2024, com a retirada de água de 24 m³/s, será de 55,1 MW médios, e
- III. Após 2025, com a retirada de água de 31,5 m³/s, será de 50,4 MW médios.

Subcláusula Sexta - Durante o período de motorização da **Usina Hidrelétrica**, sua potência e energia asseguradas serão as seguintes:

	Potência Assegurada (MW)	Energia Assegurada (MW médios)
1ª unidade	74,5	56,4
2ª unidade	147,2	56,4

Subcláusula Sétima - A potência e a energia assegurada da **Usina Hidrelétrica** foram definidas considerando os elementos da viabilidade que caracterizam o empreendimento, conforme Subcláusula Primeira da Cláusula Quinta.

Subcláusula Oitava - Os valores de energia e potência asseguradas serão revisados na forma da legislação.

Subcláusula Nona - No caso da **Concessionária** apresentar projeto básico alterando o número de unidades geradoras da **Usina Hidrelétrica**, as potências e as energias asseguradas parciais serão recalculadas, mantendo-se os valores finais, e constarão do respectivo documento de aprovação do projeto básico.

PROCURADORIA GERAL/ANEEL	
VISTO	

Subcláusula Décima - A **Concessionária** de Produção Independente poderá utilizar para consumo próprio e/ou comercializar livremente a sua parcela de energia e potência, nos termos dos arts. 12, 15 e 16 da Lei nº 9.074, de 1995, e da Lei nº 9.648, de 1998, e seu regulamento, até o limite da potência e energia asseguradas para a **Usina Hidrelétrica**.

Subcláusula Décima Primeira - Em situação de racionamento de energia no Sistema Interligado, deverão ser obedecidos os critérios estabelecidos nas leis e regulamentos.

CLÁUSULA QUARTA - AMPLIAÇÕES E MODIFICAÇÕES DO APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO.

As ampliações e modificações do **Aproveitamento Hidrelétrico** deverão obedecer aos procedimentos legais específicos e às normas do **Poder Concedente** e da **ANEEL**. As ampliações e as modificações do **Aproveitamento Hidrelétrico**, desde que autorizadas e aprovadas pela **ANEEL**, incorporar-se-ão à respectiva concessão, regulando-se pelas disposições deste Contrato e pelas normas legais pertinentes.

Subcláusula Primeira - Para proceder a qualquer ampliação ou modificação do **Aproveitamento Hidrelétrico**, os estudos devem seguir as normas técnicas aplicáveis e serem submetidos à **ANEEL** para aprovação, previamente à construção.

Subcláusula Segunda - Após emitido o ato de aprovação, se for o caso, a **Concessionária** deverá assinar Termo Aditivo a este Contrato com vistas a consolidar as modificações porventura ocorridas nas características do **Aproveitamento Hidrelétrico**.

CLÁUSULA QUINTA - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E INFORMAÇÕES BÁSICAS PARA A EXPLORAÇÃO DO APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO.

A construção do **Aproveitamento Hidrelétrico** será efetuada de acordo com as características técnicas definidas nos Estudos de Viabilidade aprovados por meio do Despacho **ANEEL** nº 521, de 31 de julho de 2001, publicado no Diário Oficial de 8 de agosto de 2001 e a execução das obras deverá ocorrer conforme as normas técnicas da ABNT e outras aplicáveis.

Subcláusula Primeira - A **Concessionária** deverá submeter o Projeto Básico à aprovação da **ANEEL**, respeitando os elementos do projeto que estão a seguir relacionados, os quais caracterizam plenamente a obra a ser desenvolvida e não poderão ser alterados. Caso condicionantes ambientais exijam alterações nestes elementos, os mesmos deverão ser submetidos à aprovação da **ANEEL**.

- a. Reservatório
 - N.A. máximo maximorum: 124,00 m
 - N.A. máximo normal: 114,50 m
 - N.A. mínimo normal: 106,00 m
- b. Capacidade instalada mínima: 160,0 MW
- c. Descarga mínima de projeto do vertedouro: 12.000 m³/s.

PROCURADORIA GERAL/ANEEL	
VISTO	

Subcláusula Segunda -A **Concessionária** poderá alterar a configuração das **Instalações de Transmissão de Interesse Restrito à Central Geradora** descritas no *caput* da Cláusula Primeira deste Contrato, desde que solicitado à **ANEEL** juntamente com parecer do **ONS**, autorizando e demonstrando que tal modificação é a melhor para a Rede Básica e/ou Rede de Distribuição afetada pela sua conexão, observando a itemização constante do item 4.3 **Anexo 01** do Edital de Leilão nº 004/2001.

Subcláusula Terceira - Correrão integralmente por conta e risco da **Concessionária** a elaboração dos Projetos Básico e Executivo, como também a construção do **Aproveitamento Hidrelétrico**.

Subcláusula Quarta - Não serão consideradas pela **ANEEL** quaisquer reclamações que se baseiem na inadequação ou inexatidão dos Estudos de Viabilidade e Ambientais ou no desconhecimento das condições locais relativamente a materiais, mão-de-obra, equipamentos, pluviosidade, condições hidrológicas, geologia, geotecnia, topografia, estradas de acesso, infra-estrutura regional, meios de comunicação, condições sanitárias e tudo o mais que possa influenciar o prazo de execução, as licenças ambientais, a quantidade de energia gerada e o valor do investimento global correspondente ao **Aproveitamento Hidrelétrico**.

Subcláusula Quinta - A **Concessionária** somente poderá dar início à exploração comercial do **Aproveitamento Hidrelétrico** depois de devidamente autorizada pela **ANEEL**.

Subcláusula Sexta - O projeto e a construção das **Instalações de Transmissão de Interesse Restrito à Central Geradora** ocorrerão integralmente por conta e risco da **Concessionária** e deverão atender os requisitos técnicos, em conformidade com as normas vigentes.

CLÁUSULA SEXTA - PAGAMENTO PELO USO DO BEM PÚBLICO

Como pagamento pelo uso do bem público objeto deste Contrato a **Concessionária** recolherá à UNIÃO, do 5º ao 35º ano de concessão, inclusive, contados da data de assinatura deste contrato, ou enquanto estiver na exploração do **Aproveitamento Hidrelétrico**, parcelas mensais equivalentes a 1/12 (um doze avos) do pagamento anual proposto de R\$ 10.000.000,00 (dez milhões de reais), conforme Termo de Ratificação do Lance.

Subcláusula Primeira - O valor do pagamento pelo uso do bem público estabelecido nesta Cláusula será alterado anualmente ou com a periodicidade que a legislação permitir, tomando por base a variação do Índice Geral de Preços do Mercado - **IGP-M**, calculado pela Fundação Getúlio Vargas, ou, na hipótese de extinção deste, o índice que vier a sucedê-lo, de acordo com a seguinte fórmula:

$$VPA_k = VPA_0 \times (IGP-M_k / IGP-M_0), \text{ onde:}$$

VPA_k = Valor de pagamento anual para ano k;

VPA₀ = Valor constante do *caput* desta Cláusula;

IGP-M_k = Valor do Índice Geral de Preços do Mercado - **IGP-M** relativo ao mês anterior à data do reajuste em processamento;

IGP-M₀ = Valor do Índice Geral de Preços do Mercado - **IGP-M** relativo ao mês anterior à data do Leilão.

PROCURADORIA GERAL/ANEEL	
VISTO	

Subcláusula Segunda - O atraso no pagamento do valor mensal devido pela concessão implicará a incidência de multa de 10% (dez por cento) sobre a parcela não recebida e juros de mora de 1% a.m. (um por cento ao mês), independentemente da aplicação de outras penalidades cabíveis.

Subcláusula Terceira - Havendo parcelas em atraso, os pagamentos efetuados serão utilizados para quitação dos débitos, na ordem cronológica de seus vencimentos, do mais antigo para o mais recente, incluídos os juros e multas correspondentes.

Subcláusula Quarta - A falta de pagamento de seis parcelas mensais consecutivas implicará a caducidade da concessão.

Subcláusula Quinta - O pagamento dos valores referidos nesta cláusula deverá ser feito mediante recolhimento na forma indicada pela **ANEEL**.

CLÁUSULA SÉTIMA - ENCARGOS DA CONCESSIONÁRIA E CONDIÇÕES DE EXPLORAÇÃO DO APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO

Para possibilitar a exploração do potencial hidráulico referido na Cláusula Primeira, a **Concessionária** assume todas as responsabilidades e encargos relacionados com a elaboração dos projetos e execução das obras e serviços necessários à conclusão do **Aproveitamento Hidrelétrico**, devendo executá-los com observância das normas técnicas e exigências legais aplicáveis e de acordo com o cronograma físico aprovado pela **ANEEL**, de modo a garantir que a operação comercial da primeira unidade hidrogeradora seja iniciada até 1º de abril de 2005, conforme cronograma físico apresentado pela **Concessionária** e aprovado pela **ANEEL**.

Subcláusula Primeira - Sem prejuízo do disposto nas demais Cláusulas deste Contrato, constituem encargos específicos da **Concessionária**, na exploração do **Aproveitamento Hidrelétrico**, o que se segue:

I. cumprir todas as exigências do presente Contrato e do Edital de Leilão nº 004/2001 - **ANEEL** que lhe deu origem, da legislação atual e superveniente que disciplinem a exploração de potenciais hidráulicos, respondendo perante o **Poder Concedente** e a **ANEEL**, usuários e terceiros, pelas eventuais consequências danosas da exploração do **Aproveitamento Hidrelétrico**;

II. elaborar, por sua conta e risco, os projetos do **Aproveitamento Hidrelétrico** e executar as obras correspondentes, tudo em conformidade com as normas técnicas e legais específicas e de acordo com o cronograma físico aprovado pela **ANEEL**, de modo a garantir a entrada em operação das unidades geradoras nas datas por este fixadas, assumindo todos e quaisquer ônus e responsabilidades pelos eventuais atrasos, ressalvados os provocados por atos do Poder Público e os decorrentes de casos fortuitos ou de força maior e a descoberta de materiais ou objetos estranhos à obra, de interesse geológico ou arqueológico, conforme Subcláusula Terceira desta Cláusula;

III. ressarcir:

- a) os custos com o desenvolvimento dos Estudos de Viabilidade e Ambientais do **Aproveitamento Hidrelétrico**, o valor de R\$1.792.000,03 (hum milhão, setecentos e noventa e dois mil reais e três centavos), da seguinte forma: R\$1.273.798,14 (hum milhão, duzentos e setenta e três mil, setecentos e noventa e oito reais e quatorze centavos) à Construtora Norberto Odebrecht S.A. e R\$518.201,89

PROCURADORIA GERAL/ANEEL	
VISTO	

(quinhentos e dezoito mil, duzentos e um reais e oitenta e nove centavos) à Companhia de Eletricidade da Bahia - COELBA, acrescidos da remuneração prevista no art. 1º da Portaria DNAEE nº 40, de 1997, a partir de 08/08/01, data de publicação do Despacho **ANEEL** nº 521 que aprovou esses estudos, até seu efetivo ressarcimento, que deverá ocorrer até 30 (trinta) dias após a assinatura deste contrato;

b) o valor relativo ao barramento da Usina Hidrelétrica de R\$28.700.000,00 (vinte e oito milhões e setecentos mil reais) à Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - Eletrobrás a serem pagos da seguinte forma:

b.1) à vista do valor acima citado, no prazo de 90 (noventa) dias, contados a partir da data de assinatura do Contrato de Concessão a ser firmado entre a ANEEL e o vencedor do leilão.

b.2) a prazo, através da celebração de um contrato de financiamento entre o vencedor do leilão e a ELETROBRÁS, nas seguintes condições

- prazo de pagamento: 120 (cento e vinte) meses;
- carência: 36 (trinta e seis) meses;
- taxa do juro: 10% a.a. (dez por cento ao ano);
- taxa de administração; 2% a.a. (dois por cento ao ano);
- atualização: Índice Geral de Preços de Mercado - IGP-M, publicado pela Fundação Getúlio Vargas ou na extinção deste, o índice substitutivo adotado pela ELETROBRÁS;
- garantia: a ser estabelecida de acordo com critérios fixados pela ELETROBRÁS;

IV. instalar, operar e manter, onde forem determinadas pela **ANEEL**, as instalações e observações hidrológicas;

V. respeitar os limites das vazões de restrição, máxima e mínima, a jusante da **Usina Hidrelétrica**, observando as regras operativas do **ONS**;

VI. instalar e manter sistema de aquisição de dados e de medição para fins de comercialização de energia e da supervisão operacional do sistema, bem como adequar meios para disponibilizar essas informações;

VII. manter, permanentemente, através de adequada estrutura de operação e conservação, os equipamentos e instalações do **Aproveitamento Hidrelétrico** em perfeitas condições de funcionamento, inclusive adequado estoque de material de reposição;

VIII. manter pessoal técnico e administrativo, próprio ou de terceiros, legalmente habilitado e treinado e em número compatível com o desempenho operacional, de modo a assegurar a continuidade, regularidade, eficiência e segurança da exploração do **Aproveitamento Hidrelétrico**;

IX. manter e executar programas periódicos de inspeção, monitoramento, ações de emergência e avaliação da segurança das estruturas do **Aproveitamento Hidrelétrico**, instalando, onde aplicáveis, as instrumentações de controle de barragens, mantendo atualizada a análise e interpretação desses dados, os quais ficarão à disposição da fiscalização da **ANEEL**;

PROCURADORIA GERAL/ANEEL	
VISTO	

X. organizar e manter registro e inventário dos bens e instalações vinculados à concessão e zelar pela sua integridade, providenciando para que estejam sempre adequadamente cobertos por apólices de seguro, sendo vedado à **Concessionária** alienar ou ceder, a qualquer título, os mesmos, sem a prévia e expressa autorização da **ANEEL**;

XI. respeitar a legislação ambiental e de recursos hídricos, adotando todas as providências necessárias junto aos órgãos ambientais e de recursos hídricos para obtenção dos licenciamentos e autorizações, por sua conta e risco, cumprindo todas as suas exigências, observando os prazos legais para a análise dos projetos por parte dos órgãos ambientais e comprometendo-se com a qualidade das informações porventura solicitadas pelo órgão ambiental competente, que deverão ser prestadas pela **Concessionária** com a devida pontualidade;

XII. subsidiar ou participar do planejamento indicativo do setor elétrico, abrangido pelo art. 174 da Constituição Federal, na forma e condições estabelecidas em regulamento;

XIII. obedecer na construção das obras do **Aproveitamento Hidrelétrico**, o cronograma físico aprovado pela **ANEEL**, observado as penalidades conforme disposto na Subcláusula Quinta da Cláusula Décima deste Contrato bem como as condições para prorrogação dos prazos conforme disposto no item 3.10 e 3.11 do Edital de Leilão nº 004/2001 - **ANEEL**, do qual se transcreve os seguintes marcos:

Atividade	Data Limite
Solicitação de acesso, observado os "Procedimentos de Rede" do ONS	23/06/2002
Início da concretagem da casa de força	01/06/2003
Descida do rotor da 1ª turbina	01/07/2004
Início do Comissionamento da 1ª unidade hidrogeradora	01/02/2005
Entrada em operação comercial da 1ª unidade hidrogeradora	01/04/2005
Descida do rotor da 2ª turbina	01/09/2004
Início do Comissionamento da 2ª unidade hidrogeradora	01/04/2005
Entrada em operação comercial da 2ª unidade hidrogeradora	01/06/2005

XIV. realizar a gestão documental e a proteção especial a documentos e arquivos, tais como os projetos de engenharia e ambientais, bem como os testemunhos de sondagens, por todo o tempo da concessão, conforme preconiza a Lei nº 8.159, de 8 de janeiro de 1991, e o Decreto nº 2.942, de 18 de janeiro de 1999;

XV. celebrar os contratos de uso e conexão aos sistemas de transmissão e/ou de distribuição, efetuando os pagamentos dos respectivos encargos, nos termos da legislação específica;

XVI. a **Concessionária** deverá manter, permanentemente e durante o prazo da concessão, **Responsável Técnico perante a ANEEL** com qualificação igual ou superior àquele indicado na **Pré-Qualificação** constante do Edital de Leilão nº 004/2001 e contratado conforme documentação apresentada. Havendo substituição, deverá ser previamente comunicada à **ANEEL** para aprovação;

XVII. a **Concessionária** deverá priorizar os trabalhos relativos aos contatos com os proprietários das áreas de terra beneficiadas pelos **Aproveitamentos Hidrelétricos** e representantes legais dos municípios, apresentando à **ANEEL**, em até 90 (noventa) dias, após a assinatura do **Contrato de Concessão**, relatório informativo da situação social;

PROCURADORIA GERAL/ANEEL	
VISTO	

XVIII. permitir o livre acesso às **Instalações de Transmissão de Interesse Restrito à Central Geradora** de outras concessionárias, permissionárias e autorizadas, mediante a negociação dos custos envolvidos, quando tecnicamente viável;

XIX. enviar à **ANEEL** o comprovante de pagamento do ressarcimento de que trata o inciso III desta Cláusula;

XX. manter os testemunhos de sondagens geológicas sob sua responsabilidade após o ressarcimento de que trata o inciso III desta Cláusula durante todo o período da concessão, providenciando para que sejam adequadamente conservados em depósito temporário, antes do término das obras, e em depósito permanente nas instalações da **Usina Hidrelétrica**, após o término das obras.

Subcláusula Segunda - As regras para operação das unidades hidrogeradoras e vertedouros da **Usina Hidrelétrica** deverão ser detalhadas em acordo de operação, que será futuramente celebrado entre a **Concessionária** e o Governo do Estado da Bahia, com a anuência da ANEEL, respeitadas as cláusulas deste Contrato, as regras do Edital de Leilão nº 004/2001 - ANEEL e a legislação pertinente.

Subcláusula Terceira - A **Concessionária** deverá cumprir as condições de gestão do reservatório e seu entorno em conformidade com o Termo de Ajuste integrante do Anexo I do Edital de Leilão nº 004/2001 e deste Contrato, devendo ser também observados seguintes procedimentos:

I a **Concessionária** responderá pelas áreas dentro de sua concessão, no que for de sua estrita competência, não eximindo os usuários das responsabilidades naquilo que lhes couberem;

II. permitir livre acesso às empresas que detém outorga para os usos múltiplo do reservatório às áreas comuns que estão sob responsabilidade da **Concessionária**.

Subcláusula Quarta - A descoberta de materiais ou objetos estranhos à obra, de interesse geológico ou arqueológico, deverá ser imediatamente comunicada ao órgão competente, por serem de propriedade da UNIÃO. Caso tal descoberta implique paralisação das obras do **Aproveitamento Hidrelétrico**, o cronograma físico será revisto pela **Concessionária** e submetido à **ANEEL** para aprovação.

Subcláusula Quinta - A **Concessionária** deverá apresentar à **ANEEL**, nos prazos por esta estabelecidos, relatórios de informações técnicas abrangendo a situação física das instalações, as manutenções realizadas e os aspectos críticos do **Aproveitamento Hidrelétrico**.

Subcláusula Sexta - A **Concessionária** deverá submeter ao exame e aprovação da **ANEEL**, tendo por objeto a transferência de tecnologia, assistência técnica e prestação de serviços de forma contínua e regular, nas hipóteses, condições e segundo procedimentos estabelecidos em regulamento específico, os contratos, convênios, acordos ou ajustes celebrados entre a **Concessionária** e acionistas pertencentes ao seu Grupo Controlador, diretos ou indiretos, ou empresas controladas ou coligadas, bem como os contratos celebrados com:

I. pessoas físicas ou jurídicas que, juntamente com a **Concessionária**, façam parte, direta ou indiretamente, de uma mesma empresa controlada; e,

II. pessoas físicas ou jurídicas que tenham diretores ou administradores comuns à **Concessionária**.

PROCURADORIA GERAL/ANEEL	
VISTO	

Subcláusula Sétima - A **Concessionária** deverá atender a todas as obrigações de natureza fiscal, trabalhista e previdenciária e aos encargos oriundos da legislação e normas regulamentares estabelecidas pelo **Poder Concedente** e pela **ANEEL**, bem como a quaisquer outras obrigações relacionadas ou decorrentes da exploração do **Aproveitamento Hidrelétrico**, especialmente os seguintes pagamentos:

I. compensação financeira pela exploração de recursos hídricos, para fins de geração de energia elétrica, a partir da entrada em operação comercial da primeira unidade geradora, nos termos da legislação pertinente;

II. quotas mensais da “Conta de Consumo de Combustíveis- CCC”, nos termos dos incisos III e IV do art. 16 do Decreto nº 2.003, de 1996, da Lei nº 9.648, de 1998, e do Decreto nº 2.655, de 1998, a partir da entrada em operação comercial da primeira unidade geradora;

III. taxa de fiscalização de serviços de energia elétrica, com base na regulamentação pertinente, a partir da entrada em operação comercial da primeira unidade geradora;

IV. pagamento pelo uso do bem público, conforme estabelecido na Cláusula Sexta deste Contrato;

V. encargos de uso do sistema de transmissão e de distribuição de energia elétrica, quando devidos, celebrando, em conformidade com a regulamentação específica, os contratos de uso e de conexão requeridos.

Subcláusula Oitava - A **Concessionária** aplicará, anualmente, o montante de, no mínimo, 1% (um por cento) de sua receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico, nos termos da Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, regulamentada pelo Decreto nº 3.867, de 16 de julho de 2001. Para o cumprimento desta obrigação a **Concessionária** deverá apresentar à **ANEEL**, até outubro de cada ano, a partir da entrada em operação comercial do **Aproveitamento Hidrelétrico**, um Programa contendo as ações e suas metas físicas e financeiras, observadas as diretrizes para sua elaboração, bem como a comprovação do cumprimento das obrigações junto ao Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FNDCT, nos termos do Decreto nº 3.867, de 16 de julho de 2001.

Subcláusula Nona - O descumprimento das obrigações da Subcláusula anterior, bem como das metas físicas estabelecidas no Programa anual, ainda que parcialmente, sujeitará a **Concessionária** à penalidade de multa, limitada esta ao valor mínimo que deveria ser aplicado. Havendo cumprimento das metas físicas sem que tenha sido atingido o percentual mínimo estipulado, a diferença será obrigatoriamente acrescida ao montante mínimo a ser aplicado no ano seguinte, com as conseqüentes repercussões nos programas e metas.

Subcláusula Décima - A garantia de cumprimento das obrigações assumidas neste Contrato, prestada pela **Concessionária** conforme item 9.4 e subitens 9.4.1 e 9.4.2 do Edital de Leilão nº 004/2001, no valor de R\$11.500.000,00 (onze milhões e quinhentos mil reais) vigorará até 3 (três) meses após o início da operação da última unidade geradora da **Usina Hidrelétrica**, podendo ser substituída por novas garantias, de valor progressivamente menor, à medida que, de acordo com a fiscalização da **ANEEL**, forem atingidos os marcos descritos no quadro a seguir, observado o disposto no item 3.13 do Edital de Leilão nº 004/2001:

PROCURADORIA GERAL/ANEEL	
VISTO	

Ordem	Marco	Valor (R\$)
1	Assinatura do Contrato de Concessão	11.500.000,00
2	Início da concretagem da casa de força	6.900.000,00
3	Descida do rotor da 1ª turbina	4.600.000,00

Subcláusula Décima Primeira - Compete à **Concessionária** captar, aplicar e gerir os recursos financeiros necessários à adequada exploração do **Aproveitamento Hidrelétrico** regulados neste Contrato.

Subcláusula Décima Segunda -- Na contratação de serviços e na aquisição de materiais e equipamentos vinculados ao serviço objeto deste Contrato, a **Concessionária** deverá considerar ofertas de fornecedores nacionais atuantes no respectivo segmento e, nos casos em que haja equivalência entre as ofertas, obriga-se a assegurar preferência às empresas localizadas no território brasileiro.

Subcláusula Décima Terceira - O descumprimento do disposto nesta Cláusula sujeitará a **Concessionária** às sanções previstas neste Contrato e na legislação que rege a exploração de potenciais hidráulicos e a aplicação de penalidades de que trata a Subcláusula Sétima da Cláusula Nona e a Cláusula Décima.

CLÁUSULA OITAVA - PRERROGATIVAS DA CONCESSIONÁRIA

A concessão para a exploração do **Aproveitamento Hidrelétrico** referido na Cláusula Primeira deste Contrato, confere à **Concessionária**, dentre outras, as seguintes prerrogativas:

- I. promover de forma amigável a liberação, junto aos proprietários, das áreas de terra necessárias à operação dos **Aproveitamentos Hidrelétricos**. Após esgotadas todas as tratativas amigáveis, caso solicitada, a **ANEEL** promoverá, na forma da legislação e regulamentação específica, a declaração de utilidade pública desses terrenos e benfeitorias, na forma da Lei, para fins de desapropriação ou instituição de servidões administrativas, cabendo à **Concessionária** as providências necessárias para sua efetivação e o pagamento das indenizações;
- II. instituir servidões administrativas em terrenos de domínio público, de acordo com os regulamentos;
- III. construir estradas e implantar sistemas de telecomunicações, sem prejuízo de terceiros, para uso exclusivo na exploração do **Aproveitamento Hidrelétrico**, respeitada a legislação pertinente;
- IV. acessar livremente, na forma da legislação, os sistemas de transmissão e distribuição, mediante pagamento dos respectivos encargos de uso e conexão, quando devidos, de modo a transmitir a energia elétrica produzida na **Usina Hidrelétrica** aos pontos de entrega ou de consumo que resultarem de suas operações;
- V. modificar ou ampliar, desde que previamente autorizado pela **ANEEL**, o **Aproveitamento Hidrelétrico**;
- VI. comercializar, nos termos do presente Contrato e de outras disposições regulamentares e legais, a potência e energia da **Usina Hidrelétrica**.

PROCURADORIA GERAL/ANEEL	
VISTO	

Subcláusula Primeira - As prerrogativas decorrentes da exploração do **Aproveitamento Hidrelétrico** objeto deste Contrato não conferem à **Concessionária** imunidade ou isenção tributária, ressalvadas as situações expressamente indicadas em norma legal específica.

Subcláusula Segunda - Observada a legislação específica, a **Concessionária** poderá oferecer, em garantia de contratos de financiamento, os direitos emergentes da concessão, compreendendo, dentre outros, a energia elétrica a ser produzida e a receita decorrente dos contratos de compra e venda dessa energia, bem como os direitos e instalações utilizados para a sua produção, ficando esclarecido que a eventual execução da garantia não poderá comprometer a continuidade da exploração do **Aproveitamento Hidrelétrico**.

Subcláusula Terceira - A **Concessionária** poderá estabelecer linhas de transmissão destinadas ao transporte de energia elétrica produzida no **Aproveitamento Hidrelétrico**, sendo-lhe facultada a aquisição negocial das respectivas servidões, mesmo em terrenos de domínio público e faixas de domínio de vias públicas, com sujeição aos regulamentos administrativos.

Subcláusula Quarta - As prerrogativas conferidas à **Concessionária** em função deste Contrato não afetarão os direitos de terceiros e dos usuários de energia elétrica, que ficam expressamente ressalvados.

CLÁUSULA NONA - FISCALIZAÇÃO

O andamento das obras e a exploração do **Aproveitamento Hidrelétrico** serão fiscalizados pela **ANEEL**.

Subcláusula Primeira- A Fiscalização abrangerá o acompanhamento e o controle das ações da **Concessionária** nas áreas administrativa, contábil, técnica e econômica-financeira, podendo a **ANEEL** estabelecer diretrizes de procedimento ou sustar ações que considere incompatíveis com as exigências para exploração do **Aproveitamento Hidrelétrico**.

Subcláusula Segunda - Os servidores da **ANEEL** ou os prepostos por este especialmente designados, terão livre acesso, em qualquer época, a pessoas, obras, instalações e equipamentos vinculados ao **Aproveitamento Hidrelétrico**, inclusive seus registros contábeis, podendo requisitar, de qualquer setor ou pessoa da **Concessionária**, informações e esclarecimentos que permitam aferir a correta execução deste Contrato, bem como os dados considerados necessários para o controle estatístico e planejamento do sistema elétrico nacional, devendo ser observado pela **Concessionária** os seguintes procedimentos:

- I. antes do início das obras, a licença ambiental de instalação, emitida pelo órgão competente, deverá ser apresentada à **ANEEL**;
- II. a data de início das provas e ensaios de comissionamento das unidades geradoras, conforme o disposto no Parágrafo Único do art. 121 do Decreto nº 41.019, de 26 de fevereiro de 1957, deverá ser comunicada com antecedência de 45 (quarenta e cinco) dias para propiciar à fiscalização da geração a programação do acompanhamento técnico dos mesmos;
- III. ao término dos ensaios operacionais de cada unidade, visando cumprir o disposto no art. 122 do Decreto nº 41.019, de 26 de fevereiro de 1957, será concedida autorização para o início da operação comercial. Após inspeção e ensaios dos equipamentos quando da entrada em operação comercial da última unidade e estando a usina de acordo com o projeto aprovado e dotada de elementos necessários a uma

PROCURADORIA GERAL/ANEEL	
VISTO	

eficiente exploração será fornecido o certificado de aprovação das obras, conforme descrito no Apêndice I deste Contrato.

Subcláusula Terceira - A Fiscalização técnica abrangerá:

- I. a execução dos projetos de obras e instalações;
- II. a exploração do **Aproveitamento Hidrelétrico**;
- III. a observância das normas legais e contratuais;
- IV. o cumprimento das cláusulas contratuais;
- V. a utilização e o destino da energia; e
- VI. a qualidade e a comercialização do produto.

Subcláusula Quarta - A Fiscalização econômica-financeira compreenderá a análise e o acompanhamento das operações financeiras, os registros nos livros da **Concessionária**, balancetes, relatórios e demonstrações financeiras, prestação anual de contas e quaisquer outros documentos julgados necessários para uma perfeita avaliação da gestão da concessão.

Subcláusula Quinta - A **ANEEL** poderá determinar à **Concessionária** a rescisão de qualquer contrato por ela celebrado, quando verificar que dele possam resultar danos ao **Aproveitamento Hidrelétrico**.

Subcláusula Sexta - A fiscalização da **ANEEL** não diminui nem exime as responsabilidades da **Concessionária**, quanto à adequação das suas obras e instalações, à correção e legalidade de seus registros contábeis e de suas operações financeiras e comerciais.

Subcláusula Sétima - O desatendimento, pela **Concessionária**, das solicitações, notificações e determinações da fiscalização implicará a aplicação das penalidades autorizadas pelas normas que disciplinam a exploração dos potenciais de energia hidráulica e estabelecida neste Contrato.

CLÁUSULA DÉCIMA - PENALIDADES

Pelo descumprimento das disposições legais, regulamentares e contratuais, pertinentes à exploração do **Aproveitamento Hidrelétrico**, a **Concessionária** estará sujeita às penalidades de advertência ou multa, conforme legislação em vigor, especialmente aquelas estabelecidas em Resolução da **ANEEL**, sem prejuízo do disposto nos incisos III e IV do art. 17, do ANEXO I do Decreto nº 2.335, de 6 de outubro de 1997, e nas Cláusulas Décima Primeira e Décima Segunda deste Contrato.

Subcláusula Primeira - A **Concessionária** estará sujeita à penalidade de multa, aplicada pela **ANEEL**, no valor máximo, por infração incorrida, de até 2% (dois por cento) do valor do faturamento anual da **Concessionária** ou do valor estimado da energia produzida, correspondente aos últimos doze meses anteriores à lavratura do auto da infração ou estimado para este período de doze meses, caso o **Aproveitamento Hidrelétrico** não esteja em operação ou esteja operando por período inferior a doze meses.

PROCURADORIA GERAL/ANEEL	
VISTO	

Subcláusula Segunda - As penalidades serão aplicadas mediante procedimento administrativo, guardando proporção com a gravidade da infração, assegurada à **Concessionária** o direito de ampla defesa e ao contraditório.

Subcláusula Terceira - Quando a penalidade consistir em multa por descumprimento de disposições legais, regulamentares e contratuais e o respectivo valor não for recolhido no prazo fixado, a **ANEEL** promoverá sua cobrança judicial, por via de execução, na forma da legislação específica.

Subcláusula Quarta - Nos casos de descumprimento das penalidades impostas por infração, ou descumprimento de notificação ou determinação do **Poder Concedente** para regularizar a prestação de serviços, poderá ser decretada a caducidade da concessão, na forma estabelecida na lei e neste Contrato, sem prejuízo da apuração das responsabilidades da **Concessionária** perante o **Poder Concedente**, a **ANEEL**, os usuários e terceiros.

Subcláusula Quinta - Além das penalidades previstas nesta Cláusula, o descumprimento do disposto no item XIII da Subcláusula Primeira da Cláusula Sétima implicará a execução da garantia do contrato, conforme processo administrativo instaurado especialmente para este fim, assegurada à **Concessionária** o contraditório e o direito de ampla defesa, observado o disposto nos itens 3.10 a 3.13 do Edital de Leilão nº 004/2001.

CLÁUSULA DÉCIMA PRIMEIRA - INTERVENÇÃO NA CONCESSÃO

Sem prejuízo das penalidades cabíveis e das responsabilidades incidentes, a **ANEEL** poderá intervir na concessão, a qualquer tempo, para assegurar a adequada exploração do **Aproveitamento Hidrelétrico** ou o cumprimento, pela **Concessionária**, das normas legais, regulamentares e contratuais.

Subcláusula Primeira - A intervenção será determinada por Resolução **ANEEL**, que designará o Interventor, o prazo da intervenção e os objetivos e limites da medida, devendo ser instaurado, dentro de 30 (trinta) dias seguintes ao da publicação da resolução, o correspondente procedimento administrativo, para comprovar as causas determinantes da medida e as responsabilidades incidentes, assegurando-se à **Concessionária** direito de ampla defesa e ao contraditório.

Subcláusula Segunda - Se o procedimento administrativo não for concluído dentro de 180 (cento e oitenta) dias, considerar-se-á inválida a intervenção, devolvendo-se à **Concessionária** a administração do **Aproveitamento Hidrelétrico**, sem prejuízo de seu direito à indenização.

Subcláusula Terceira - Será declarada a nulidade da intervenção se ficar comprovado que esta não observou os pressupostos legais e regulamentares, devendo a concessão ser imediatamente devolvida à **Concessionária**, sem prejuízo de seu direito à indenização.

Subcláusula Quarta - Cessada a intervenção, se não for extinta a concessão, a administração do **Aproveitamento Hidrelétrico** será devolvida à **Concessionária**, precedida de prestação de contas pelo Interventor, que responderá pelos atos praticados durante a sua gestão.

PROCURADORIA GERAL/ANEEL	
VISTO	

CLÁUSULA DÉCIMA SEGUNDA - EXTINÇÃO DA CONCESSÃO E REVERSÃO DOS BENS E INSTALAÇÕES VINCULADOS

A concessão para exploração do **Aproveitamento Hidrelétrico** regulada por este Contrato, considerar-se-á extinta, nos seguintes casos:

- I. advento do termo final do Contrato;
- II. encampação;
- III. caducidade;
- IV. rescisão;
- V. anulação decorrente de vício ou irregularidade constatada no procedimento ou no ato de sua outorga;
e
- VI. falência ou extinção da **Concessionária**.

Subcláusula Primeira - O advento do termo final do Contrato opera, de pleno direito, a extinção da concessão, facultando-se à **ANEEL**, a seu exclusivo critério, prorrogar o presente Contrato até a assunção da nova **Concessionária**.

Subcláusula Segunda - No advento do termo final do Contrato, todos os bens e instalações vinculados ao **Aproveitamento Hidrelétrico** passarão a integrar o patrimônio da União, mediante indenização dos investimentos realizados e ainda não amortizados, desde que autorizados pela **ANEEL**, e apurados em auditoria da **ANEEL**.

Subcláusula Terceira - Para atender ao interesse público, mediante lei autorizativa específica, o **Poder Concedente** poderá promover a encampação dos bens e instalações, após prévio pagamento da indenização das parcelas dos investimentos vinculados a bens e instalações, ainda não amortizados ou depreciados, apurados em auditoria da **ANEEL**.

Subcláusula Quarta - Verificada qualquer das hipóteses de inadimplência previstas na legislação específica e neste Contrato, a **ANEEL** poderá promover a declaração de caducidade da concessão se a **Concessionária**, notificada, não corrigir as falhas apontadas e restabelecer a normalidade da execução do Contrato, no prazo para tanto estabelecido.

Subcláusula Quinta - A declaração de caducidade será precedida de processo administrativo para verificação das infrações ou falhas da **Concessionária**, que assegure o contraditório e ampla defesa à **Concessionária**, que terá direito à indenização dos investimentos realizados e ainda não amortizados, desde que autorizados pela **ANEEL**, e apurados em auditoria da **ANEEL**. Do valor da indenização devida à **Concessionária** serão descontados os valores de eventuais multas aplicadas pela **ANEEL** e de danos causados pela **Concessionária**.

PROCURADORIA GERAL/ANEEL	
VISTO	

Subcláusula Sexta - O processo administrativo mencionado na Subcláusula anterior não será instaurado até que a **Concessionária** tenha sido dado conhecimento, em detalhes, de tais infrações contratuais, bem como tempo suficiente para providenciar as correções de acordo com os termos deste Contrato.

Subcláusula Sétima - A decretação da caducidade não acarretará para o **Poder Concedente** ou para a **ANEEL**, qualquer responsabilidade em relação aos ônus, encargos ou compromissos com terceiros que tenham sido contratados pela **Concessionária**, nem com relação aos empregados desta.

Subcláusula Oitava - Poderá a **ANEEL**, ao declarar a caducidade da concessão, promover nova licitação ou outorga e utilizar os recursos gerados para a indenização devida, podendo, inclusive, transferir diretamente aos credores da **Concessionária** a parcela que a eles couber, até o valor dos débitos não liquidados e observado o limite da indenização que seria devida no caso de caducidade.

Subcláusula Nona - Mediante ação judicial especialmente intentada para esse fim, poderá a **Concessionária** promover a rescisão deste Contrato, no caso de descumprimento, pelo **Poder Concedente** ou pela **ANEEL**, das normas aqui estabelecidas. Nessa hipótese, a **Concessionária** não poderá interromper ou paralisar a geração da energia elétrica, enquanto não transitar em julgado a decisão judicial que decretar a extinção deste Contrato.

CLÁUSULA DÉCIMA TERCEIRA -- TRANSFERÊNCIA DO CONTROLE ACIONÁRIO E DA CONCESSÃO

Mediante prévia anuência da **ANEEL**, a concessão ou o controle acionário da **Concessionária** poderá ser transferido a empresa, ou consórcio de empresas, que comprovar as condições de qualificação técnica e econômico-financeira, bem como de regularidade jurídica e fiscal previstas no Edital de Leilão que originou este Contrato e que se comprometer a executá-lo conforme as cláusulas deste instrumento e as normas legais e regulamentares então vigentes.

CLÁUSULA DÉCIMA QUARTA - MODO AMIGÁVEL DE SOLUÇÃO DE DIVERGÊNCIAS E FORO DO CONTRATO

Resguardado o interesse público, na hipótese de divergência na interpretação ou execução de dispositivos do presente Contrato, a **Concessionária** poderá solicitar às áreas organizacionais da **ANEEL** afetas ao assunto, a realização de audiências com a finalidade de harmonizar os entendimentos, conforme procedimento aplicável.

Subcláusula Única - Para dirimir as dúvidas ou controvérsias não solucionadas de modo amigável, na forma indicada no *caput* desta Cláusula, fica eleito o Foro da Justiça Federal da Seção Judiciária do Distrito Federal, com renúncia expressa das partes a outros, por mais privilegiados que forem.

CLÁUSULA DÉCIMA QUINTA - PUBLICAÇÃO E REGISTRO DO CONTRATO

O presente Contrato será registrado e arquivado na **ANEEL**, que providenciará dentro dos 20 (vinte) dias que se seguirem à sua assinatura, a publicação de seu extrato no Diário Oficial.

PROCURADORIA GERAL/ANEEL	
VISTO	

Assim havendo sido ajustado, fizeram as partes lavrar o presente instrumento, em 3 (três) vias de igual teor e forma, que são assinadas pelos representantes da **ANEEL** e da **Concessionária**, juntamente com testemunhas, para os devidos efeitos legais.

Brasília - DF, em 23 de abril de 2002

PELA ANEEL:

José Mário Miranda Abdo
Diretor-Geral

PELA CONCESSIONÁRIA:

José Said de Brito
Por Procuração

José Renato Hilst Izar
Por Procuração

José Francisco Gravaseca
Por Procuração

TESTEMUNHAS:

Braz Ferrari Lomonaco
CPF: 015.587.226-53

Eduardo Henrique Ellery Filho
CPF: 151.923.691-34

\\SCG\\Contratos\\026J1904

PROCURADORIA GERAL/ANEEL	
VISTO	

APENDICE I AO CONTRATO DE CONCESSÃO Nº 19/2002 - ANEEL**ESPECIFICAÇÃO DOS SERVIÇOS**

Os serviços consistirão essencialmente na inspeção e avaliação das instalações e equipes de operação e manutenção, visando verificar se o **Aproveitamento Hidrelétrico** foi construído de acordo com o respectivo projeto básico e que se encontra concluída e devidamente aparelhada de todos os elementos necessários para uma eficiente exploração.

Sem prejuízo das obrigações da Concessionária, as atividades a serem executadas para a autorização do início de exploração, segundo as normas técnicas e legislação vigentes e as diretrizes listadas a seguir.

1. Verificação das condições de segurança e conservação das barragens, demais estruturas civis e equipamentos de descarga.
2. Verificação das condições gerais de segurança e salubridade dos operadores, eventuais visitantes e populações adjacentes ao empreendimento.
3. Verificação dos procedimentos gerais de operação e manutenção
4. Verificação da correspondência da configuração da casa de força com a descrita no projeto e de sua confiabilidade.
5. Verificação do desempenho dos equipamentos quanto a confiabilidade, condições de projeto, compreendendo:
 - ensaios de atuação de comandos e controles e proteções;
 - ensaio de rendimento de pelo menos um dos grupos geradores;
 - ensaios de rejeição de carga;
 - ensaios de vibração da unidade geradora;
 - ensaios do regulador de tensão;
 - avaliação do comportamento das unidades frente a perturbações do sistema elétrico;
 - avaliação do comportamento térmico dos mancais;
 - acompanhamento em tempo real do comportamento da central em operação.

Para avaliação do disposto no item 1, a **ANEEL** poderá solicitar resultados de ensaios específicos, bem como vistorias, inclusive durante a construção da barragem.

Os custos associados aos ensaios e verificações serão todos por conta da **Concessionária**, exceto as despesas de viagem e recursos humanos da **ANEEL**.

Os ensaios deverão ser realizados preferencialmente na mesma época do comissionamento da primeira unidade geradora, o qual deverá ser formalmente comunicado com pelo menos 30 dias de antecedência, de acordo com as orientações prévias e sob o acompanhamento da **ANEEL**.

PROCURADORIA GERAL/ANEEL	
VISTO	

ANEXO II

TERMO DE PERMISSÃO PROVISÓRIA DE USO E OPERAÇÃO DA UHE PEDRA DO CAVALO

TERMO DE PERMISSÃO PROVISÓRIA DE USO E OPERAÇÃO QUE DISCIPLINA O USO, A OPERAÇÃO E A MANUTENÇÃO DA BARRAGEM DA UHE PEDRA DO CAVALO.

ENTRE

VOTORANTIM CIMENTOS LTDA.

E

O ESTADO DA BAHIA, através da SEMARH – SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS
HÍDRICOS

Com a fiscalização e gerenciamento da
Superintendência de Recursos Hídricos – SRH-BA

Com interveniência da
Empresa Baiana de Águas e Saneamento – EMBASA

E anuência da
Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL

Emj ?? de junho de 2007.

SUMÁRIO

CLÁUSULA 1	DEFINIÇÕES, REFERÊNCIAS E ANEXOS
CLÁUSULA 2	OBJETO
CLÁUSULA 3	VIGÊNCIA E CONDICIONANTES
CLÁUSULA 4	PARÂMETROS TÉCNICOS DA BARRAGEM, DO RESEVATÓRIO E DO UHE PEDRA DO CAVALO
CLÁUSULA 5	GRUPO CONSULTIVO – GC
CLÁUSULA 6	RESPONSABILIDADES DAS PARTES E DA SRH-BA
CLÁUSULA 7	INTERVENÇÕES FÍSICAS E EXECUÇÃO DE OBRAS NA BARRAGEM E NO AHE PEDRA DO CAVALO
CLÁUSULA 8	INTERVENÇÕES FÍSICAS NO RESERVATÓRIO E NA BACIA DO RIO PARAGUAÇU
CLÁUSULA 9	ADEQUAÇÃO DAS INSTALAÇÕES E DOS EQUIPAMENTOS DAS CAPTAÇÕES EXISTENTES NO RESERVATÓRIO
CLÁUSULA 10	OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E SEGURANÇA DA BARRAGEM
CLÁUSULA 11	SITUAÇÃO EMERGENCIAL
CLÁUSULA 12	PLANO DE EMERGÊNCIA PARA SITUAÇÕES DE CHEIAS
CLÁUSULA 13	REGRAS DE OPERAÇÃO, DA BARRAGEM
CLÁUSULA 14	DESENVOLVIMENTO, IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E AJUSTES DO SISTEMA PREVAZ
CLÁUSULA 15	MANUTENÇÃO, SEGURANÇA E OPERAÇÃO DO AHE PEDRA DO CAVALO
CLÁUSULA 16	GESTÃO SÓCIO-AMBIENTAL DA UHE, DA BARRAGEM E DO RESERVATÓRIO
CLÁUSULA 17	ACERVO TÉCNICO DA BARRAGEM
CLÁUSULA 18	VISITAS À BARRAGEM E AO AHE PEDRA DO CAVALO
CLÁUSULA 19	ACESSO ÀS INSTALAÇÕES DAS PARTES, DA SRH-BA E DA EMBASA
CLÁUSULA 20	INSPEÇÕES, ACOMPANHAMENTOS E FISCALIZAÇÕES DA BARRAGEM E DO AHE PEDRA DO CAVALO
CLÁUSULA 21	OPERADORA
CLÁUSULA 22	ENCARGOS SOCIAIS, TRABALHISTAS, SEGURANÇA, HIGIENE, MEDICINA DO TRABALHO E MEIO AMBIENTE

CLÁUSULA 23	COMUNICAÇÃO ENTRE O PERMISSIONÁRIO, A SRH-BA E A EMBASA
CLÁUSULA 24	PENALIDADES
CLÁUSULA 25	REVISÃO DO TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO
CLÁUSULA 26	DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS
CLÁUSULA 27	SOLUÇÃO DE CONTROVÉRSIAS E FORO DE ELEIÇÃO

PERMISSÃO PROVISÓRIA QUE DISCIPLINA O USO, A OPERAÇÃO E A MANUTENÇÃO DA BARRAGEM DA UHE PEDRA DO CAVALO.

1. O ESTADO DA BAHIA, doravante denominado **PERMITENTE**, através da **SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – SEMARH**,

2. VOTORANTIM CIMENTOS LTDA., concessionário de uso de bem público para geração de energia elétrica, na condição de Produtor Independente, nos termos do Contrato de Concessão nº 19/2002, firmado com a ANEEL em 23 de abril de 2002, com sede na Praça Professor José Lannes nº 40 – 9º andar, Brooklin Novo, no Município de São Paulo, Estado de São Paulo, CNPJ/MF nº 1.637.895/0001-32, representado na forma de seu Contrato Social por seus representantes legais abaixo assinados, doravante designado **PERMISSIONÁRIO**,

em conjunto, **PERMITENTE** e **PERMISSIONÁRIO**, denominados **PARTES**, ou **PARTE**, em separado, com a fiscalização e gerenciamento deste termo, representando o Estado da Bahia, da:

3. SUPERINTENDÊNCIA DE RECURSOS HÍDRICOS – SRH-BA, Autarquia vinculada à Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado da Bahia, criada pela Lei nº 6.812/95, alterada pelas Leis nºs 7.354/98 e 8.538/02, e regulamentada pelo Decreto nº 8.247/02, com sede na Av. Antônio Carlos Magalhães nº 357 – Itaipara, no Município de Salvador, Estado da Bahia, inscrita no CNPJ/MF sob o nº 00.535.623/0001-69, doravante designado **SRH-BA**,

Com a Interveniência da:

4. EMPRESA BAIANA DE ÁGUAS E SANEAMENTO S.A. – EMBASA, sociedade de economia mista de capital autorizado, pessoa jurídica de direito privado que tem o Estado da Bahia como acionista majoritário, constituída nos termos da Lei Estadual nº 2929, de 11 de maio de 1971, com sede na Av. Luiz Viana Filho s/n, Paralela, no Município de Salvador, Estado da Bahia, CNPJ/MF nº 13.504.675/0001-10, doravante designado simplesmente **EMBASA**;

E com a Anuência da:

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL, autarquia em regime especial, com sede à SGAN, Quadra 603, Módulos I e J, Brasília, Distrito Federal, inscrita no CNPJ/MF sob o nº 02.270.669/0001-29, neste ato representada por seus representantes legais, doravante designada **ANEEL**.

CONSIDERANDO QUE:

- a) o Estado da Bahia definiu disposições e condicionantes, através do "Termo de Ajuste para Licitação da UHE de Pedra do Cavalo" de 25/08/2001 da SRH-BA, e Ofício nº 183/2001, de 09/11/01, da extinta Secretária de Infra-estrutura, aliados ao Ofício 228/01-DG de 21/05/2001 da SRH-BA e correspondência 071/2001-DP, de 10.05.2001, da EMBASA, incluídos no processo do leilão para implantação e exploração da UHE de Pedra do Cavalo.

- b) o **PERMISSIONÁRIO** foi vencedor do Leilão nº 04/2001 promovido pela **ANEEL** para a concessão do uso de bem público para implantação e exploração do Aproveitamento Hidrelétrico de Pedra do Cavalo ("AHE Pedra do Cavalo"), cuja concessão foi outorgada pelo Governo Federal através do Decreto de 2 de abril de 2002, publicado no Diário Oficial da União em 3 de abril de 2002, com base no que o **PERMISSIONÁRIO** e a **ANEEL** celebraram o Contrato de Concessão nº 19/2002, para implantação e exploração do AHE Pedra do Cavalo;
- c) o **PERMISSIONÁRIO** e o **PERMITENTE**, através da Secretaria de Infra-Estrutura do Estado da Bahia - **SEINFRA**, assinaram, em 13 de novembro de 2002, o Termo de Permissão de Uso de Bem Imóvel (**ANEXO 3**);

têm, entre si, justa e acordada a celebração do presente **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO** da **BARRAGEM** e do **AHE PEDRA DO CAVALO**, que se regerá pelas seguintes cláusulas e condições:

CLÁUSULA 1: DEFINIÇÕES, REFERÊNCIAS E ANEXOS

Neste **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO**, as palavras e expressões abaixo, quando grafadas em maiúsculas, terão o significado a elas atribuído nesta Cláusula:

- **AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL)** - autarquia sob regime especial instituída pela Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, responsável pela regulação, controle e fiscalização dos serviços e instalações de energia elétrica;
- **AHE PEDRA DO CAVALO** ou **APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO PEDRA DO CAVALO**, compreende a **UHE DE PEDRA DO CAVALO**, a sub-estação, e o sistema de transmissão de energia elétrica restrito à energia produzida na **UHE DE PEDRA DO CAVALO**, para integração ao Sistema Interligado Nacional;
- **APP** - Área de Preservação Permanente da **BARRAGEM**, conforme disposto na Lei Estadual nº 4.771 de 15/09/1965 (Código Florestal do Estado da Bahia);
- **AUTORIDADE COMPETENTE** - significa (a) qualquer autoridade federal, estadual ou municipal brasileira, (b) qualquer juízo ou tribunal no Brasil ou (c) quaisquer repartições, entidades, agências ou órgãos governamentais brasileiros, incluindo, mas não se limitando à **SRH-BA** e à **ANEEL**, que exerçam ou detenham o poder de exercer autoridade administrativa, regulatória, executiva, judicial ou legislativa sobre qualquer uma das **PARTES** ou matérias de que trata este **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO**;
- **BARRAGEM** - compreende o corpo da barragem de Pedra do Cavalo, o vertedouro, as comportas, os stop logs, o pântano rolante, os túneis e os acessos, bem como o Dique 1 e Dique 2 e as estruturas e os equipamentos complementares. Abrange também o entorno do empreendimento incluindo a região à jusante e a montante da mesma, conforme delimitada pela poligonal e cordão de bóias (sinalização náutica) implantada a cerca de 500m do barramento, constante no **ANEXO 8**;
- **CEPRAM** - órgão consultivo, normativo, deliberativo e recursal do Sistema Estadual de Administração dos Recursos Ambientais - **SEARA**, criado pela Lei Estadual 3.163, de 4 de outubro de 1973, cuja finalidade é deliberar sobre diretrizes, políticas, normas e padrões para a preservação e conservação dos recursos naturais;
- **CIRCUITO DE GERAÇÃO** - compreende os condutos forçados, casa de força, canal de fuga e as estruturas civis da tomada d'água de geração da **UHE DE PEDRA DO CAVALO**;
- **CONTROLE DE CHEIAS** - conjunto de ações e regras de operação que objetivam a previsão e o amortecimento de vazões afluentes, e a liberação de vazões defluentes que não causem inundações a jusante da **BARRAGEM**, respeitada a descarga máxima de operação normal definida para jusante;

- **CRA - CENTRO DE RECURSOS AMBIENTAIS DO ESTADO DA BAHIA** – autarquia criada pela Lei Delegada N.º 31, de 03 de março de 1983, com jurisdição em todo o território do Estado da Bahia, responsável pelo licenciamento ambiental do **AHE PEDRA DO CAVALO**;
- **EMBASA** – Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A.;
- **ENTRADA EM OPERAÇÃO COMERCIAL** – Conforme Despacho ANEEL nº 1.061, de 15/12/04, foi autorizada a entrada em operação comercial da primeira unidade geradora em 16/12/04; e conforme Despacho ANEEL nº 139, de 28/01/05, foi autorizada a entrada em operação comercial da segunda unidade geradora em 31/01/05;
- **GRUPO CONSULTIVO ou GC** – formado por representantes do **PERMISSIONÁRIO**, da **SRH-BA** e da **EMBASA**, com a finalidade de discutir assuntos de interesses comuns das **PARTES** e da interveniente **EMBASA** relacionados ao **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO**;
- **INTERVENÇÃO FÍSICA** – qualquer obra e/ou ação de qualquer das **PARTES**, da **SRH-BA**, **EMBASA** e/ou de terceiro(s), que altere substancialmente as condições físicas das áreas, instalações, estruturas e/ou equipamentos do **RESERVATÓRIO**, **BARRAGEM** e/ou do **AHE PEDRA DO CAVALO**;
- **NÍVEL DE ALERTA ou N.A. DE ALERTA** - Nível da superfície de água do **RESERVATÓRIO** de Pedra do Cavalo definido pela **SRH-BA**, expresso em metro, correspondendo a um nível de água mínimo operativo abaixo do qual o **RESERVATÓRIO** da **BARRAGEM** de Pedra do Cavalo passa a ser operado com restrições, de modo a garantir o abastecimento humano;
- **NÍVEL MÁXIMO MAXIMORUM, ou N.A. MÁXIMO MAXIMORUM** – Nível mais elevado da superfície de água para o qual o **RESERVATÓRIO** foi projetado, fixado como o nível correspondente a superelevação máxima, quando da ocorrência da cheia de projeto;
- **NÍVEL MÁXIMO NORMAL, ou N.A. MÁXIMO NORMAL** - Nível de água máximo do **RESERVATÓRIO**, considerado para fins de operação normal;
- **N.A. MÍNIMO OPERACIONAL PARA GERAÇÃO DE ENERGIA** - Nível de água mínimo operacional do **RESERVATÓRIO**, definido provisoriamente pela CE Nº 042/05-DE, abaixo do qual não é permitida, sem expressa autorização da **SRH-BA**, a geração de energia elétrica pela **UHE de Pedra do Cavalo**;
- **ONS** - Operador Nacional do Sistema Elétrico - entidade responsável pela coordenação, supervisão e controle da operação da geração e transmissão de energia elétrica no **SIN**, integrado por titulares de concessão, permissão, autorização e por consumidores;
- **OPERADORA** – Empresa contratada pelo **PERMISSIONÁRIO** para realizar a operação e manutenção do **AHE PEDRA DO CAVALO** e da **BARRAGEM** após a **ENTRADA EM OPERAÇÃO COMERCIAL**;
- **PERMISSIONÁRIO** – Votorantim Cimentos Ltda.;
- **PERMITENTE** – ESTADO DA BAHIA;
- **PREVAZ** – Sistema de Previsão de Vazões na bacia do rio Paraguaçu, implantado e permanentemente ajustado pelo **PERMISSIONÁRIO**, incluindo obtenção rotineira de dados pluviométricos e hidrológicos e o processamento dos mesmos, visando determinar com precisão e com máxima antecedência possível a vazão que deverá afluir ao **RESERVATÓRIO** da **BARRAGEM** de Pedra do Cavalo;
- **PROGRAMAS AMBIENTAIS** – são as atividades e ações definidas e programadas nas condicionantes das licenças ambientais de operação fornecidas ao **PERMISSIONÁRIO**, **SRH-BA** ou **EMBASA**, para prevenir, mitigar e/ou compensar os efeitos adversos e indesejáveis ao meio ambiente;
- **RESERVATÓRIO** – massa de água armazenada, por retenção, a montante da **BARRAGEM** de Pedra do Cavalo, constituída por volumes atingidos pelas águas e respectivas áreas superficiais abrangidas (espelho d'água), descritos por curvas cota-volume e cota-área, área que compreende o lago artificial formado pela **BARRAGEM** de Pedra do Cavalo e sua Área de Proteção Permanente (**APP**);

- **SIN** – é o Sistema Integrado Nacional, que conecta e interliga as regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil, operado pela **ONS**, por delegação das empresas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, em conformidade com o disposto na Lei n.º 10.848, de 2004, e Decreto n.º 5.081, de 2004;
- **SRH-BA** - Superintendência de Recursos Hídricos;
- **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO** – documento que rege as regras e as responsabilidades entre as **PARTES**, no tocante a operação, manutenção e segurança da **BARRAGEM** do **AHE PEDRA DO CAVALO** e do **RESERVATÓRIO**, figurando a **SRH-BA** como agente de fiscalização e gerenciamento, a **EMBASA** como parte interveniente e a **ANEEL** como anuente;
- **UHE DE PEDRA DO CAVALO** ou **USINA HIDRELÉTRICA DE PEDRA DO CAVALO** - são as instalações implantadas, visando aproveitar o potencial de energia hidráulica da barragem de Pedra do Cavalo, localizada no rio Paraguaçu, Estado da Bahia, correspondendo ao **CIRCUITO DE GERAÇÃO**;

Parágrafo Primeiro - As referências a Cláusulas, Anexos e Itens devem ser entendidas como referências às cláusulas, aos anexos e aos itens deste **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO**, exceto quando o texto indicar expressamente de forma diversa.

Parágrafo Segundo – Compõem este **TERMO** os seguintes anexos:

ANEXO Nº 1	PARECER TÉCNICO EMITIDO PELA SRH-BA (OF.228/01-DG de 21/05/2001) INCLUINDO CORRESPONDÊNCIA DA EMBASA 071/2001-DP de 10/05/2001 SOBRE DEMANDA DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO A PARTIR DA BARRAGEM DE PEDRA DO CAVALO
ANEXO Nº 2	TERMO DE AJUSTE PARA LICITAÇÃO DA UHE DE PEDRA DO CAVALO DA CHANCELA DA SRH E OFÍCIO N.º 183/2001 DE 09/11/2001 DA SECRETÁRIA DE INFRA-ESTRUTURA DA BAHIA.
ANEXO Nº 3	TERMO DE PERMISSÃO DE USO DO BEM IMÓVEL, firmado em 13 de novembro de 2002
ANEXO Nº 4	RELAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E BENS DA BARRAGEM E VERTEDOURO
ANEXO Nº 5	LICENÇA AMBIENTAL DE OPERAÇÃO DO CONCESSIONÁRIO
ANEXO Nº 6	RELATÓRIO DE INSPEÇÃO CONJUNTA DAS ESTRUTURAS DA BARRAGEM E DIQUES (elaborado em 10 de setembro de 2004)
ANEXO Nº 7	RELATÓRIO DE INSPEÇÃO CONJUNTA DO PERMISSIONÁRIO E SRH-BA DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS E FLUVIOMÉTRICAS, BEM COMO DA RELAÇÃO DE EQUIPAMENTOS (elaborado em outubro de 2005).
ANEXO Nº 8	DESENHO
ANEXO Nº 9	REGRAS DE OPERAÇÃO E MODELO HIDROLÓGICO PARA PREVISÃO DE VAZÕES
ANEXO Nº 10	RELAÇÃO DE CONTATOS E MEIOS DE COMUNICAÇÃO

Parágrafo Terceiro – Por sua natureza os anexos 9 e 10 podem ser alterados e ou substituídos pela **SRH-BA** no decorrer da vigência deste **TERMO**.

Parágrafo Quarto - Em caso de divergência entre as disposições dos anexos e o constante das Cláusulas deste **TERMO**, prevalecerá o disposto nas Cláusulas deste **TERMO**.

CLÁUSULA 2: OBJETO

Este **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO** tem por objetos principais:

- I. A definição de regras, atribuições e responsabilidades para a operação, manutenção e segurança, inclusive patrimonial, do **RESERVATÓRIO**, da **BARRAGEM** e do **AHE PEDRA DO CAVALO**;
- II. Resguardar Interesses do **ESTADO DA BAHIA** quanto a utilização dos recursos relacionados à Barragem de Pedra do Cavalo;
- III. A permissão de uso, a título gratuito, das áreas definidas no **ANEXO 3**.

CLÁUSULA 3: VIGÊNCIA e CONDICIONANTES

Este **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO** entra em vigor na data de sua assinatura e terá vigência de 06 (seis) meses, tempo suficiente para cumprimento das condicionantes relacionadas no Parágrafo Segundo desta Cláusula, após o qual, deverá, caso esteja acordado, ser celebrado o **TERMO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO** de caráter definitivo.

Parágrafo Primeiro – O prazo de 06 (seis) meses que se refere o Caput pode ser prorrogado de comum acordo entre as **PARTES**.

Parágrafo Segundo – Para elaboração do **TERMO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO** de caráter definitivo é necessário o cumprimento das seguintes condicionantes:

- I. Regularização da construção da barragem de Pedra do Cavalo, por parte da **EMBASA**, junto à **SRH-BA**;
- II. Obtenção da Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica, por parte do **PERMISSIONÁRIO**, junto à **SRH-BA**, como já preconizava o OF. 175/02-DG de 26/03/02;
- III. Acordo entre a **VOTORANTIM**, **SRH-BA** e **EMBASA** sobre as adequações necessárias quanto à operação, instalações e equipamentos das captações implantadas pela **EMBASA** no **RESERVATÓRIO** de Pedra do Cavalo, como prevê o OF. 183/01, Item 2 da **SEINFRA-BA**, que foi incorporado ao processo licitatório do **AHE PEDRA DO CAVALO**, consubstanciada com a correspondência 071/2001-DP da **EMBASA**, citada no item 7 do Termo de Ajuste daquela Licitação;
- IV. Aprovação das Regras de Operação da **BARRAGEM**, do Plano de Emergência para Situação de Cheias, das Diretrizes e Atribuições para o Meio Ambiente e do Sistema de Previsão de Vazões, por parte da **SRH-BA**, com elaboração do **PERMISSIONÁRIO**.

CLÁUSULA 4: PARÂMETROS TÉCNICOS DA BARRAGEM, DO RESERVATÓRIO E DA UHE PEDRA DO CAVALO

As seguintes características da **BARRAGEM** e da **UHE** de Pedra do Cavalo, bem como, do **RESERVATÓRIO** estão determinadas em projeto, não podendo ser alteradas, de forma unilateral, por qualquer das **PARTES**, exceto por ato da **AUTORIDADE COMPETENTE**, devidamente motivado:

BARRAGEM

Rio	Paraguaçu
Municípios de localização	Governador Mangabeira e Cachoeira – Estado da Bahia
Tipo	Enrocamento com núcleo de argila
Comprimento da crista	460,0 m
Altura máxima	142,5 m
Tipo de vertedouro	Controlado
Capacidade do vertedouro	12.000 m³/s
Comportas do vertedouro	05 unidades (tipo Segmento), cada uma com 15,0m x 18,0m

RESERVATÓRIO

Área inundada..(N.A. na cota 124 m)	186 km ²
Vol. N.A.. (cota 124 m)	5.330 x 10 ⁶ m ³
Vol. N.A.. cota 120 m.	4.630 x 10 ⁶ m ³
Vol. N.A. cota 115 m	3.869 x 10 ⁶ m ³
Vol. N.A. cota 114,5m	3.799 x 10 ⁶ m ³
Vol. N.A. cota 113 m	3.595 x 10 ⁶ m ³
Vol. N.A. cota 106 m	2.766 x 10 ⁶ m ³

UHE

Tomada d'água	04 unidades, cada com 6,9m x 5,6 m.
Capacidade instalada	160 MW

Parágrafo Primeiro - A exploração do **AHE PEDRA DO CAVALO** pelo ora **PERMISSIONÁRIO**, para fins de geração de energia elétrica, deve respeitar os seguintes parâmetros técnicos:

RESERVATÓRIO

N.A. MÁXIMO MAXIMORUM	124,00 m
N.A. MÁXIMO NORMAL	120,00 m
N.A. MÍNIMO OPERACIONAL	106,00 m

VERTEDOURO

DESCARGA MÁXIMA DE PROJETO DO VERTEDOURO	12.000 m ³ /s
DESCARGA MÁXIMA DE OPERAÇÃO NORMAL	1.500 m ³ /s
DESCARGA MÍNIMA À JUSANTE	Estabelecida pelo órgão ambiental do Estado da Bahia

Parágrafo Segundo – As **PARTES**, a **SRH-BA** e a **EMBASA** deverão observar e cumprir o disposto no Parágrafo Primeiro desta Cláusula. Quaisquer condicionantes, de qualquer natureza, que possam acarretar alterações nos parâmetros fixados neste dispositivo, deverão ser descritos pelo promotor e/ou interessado submetidos à aprovação da **AUTORIDADE COMPETENTE**, e levados ao conhecimento da **ANEEL**.

CLÁUSULA 5: GRUPO CONSULTIVO - GC

O **GRUPO CONSULTIVO - GC** será formado por representantes do **PERMISSIONÁRIO**, da **SRH-BA**, representando a outra **PARTE**, e da **EMBASA**, e sua finalidade será discutir assuntos de interesses comuns dos mesmos, sempre relacionados com o objeto deste **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO**.

Parágrafo Primeiro – Compete ao **GC** proposição de ações e medidas referentes a assuntos de interesse comum das instituições representadas no **GC**, principalmente as condicionantes relacionadas na Cláusula 3, devendo cada um representante dar conhecimento à instituição que representa, dos assuntos discutidos no âmbito do **GC**, para que cada uma possa deliberar sobre tais assuntos.

Parágrafo Segundo - O **GC** será composto por 8 (oito) membros, sendo 2 (dois) membros titulares e 1 (um) membro suplente do **PERMISSIONÁRIO**, 2 (dois) membros titulares e 1 (um) membro suplente da **SRH-BA**, e 1 (um) membro titular e 1 (um) membro suplente da **EMBASA**.

Parágrafo Terceiro – Caso haja substituição de membro titular e/ou suplente, de qualquer instituição, as outras deverão ser comunicadas com antecedência mínima de 30 (trinta) dias.

Parágrafo Quarto – As reuniões do GC ocorrerão sempre que convocadas por qualquer de seus membros, por escrito, via Correio, fax similar, e/ou por e-mail, com pelo menos 10 (dez) dias de antecedência, devendo tal convocação indicar o dia, horário, pauta e local da respectiva reunião.

Parágrafo Quinto - As reuniões serão realizadas, preferencialmente, nas instalações administrativas do AHE.

Parágrafo Sexto – As reuniões do GC serão realizadas com a presença de, no mínimo, 1 (um) membro representante de cada instituição.

Parágrafo Sétimo – As reuniões do GC serão presididas e secretariadas por um membro do GC representante da SRH-BA, ao qual caberá exercer atividades de organização administrativa, dentre as quais a lavratura de atas.

CLÁUSULA 6: RESPONSABILIDADES DAS PARTES E DA SRH-BA

Ficam estabelecidas as seguintes responsabilidades para as PARTES e da SRH-BA:

- (a) **RESERVATÓRIO**: responsabilidade do PERMITENTE, através da SRH-BA, devendo observar a legislação aplicável, em especial a legislação ambiental;
- (b) **BARRAGEM**: responsabilidade do PERMISSIONÁRIO quanto à operação, manutenção e segurança, inclusive a patrimonial;
- (c) **AHE PEDRA DO CAVALO**: responsabilidade do PERMISSIONÁRIO, quanto à operação, manutenção e segurança, inclusive a patrimonial;
- (d) **PREVAZ**: responsabilidade do PERMISSIONÁRIO, quanto à elaboração, substituições, se necessário, implantações, operação, atualizações e ajustes;
- (e) Definição de vazões prioritárias: responsabilidade da SRH-BA, de acordo com a Lei Estadual nº 6.812, de 1996, e Decreto nº 6.296, de 1997;
- (f) Definição do N.A. DE ALERTA e N.A. MÍNIMO OPERACIONAL PARA GERAÇÃO DE ENERGIA : responsabilidade da SRH-BA;
- (g) **CONTROLE DE CHEIAS**: responsabilidade do PERMISSIONÁRIO com participação efetiva da SRH-BA, conforme disposições constantes no Relatório: Regras de Operação e Modelo Hidrológico para Previsão de Vazões (Anexo 09) enviado pela PERMISSIONÁRIO. Estas Regras e Modelo poderão ser alterados com base em estudos efetuados pelo PERMISSIONÁRIO e aprovados pela SRH-BA.

CLÁUSULA 7: INTERVENÇÕES FÍSICAS E EXECUÇÃO DE OBRAS NA BARRAGEM E NO AHE PEDRA DO CAVALO

As PARTES têm ciência que o PERMISSIONÁRIO recebeu da SRH-BA as instalações, equipamentos e estruturas existentes na BARRAGEM e no RESERVATÓRIO, nos termos e conforme Relatório de Inspeção Conjunta das Estruturas da Barragem e Diques (ANEXO 6) e Relatório de Inspeção Conjunta do PERMISSIONÁRIO e SRH-BA das Estações Pluviométricas e Fluviométricas, bem como da Relação de Equipamentos (ANEXO 7) emitidos pelo PERMISSIONÁRIO.

Parágrafo Primeiro - Em concordância com o item 4 do ANEXO 2 (TERMO DE AJUSTE), a SRH-BA e a EMBASA estão cientes de que o PERMISSIONÁRIO efetuou, às suas custas, as INTERVENÇÕES FÍSICAS previstas.

Parágrafo Segundo – Qualquer INTERVENÇÃO FÍSICA e obras para manutenção e conservação, inclusive substituição das estruturas e equipamentos da BARRAGEM devido ao desgaste provocado pelo intemperismo, operação e uso é de responsabilidade do PERMISSIONÁRIO.

Parágrafo Terceiro – Havendo necessidade de INTERVENÇÕES FÍSICAS objetivando melhorias futuras nas instalações, estruturas e/ou equipamentos da BARRAGEM, em decorrência de novos cálculos, dados e estudos

não conhecidos por ambas as **PARTES** até a data de assinatura deste **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO**, tais melhorias deverão ser integralmente assumidas pela **PARTE** requerente ou compartilhada mediante prévio acordo entre as **PARTES**.

Parágrafo Quarto – Quaisquer **INTERVENÇÕES FÍSICAS** no **AHE PEDRA DO CAVALO**, abrangendo suas tomadas d'água, são de total e exclusiva responsabilidade do **PERMISSIONÁRIO**.

Parágrafo Quinto – **INTERVENÇÕES FÍSICAS** na **BARRAGEM** e/ou **AHE PEDRA DO CAVALO** de interesse do **PERMISSIONÁRIO** só poderão ser efetuadas com prévia e escrita liberação do **PERMITENTE**.

Parágrafo Sexto – **INTERVENÇÕES FÍSICAS** promovidas pelo **PERMITENTE** ou pela **SRH-BA** deverão ser levadas ao conhecimento do **PERMISSIONÁRIO** e da **ANEEL**.

Parágrafo Sétimo – O **PERMISSIONÁRIO** no final da vigência deste **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO** deverá entregar todas as estruturas que compreende a **BARRAGEM** e a tomada d'água e os condutos forçados do **CIRCUITO DE GERAÇÃO** em perfeito estado de conservação.

Parágrafo Oitavo - Na previsão de qualquer **INTERVENÇÃO FÍSICA**, o promotor da mesma compromete-se a disponibilizar toda a documentação necessária para análise dos demais signatários do presente **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO**, em até 30 (trinta) dias contados da solicitação.

CLÁUSULA 8: INTERVENÇÕES FÍSICAS NO RESERVATÓRIO E NA BACIA DO RIO PARAGUAÇU

Parágrafo Primeiro – A **SRH-BA** firma compromisso de informar ao **PERMISSIONÁRIO**, com antecedência mínima de 180 (cento e oitenta) dias, acerca da realização de quaisquer intervenções físicas no **RESERVATÓRIO** e/ou na **Bacia do Rio Paraguaçu** que possam interferir na atividade de geração de energia elétrica.

Parágrafo Segundo - São atividades de maior potencial de interferência na atividade de geração de energia elétrica, dentre outros: novos projetos de irrigação, novos projetos de abastecimento de água, novas barragens ou novas restrições operativas emanadas do Governo do Estado da Bahia.

Parágrafo Terceiro – Ficam vedadas **INTERVENÇÕES FÍSICAS**, por qualquer das **PARTES**, que prejudiquem as atividades desenvolvidas pela outra **PARTE**, exceto quando tais **INTERVENÇÕES FÍSICAS** forem determinadas por ato de **AUTORIDADE COMPETENTE**.

CLÁUSULA 9: ADEQUAÇÃO DAS INSTALAÇÕES E DOS EQUIPAMENTOS DAS CAPTAÇÕES EXISTENTES NO RESERVATÓRIO.

As **PARTES** aceitam e reconhecem que em decorrência do constante do item 7 do **TERMO DE AJUSTE PARA LICITAÇÃO DA UHE DE PEDRA DO CAVALO**, de 25/08/01, o **Ofício nº183/2001**, emitido pela Secretaria de Infra-Estrutura, enviado à **ANEEL** em 09/11/01 e da correspondência da **EMBASA** 071/2001 – DP de 10/05/2001, caberá ao **PERMISSIONÁRIO** assumir os custos decorrentes das adequações das instalações e equipamentos das captações instaladas pela **EMBASA** no **RESERVATÓRIO**, inclusive o aumento de custo de energia elétrica, a fim de garantir que as condições de captação e fornecimento de água pela **EMBASA** não sejam prejudicadas por rebaixamentos do N.A. do **RESERVATÓRIO** aquém do N.A. médio praticado anteriormente ao advento da geração de energia elétrica, e que decorram desta atividade.

Parágrafo Primeiro – As **PARTES** aceitam e reconhecem que toda e qualquer adequação das instalações e equipamentos da **EMBASA** a ser proposta no âmbito deste **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO** deverá basear-se e ser realizada com vistas a manter e preservar as condições de captação e fornecimento de água praticados anteriormente à geração de energia, não cabendo ao **PERMISSIONÁRIO** arcar com qualquer adequação que tenha por objetivo ampliar, modernizar ou, de qualquer forma, melhorar a capacidade de captação de água da **EMBASA**, a partir dos padrões praticados antes da geração de energia elétrica.

Parágrafo Segundo – As **PARTES** desde já acordam que o **PERMISSIONÁRIO** contratará, no prazo de até 10 dias a contar da assinatura do presente, uma consultoria técnica capacitada e reconhecida, a ser escolhida de comum acordo entre o **PERMISSIONÁRIO**, a **SRH-BA** e a **EMBASA** e custeada pelo **PERMISSIONÁRIO**, que dimensionará e definirá as adequações e custos necessários para atendimento do disposto no **Caput** desta

Clausula, no prazo de 180 (cento e oitenta dias) corridos, e se comprometem a acatar integralmente as conclusões definidas pela referida consultoria técnica após a validação pelas áreas técnicas do **PERMISSIONÁRIO**, **SRH-BA** e da **EMBASA**.

CLÁUSULA 10: MANUTENÇÃO, SEGURANÇA E OPERAÇÃO DA BARRAGEM

Parágrafo Primeiro – As **PARTES** e a **EMBASA** declaram ter conhecimento de que o **PERMISSIONÁRIO** iniciou as atividades relativas à operação da **BARRAGEM** em 30/03/2004, sendo que durante o período de 30/03/2004 a 31/05/2006 a atividade de operação foi realizada por meio de contratação dos serviços da **EMBASA** e, a partir de 01/06/2006, as atividades de operação e manutenção da **BARRAGEM** passaram a ser realizadas pela **OPERADORA**.

Parágrafo Segundo – A operação, manutenção e segurança, inclusive patrimonial, da **BARRAGEM** são de responsabilidade do **PERMISSIONÁRIO**, observados os limites técnicos e as recomendações indicadas pelo projeto, bem como pela sua instrumentação, nas melhores condições de segurança, eficiência, economia e qualidade, conservando o meio ambiente, inclusive nas situações de emergência, quando deverão ser aplicadas as medidas cabíveis, de comum acordo entre as **PARTES** e a **SRH-BA**.

Parágrafo Terceiro - Os equipamentos e bens existentes na **BARRAGEM**, relacionados no **ANEXO 4**, encontram-se em estado de conservação definido no Relatório de Inspeção, constante no **ANEXO 6**. O **PERMISSIONÁRIO**, durante todo o período de vigência do presente **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO**, deve manter a **BARRAGEM**, incluindo estes equipamentos e bens, e entregá-los ao **PERMITENTE** no final de vigência deste **TERMO**, em estado de novo, exercendo as suas funções perfeitamente e com bom aspecto visual.

Parágrafo Quarto – O **PERMISSIONÁRIO** está ciente de que o controle de cheias e o fornecimento de água para os sistemas de abastecimento públicos são prioridades do **ESTADO DA BAHIA** que, na condição de **PERMITENTE**, poderá intervir a qualquer momento na operação, a fim de preservar o interesse público.

Parágrafo Quinto – Durante a vigência deste **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO**, o **PERMITENTE** deverá observar, para efeito de operação da **BARRAGEM**, as cotas referentes ao **N.A. Máximo Normal** do **RESERVATÓRIO** nos períodos seco, de transição e úmido, constantes no relatório de Regras de Operação e Modelo Hidrológico para Previsão de Vazões e a cota do **N.A. Mínimo Operacional para Geração de Energia** provisoriamente definida na correspondência da **SRH CE N°042/05-DE**, as quais são apresentados a seguir:

I. Período Seco (maio a outubro):	N.A. Máximo Normal	120,0 m
	N.A. Mínimo Operacional para Geração de Energia	113,0 m
II. Período de Transição I (novembro):	N.A. Máximo Normal	119,0 m
	N.A. Mínimo Operacional para Geração de Energia	113,0 m
III. Período Úmido (dezembro a março):	N.A. Máximo Normal	114,5 m
	N.A. Mínimo Operacional para Geração de Energia	113,0 m
IV. Período de Transição II (abril):	N.A. Máximo Normal	119,5 m
	N.A. Mínimo Operacional para Geração de Energia	113,0 m

Parágrafo Sexto – O **N.A. Mínimo Operacional para Geração de Energia** será considerado como um limite abaixo do qual haverá permanente necessidade de serem feitas, pela **PERMISSIONÁRIO**, simulações hidrológicas do comportamento da bacia hidrográfica e do **RESERVATÓRIO**, em que serão consideradas a situação climática reinante, as disponibilidades hídricas e a previsão de aflúências ao **RESERVATÓRIO**, entre outras variáveis de decisão, para um futuro próximo, para possibilitar que a **SRH-BA** delibere sobre quais medidas operativas a tomar para otimizar o uso da água acumulada no **RESERVATÓRIO**;

Parágrafo Sétimo – Uma vez que o rebaixamento do nível de água do **RESERVATÓRIO** venha a afingar o **N.A. Mínimo Operacional para Geração de Energia**, a **SRH-BA**, a depender das condições hidroclimáticas reinantes ou previstas para a bacia do Paraguaçu, poderá exercer a prerrogativa de intervir no gerenciamento da operação da **BARRAGEM** e do **AHE Pedra do Cavalo**.

Parágrafo Oitavo – O **N.A. Mínimo Operacional para Geração de Energia** poderá ser alterado pela **SRH-BA** a qualquer tempo considerando novos estudos e novos dados, inclusive acréscimo do consumo dos sistemas públicos de abastecimento de água;

Parágrafo Nono – Durante a vigência deste **TERMO PROVISÓRIO** o **PERMISSIONÁRIO** deverá elaborar e apresentar para aprovação da **SRH-BA** as **REGRAS DE OPERAÇÃO DA BARRAGEM**, as quais deverão contemplar os critérios apresentados na **Cláusula 13** e comporão o **TERMO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO**.

CLÁUSULA 11: SITUÇÃO EMERGENCIAL

Caracteriza-se situação emergencial os casos em que houver previsão ou ocorrência de cheia ou rebaixamento excessivo do nível do **RESERVATÓRIO**, que necessite de regras especiais de operação da **BARRAGEM** e do **AHE Pedra do Cavalo**, objetivando minimizar, ou mesmo evitar, danos de qualquer natureza.

Parágrafo Primeiro – Na vigência deste **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO**, em caso de previsão ou ocorrência de cheia devem ser executadas as medidas descritas no relatório de Regras de Operação e Modelo Hidrológico para Previsão de Vazões (**Anexo 9**), objetivando, principalmente, resguardar as comunidades ribeirinhas a jusante da **BARRAGEM**. Ao mesmo tempo deverá ser concluído o **PLANO DE EMERGÊNCIA PARA SITUAÇÕES DE CHEIAS**, conforme critérios estabelecidos na **Cláusula 12**, o qual comporá o Termo definitivo.

Parágrafo Segundo – Na vigência deste **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO**, fica estabelecida a cota 113,0 m como **N.A. Mínimo Operacional para Geração de Energia**, objetivando preservar a segurança operacional dos sistemas de abastecimento de água. Ao mesmo tempo, este **N.A. Mínimo Operacional para Geração de Energia** deverá ser estabelecido pela consultoria que trata o **Parágrafo Segundo** da **Cláusula 9**, e incorporado nas **REGRAS DE OPERAÇÃO DA BARRAGEM**.

CLÁUSULA 12: PLANO DE EMERGÊNCIA PARA SITUAÇÕES DE CHEIAS

O **PLANO DE EMERGÊNCIA PARA SITUAÇÕES DE CHEIAS** terá como objetivo estabelecer os procedimentos de atuação das **PARTES**, **SRH-BA**, **EMBASA** e demais órgãos competentes, a serem observados em situações de emergência oriunda de cheias excepcionais. Deverá ser elaborado e implementado pelo **PERMISSIONÁRIO** e, avaliado e aprovado pelo **SRH-BA**.

Parágrafo Primeiro - O **PLANO DE EMERGÊNCIA PARA SITUAÇÕES DE CHEIAS** deverá descrever todas as etapas a serem cumpridas quando da ocorrência de situação de cheia, nomeando os responsáveis de cada uma das **PARTES**, **SRH-BA** e **EMBASA** com os seus contatos telefônicos.

Parágrafo Segundo - O **PLANO DE EMERGÊNCIA PARA SITUAÇÕES DE CHEIAS** deverá ser acionado pelo **PERMISSIONÁRIO** e/ou pela **SRH-BA**, cabendo a estes, à **EMBASA**, e demais órgão competentes tomar as medidas necessárias, dentro de suas respectivas competências e responsabilidades.

Parágrafo Terceiro – Todos os custos oriundos do acionamento e da execução do **PLANO DE EMERGÊNCIA PARA SITUAÇÕES DE CHEIAS** serão de responsabilidade do **PERMITENTE**, exceto se o seu acionamento se deu em decorrência de ato ou fato de responsabilidade exclusiva ou concorrente do **PERMISSIONÁRIO**. Caso estes custos sejam bancados total ou parcialmente pelo **PERMISSIONÁRIO** serão ressarcidos pelo **PERMITENTE**, após análise e aprovação.

Parágrafo Quarto – O **PLANO DE EMERGÊNCIA PARA SITUAÇÕES DE CHEIAS** será parte integrante do **TERMO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO**.

CLÁUSULA 13: REGRAS DE OPERAÇÃO DA BARRAGEM

As **REGRAS DE OPERAÇÃO DA BARRAGEM** terão como objetivo o estabelecimento dos procedimentos de operação da **BARRAGEM** de Pedra do Cavalo, considerando todas as possíveis situações, normais e excepcionais, de seca e cheia. Deverão ser elaboradas e implementadas pelo **PERMISSIONÁRIO** e avaliadas e aprovadas pela **SRH-BA**.

Parágrafo Primeiro - As **REGRAS DE OPERAÇÃO DA BARRAGEM** deverão considerar as possíveis situações hidrológicas, normais e extremas, e descrever os procedimentos de operação da **BARRAGEM** a serem adotados, de modo a definir o **NÍVEL DE ALERTA** e **NÍVEL MÍNIMO OPERACIONAL PARA GERAÇÃO DE ENERGIA**.

Parágrafo Segundo - As **REGRAS DE OPERAÇÃO DA BARRAGEM** deverão levar em consideração também as recomendações da consultoria que trata o **Parágrafo Segundo da Cláusula 9**.

Parágrafo Terceiro - As **REGRAS DE OPERAÇÃO DA BARRAGEM** serão parte integrante do **TERMO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO**.

CLÁUSULA 14: DESENVOLVIMENTO, IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E AJUSTES DO SISTEMA PREVAZ

As **PARTES**, a **SRH-BA** e a **EMBASA** acordam que o desenvolvimento, as substituições, as implantações, a operação, a manutenção e os ajustes do **SISTEMA PREVAZ** serão efetuadas da seguinte forma:

- I. O desenvolvimento, as substituições, implantações e ajustes do sistema **PREVAZ**, de forma a representar as previsões hidrológicas da bacia do Rio Paraguaçu, serão de responsabilidade do **PERMISSIONÁRIO**.
- II. O processamento dos dados hidrológicos e a operação do sistema **PREVAZ** serão efetuados pelo **PERMISSIONÁRIO** em conformidade com o **ANEXO 9**, complementado, caso não conflite, pelos procedimentos e/ou determinações do **ONS**, conforme definições de vazões prioritárias apresentadas pela **SRH-BA**, inclusive nas situações de emergência, quando deverão ser aplicadas as medidas cabíveis.
- III. A manutenção e os ajustes serão efetuados pelo **PERMISSIONÁRIO**, observadas as recomendações indicadas pelo projeto e estudos adicionais e/ou complementares, nas melhores condições de segurança, eficiência, economia e qualidade, conservando o meio ambiente e observando o disposto no **ANEXO 9**.

Parágrafo Primeiro - Ao **PERMISSIONÁRIO** caberá a operação e a manutenção da rede hidrométrica, e guarda dos dados obtidos, localizada na bacia do rio Paraguaçu, conforme item 2 do **TERMO DE AJUSTE PARA LICITAÇÃO DA UHE DE PEDRA DO CAVALO**, de 25/08/01. No final da vigência deste **TERMO** o **PERMISSIONÁRIO** deverá entregar a rede hidrométrica em uso em perfeito estado de conservação.

Parágrafo Segundo - Ao **PERMISSIONÁRIO**, caberá a implantação de novos postos hidrométricos e/ou substituição de existentes, caso estudos adicionais e/ou complementares assim indiquem, sempre em acordo com a **SRH-BA**. Estes novos postos, em sendo implantados, serão incorporados à rede hidrométrica da bacia do rio Paraguaçu.

Parágrafo Terceiro - O **PERMISSIONÁRIO** deverá apresentar e disponibilizar o sistema **PREVAZ** à **SRH-BA**, bem como, treinar pessoal indicado pela mesma, inclusive sempre que houver qualquer mudança.

Parágrafo Quarto - O **PERMISSIONÁRIO**, assegurará à **SRH-BA**, o acesso aos dados gerados pelo sistema **PREVAZ**, ou outro novo Sistema de Controle Operacional que venha a substituí-lo.

CLÁUSULA 15: MANUTENÇÃO, SEGURANÇA E OPERAÇÃO DO AHE PEDRA DO CAVALO

As **PARTES**, acordam que a operação, manutenção e segurança, inclusive patrimonial, do **AHE PEDRA DO CAVALO** serão efetuadas pelo **PERMISSIONÁRIO**, em conformidade com os **ANEXOS 9 e 10** e as Diretrizes e Atribuições para o Meio-Ambiente, bem como a legislação setorial aplicável, observados os limites técnicos dos equipamentos, instalações, estruturas e recomendações indicadas pelo projeto e pelos fornecedores, nas melhores condições de segurança, eficiência, economia e qualidade.

CLÁUSULA 16: GESTÃO SÓCIO-AMBIENTAL DO AHE, DA BARRAGEM E DO RESERVATÓRIO

O licenciamento ambiental do AHE PEDRA DO CAVALO, da BARRAGEM e do RESERVATÓRIO dar-se-á da seguinte forma:

- I. O **PERMISSIONÁRIO** será responsável pela obtenção da licença ambiental e/ou renovação referente à operação do **AHE PEDRA DO CAVALO**, em concordância com a legislação pertinente e o disposto no **ANEXO 9**;
- II. Caberá à **EMBASA** obter o licenciamento e regularização ambiental das suas captações;
- III. Por ser de múltiplo uso, caberá à **SRH-BA** obter a licença ambiental do **RESERVATÓRIO**;

Parágrafo Primeiro - As **PARTES**, a **SRH-BA** e a **EMBASA**, serão responsáveis pela implantação dos programas sócio-ambientais e de monitoramento referentes às condicionantes das licenças ambientais, dentro de suas respectivas responsabilidades.

Parágrafo Segundo - Em caso de sobreposição de responsabilidade e de áreas de atuação entre as condicionantes das licenças ambientais, as **PARTES**, a **SRH-BA** e a **EMBASA**, envidarão todos os esforços no sentido de negociar, de forma conjunta, perante o(s) órgão(s) ambiental(is) competente(s), o cumprimento conjunto das condicionantes através de convênios específicos para tal fim.

Parágrafo Terceiro - As **PARTES**, a **SRH-BA** e a **EMBASA** concordam em assumir os custos dos convênios que venham a ser firmados, na proporção de suas responsabilidades.

CLÁUSULA 17: ACERVO TÉCNICO DA BARRAGEM

O acervo técnico da **BARRAGEM** será gerenciado e mantido pela **SRH-BA**. As dependências necessárias à implantação do acervo são as da **SRH-BA** que ficam nas proximidades da área da **BARRAGEM**.

CLÁUSULA 18: VISITAS À BARRAGEM E AO AHE PEDRA DO CAVALO

As visitas à **BARRAGEM**, serão realizadas de acordo com os seguintes procedimentos:

- I. Caso seja de interesse a entrada de visitantes nas instalações da **BARRAGEM** e do **AHE PEDRA DO CAVALO**, a **SRH-BA** compromete-se a solicitar ao **PERMISSIONÁRIO** autorização específica, com uma antecedência mínima de 5 (cinco) dias úteis. O mesmo critério deverá ser utilizado pelo **PERMISSIONÁRIO**, em relação aos visitantes por ele credenciados para visita às instalações da **SRH-BA**;
- II. As **PARTES** e a **SRH-BA** deverão definir critérios de visita às instalações do **PERMISSIONÁRIO** e da **SRH-BA**, de modo a não interferir nas atividades diárias da outra **PARTE** e da **SRH-BA**.
- III. Todas as visitas às instalações da **BARRAGEM** e do **AHE PEDRA DO CAVALO** deverão ser acompanhadas por funcionário(s) ou representante(s) credenciado(s) do **PERMISSIONÁRIO**.

CLÁUSULA 19: ACESSO ÀS INSTALAÇÕES DAS PARTES, DA SRH-BA E DA EMBASA

O acesso de qualquer das **PARTES**, da **SRH-BA** e da **EMBASA**, às instalações utilizadas e/ou de responsabilidade de outra **PARTE** e/ou da **SRH-BA/EMBASA**, somente será permitido aos funcionários e pessoas previamente autorizados e será restrito às áreas pré-definidas no instrumento de autorização.

CLÁUSULA 20: INSPEÇÕES, ACOMPANHAMENTOS E FISCALIZAÇÕES DA BARRAGEM E DO AHE PEDRA DO CAVALO

As inspeções, acompanhamentos e fiscalizações da **BARRAGEM** e do **AHE PEDRA DO CAVALO** serão realizadas de acordo com os seguintes procedimentos:

I. Aos funcionários e pessoas devidamente credenciados, para inspeção e/ou fiscalização pela **SRH-BA**, será franqueado o acesso à área da **BARRAGEM** e do **AHE PEDRA DO CAVALO** de responsabilidade do **PERMISSIONÁRIO**;

II. O **PERMISSIONÁRIO** deverá enviar à **SRH-BA** relatórios contendo dados relativos ao comportamento geotécnico do barramento, à manutenção de equipamentos e à rede hidrométrica;

III. O **PERMISSIONÁRIO** deverá enviar à **SRH-BA**, periodicamente, documentos que informem sobre o acompanhamento da operação, manutenção e segurança da **BARRAGEM** e da **AHE PEDRA DO CAVALO**, obedecendo a seguinte frequência e os seguintes conteúdos:

1. Documentos Diários:

- a) Vazões afluentes ao reservatório de Pedra do Cavalo;
- b) Dados Pluviométricos da Bacia do Paraguaçu;
- c) Vazões defluentes vertidas e turbinadas;
- d) Cota do Reservatório (volume acumulado);
- e) Previsão de vazões afluentes ao reservatório e pluviometria da bacia para os três dias seguintes.

2. Documentos Trimestrais:

- a) Comportamento geotécnico da **BARRAGEM**;
- b) Manutenção dos equipamentos instalados na **BARRAGEM**;
- c) Manutenção e operação da rede hidrométrica, disponibilizando todos os dados obtidos no período.

3. Documento Anual

- a) Plano de manutenção dos equipamentos instalados na Barragem.

IV. Os Documentos Diários serão disponibilizados via fax ou internet no dia posterior.

V. Os Documentos Trimestrais deverão ser enviados à **SRH-BA** até o décimo dia útil após o encerramento do trimestre de referência.

VI. O Documento Anual deverá ser enviado à **SRH-BA** até o décimo dia útil após o encerramento do ano de referência.

CLÁUSULA 21: OPERADORA

A contratação de **OPERADORA** é de exclusiva responsabilidade do **PERMISSIONÁRIO**, ficando entendido que as regras de procedimento entre a **OPERADORA** e o **PERMISSIONÁRIO** são objeto de instrumento particular, não integrando este **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO**. O **PERMISSIONÁRIO** compromete-se a instruir a **OPERADORA** quanto às obrigações entre as **PARTES** e o acesso de pessoas credenciadas pela **SRH-BA** à área da **BARRAGEM** e do **AHE Pedra do Cavalo**.

Parágrafo Único - O **PERMISSIONÁRIO** responde, perante o **PERMITENTE**, pelos atos ou fatos da **OPERADORA** que causem quaisquer danos, efetivos ou potenciais, ao patrimônio público estadual.

CLAUSULA 22: ENCARGOS SOCIAIS, TRABALHISTA, SEGURANÇA, HIGIENE, MEDICINA DO TRABALHO E MEIO AMBIENTE

As **PARTES** e a **SRH-BA** obrigam-se a respeitar e a fazer com que seus funcionários, empregados, terceirizados, contratados e prepostos respeitem as leis vigentes sobre Segurança, Saúde e Medicina do Trabalho e Meio Ambiente.

Parágrafo Único – Cada uma das **PARTES** e a **SRH-BA** é responsável pelos encargos sociais e trabalhistas dos empregados, terceirizados, contratados e/ou funcionários de seus respectivos quadros de pessoal utilizados na operação, manutenção e segurança da **BARRAGEM** e do **AHE Pedra do Cavalo**.

CLÁUSULA 23: COMUNICAÇÃO ENTRE O PERMISSIONÁRIO, A SRH-BA E A EMBASA

Qualquer aviso, comunicação ou notificação entre o **PERMISSIONÁRIO** e/ou a **SRH-BA** e/ou a **EMBASA**, será feita na forma descrita no **ANEXO 10** deste **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO**.

CLÁUSULA 24: PENALIDADES

Em caso de inadimplência, por qualquer das **PARTES**, de qualquer obrigação ou responsabilidade assumida em decorrência do presente **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO**, a **PARTE** prejudicada deverá notificar a **PARTE** inadimplente para que esta cumpra sua obrigação no prazo a ser acordado entre as **PARTES** para o cumprimento.

Parágrafo único – Caso a **PARTE** inadimplente não atenda a determinação no prazo definido em Acordo com a **PARTE** prejudicada ou, ainda, caso o inadimplemento da **PARTE** seja reiterado em prazo inferior a 90 dias, a **PARTE** prejudicada poderá, a seu exclusivo critério, apresentar requerimento formal à **ANEEL**, pleiteando a apuração e eventual punição da **PARTE** inadimplente pelo descumprimento de suas obrigações.

*** Comentário para uma avaliação superior e pela SRH-BA:**

A versão do "Termo" de 28/04/06, também lembrada pela Embasa, na versão de Nov.06, previa o seguinte texto para esta **CLÁUSULA – PENALIDADES**:

CLÁUSULA - PENALIDADES,

Pelo descumprimento das disposições legais, regulamentares e contratuais, pertinentes ao uso e operação da **UHE PEDRA DO CAVALO**, o **PERMISSIONÁRIO** está sujeito às penalidades de advertência e multa.

Parágrafo Primeiro - A toda aplicação de multa deve preceder uma advertência com antecedência mínima de 30(trinta) dias úteis. Sanada a irregularidade dentro deste prazo e inexistindo prejuízo a ser apurado, será suspensa a cobrança da penalidade pecuniária.

Parágrafo Segundo – A multa será aplicada pela **SRH-BA**, por infração incorrida, e consistirá em percentual de até 30% (trinta por cento) a incidir sobre o valor anual, devidamente atualizado, previsto na Cláusula Sexta do Contrato de Concessão nº19/2002, celebrado com a **ANEEL**.

Parágrafo Terceiro – A multa será aplicada de acordo com a gravidade da infração e prejuízo incorrido, conforme definição prevista.

CLÁUSULA 25: REVISÃO DO TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO

Este **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO** poderá ser revisto pelas **PARTES**, pela **SRH-BA** e pela **EMBASA**.

Parágrafo Primeiro - Quaisquer alterações nas disposições constantes neste **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO**, e/ou inclusão de novas disposições, deverão ser expressas em termo aditivo a este instrumento, a ser firmado pelas **PARTES** e **SRH-BA**, com interveniência da **EMBASA** e anuência da **ANEEL**.

CLÁUSULA 26: DISPOSIÇÃO FINAIS E TRANSITÓRIAS

I. O **PERMISSIONÁRIO**, a **SRH-BA** e a **EMBASA** comprometem-se a indicar, para a composição do **GRUPO CONSULTIVO – GC**, seus respectivos membros titulares e suplentes no prazo de 30 (trinta) dias, contados da data de assinatura deste **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO**;

II. O **PERMISSIONÁRIO** e a **SRH-BA** acordam que no prazo máximo de 180 (cento e oitenta) dias, contados da data de assinatura deste **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO**, definirão os documentos que serão mantidos e disponibilizados para consulta pública. Tais documentos irão compor o acervo técnico, em conformidade com as disposições constantes do **ANEXO 2**, parte integrante deste instrumento;

III. O **PLANO DE EMERGÊNCIA PARA SITUAÇÕES DE CHEIAS** será proposto pelo **PERMISSIONÁRIO** no prazo de até 90 (noventa) dias, contados da data de assinatura deste **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO**, devendo ser submetido a aprovação pela **AUTORIDADE COMPETENTE**, através da **SRH-BA**, com a intervenção da **EMBASA**, até 60 (sessenta) dias, contados da data de seu recebimento.

IV. As regras de operação do **BARRAGEM** e do nível do **RESERVATÓRIO**, previstas no **ANEXO 9** entrarão em vigor e serão aplicáveis a partir da data de assinatura deste **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO**, com previsão de revisão pelas **PARTES**, sob gerenciamento e fiscalização da **SRH-BA**, com intervenção da **EMBASA**, e anuência da **ANEEL**.

V. As Diretrizes e Atribuições para o Meio Ambiente, previstas na Cláusula 3, serão elaboradas pelo **PERMISSIONÁRIO**, em conjunto com a **SRH-BA**, no prazo de 60 dias, contados da data da assinatura deste instrumento.

VI. A **SRH-BA** deverá informar diariamente ao **PERMISSIONÁRIO** sobre a retirada de água para fins de abastecimento, bem como as previsões de retirada para os próximos 7 (sete) dias.

CLÁUSULA 27: SOLUÇÃO DE CONTROVÉRSIAS E FORO DE ELEIÇÃO

Quaisquer divergências entre as **PARTES**, a **SRH-BA** e/ou a **EMBASA**, oriundas da interpretação ou da aplicação deste **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO**, serão resolvidas amigavelmente entre as **PARTES**, a **SRH-BA** e/ou a **EMBASA**, observadas a preservação e a supremacia do interesse público.

Parágrafo Único: Para dirimir as dúvidas e controvérsias não solucionadas de modo amigável, fica eleito o Foro da Comarca de Salvador, com renúncia expressa das partes a qualquer outro, por mais privilegiado que seja.

E, por estarem assim justas e acordadas, as **PARTES**, com a fiscalização e gerenciamento da **SRH-BA**, intervenção da **EMBASA** e anuência da **ANEEL**, celebraram o presente **TERMO PROVISÓRIO DE PERMISSÃO DE USO E OPERAÇÃO** em 4 (quatro) vias originais em igual teor e forma, juntamente com as duas testemunhas infra-assinadas.

Salvador,

PERMITENTE:

ESTADO DA BAHIA

PERMISSIONÁRIO:

VOTORANTIM CIMENTOS LTDA.

SRH-BA:

SUPERINTENDÊNCIA DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DA BAHIA

INTERVENIENTE:

EMPRESA BAIANA DE ÁGUAS E SANEAMENTO S.A. - EMBASA

ANUENTE:

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL

TESTEMUNHAS:

Nome:

RG:

Nome:

RG:

ANEXO III

SIMULAÇÃO DA OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE PEDRA DO CAVALO – BA, PARA USOS MÚLTIPLOS, CONSIDERANDO-SE NÍVEIS DE ALERTA

SIMULAÇÃO DA OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE PEDRA DO CAVALO - BA, PARA MÚLTIPLOS USOS, CONSIDERANDO-SE NÍVEIS DE ALERTA: contribuições para balizamento do termo de permissão de uso e operação do aproveitamento hidrelétrico.

Paulo Romero Guimarães Serrano de Andrade¹

RESUMO --- O reservatório de Pedra do Cavalo, no Estado da Bahia, foi construído, principalmente, para controle de cheias, abastecimento de água, irrigação e a geração de energia elétrica. A entrada em operação da usina hidrelétrica Pedra do Cavalo impõe que a operação do reservatório seja conduzida sob a ótica do gerenciamento integrado, visando minimizar conflitos entre usuários e proporcionar o uso múltiplo das águas. Estudou-se a operação do reservatório sob diferentes cenários, considerando a sazonalidade das demandas de água relacionadas ao abastecimento humano, industrial, irrigação e geração de energia; a variabilidade de vazões afluentes, evaporação e precipitação direta no lago; as restrições impostas à geração de energia elétrica, os limites físicos e operacionais do reservatório e exigências ambientais. Para a simulação mensal da operação do reservatório, usou-se o aplicativo computacional HIDRO5. Estão diagnosticadas situações potencialmente limitadoras à operação de captações de água existentes no lago, com ênfase ao Sistema Integrado de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de Salvador. Os resultados alcançados recomendam balizadores à celebração do chamado acordo operativo que disciplinará a permissão de uso, operação e manutenção do aproveitamento hidroelétrico Pedra do Cavalo, preservadas vazões prioritárias para o abastecimento humano.

ABSTRACT --- The Pedra do Cavalo reservoir, located in the State of Bahia, Brazil, is a multipurpose project. Its uses include municipal water supply, mainly for the Região Metropolitana de Salvador, flood control and hydropower generation. This article presents the studie developed for the integrated reservoir management for an application of the software Hidro5, based in the alert storages targets. Legal, social, ambient and sustainability requirements related to the operation of the system, the physical constraints and the hydro-climatic conditions are considered in the Pedra do Cavalo reservoir behavior simulation. The results serve as support decision for the provide subsidies for the formulation of one operative agreement for minimize the conflicts for the use of the water Pedra do Cavalo reservoir, preserved the priority for the urban water supply systems operation.

Palavras-chave: operação de reservatórios, múltiplos usos, simulação.

1) Engenheiro civil (M.Sc. Recursos Hídricos) da Superintendência Metropolitana de Salvador - OM, Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. - EMBASA, Av. Dom Eugênio Sales, s/nº, 41715-340, Salvador -BA. E-mail: paulo.serrano@embasa.ba.gov.br.

1 - INTRODUÇÃO

Os reservatórios fluviais são os mais importantes elementos que compõem os sistemas de aproveitamento de recursos hídricos superficiais, sendo empregados para a redistribuição espacial e temporal da água, em quantidade e qualidade. Qualquer que seja o tamanho do reservatório, ou a finalidade da água acumulada, sua principal função é a de regulador, objetivando a manutenção da vazão dos cursos de água ou atendendo às variações da demanda dos usuários. O reservatório Pedra do Cavalo, no rio Paraguaçu, foi projetado para usos múltiplos, com o intuito principal de amenizar os efeitos negativos das enchentes provocadas em algumas cidades ribeirinhas, a jusante.

A EMBASA, até o ano de 2004, operou Pedra do Cavalo visando atender demandas hídricas do abastecimento doméstico, comercial, público e industrial, irrigação e uso ecológico, este associado à manutenção de descarga mínima no rio Paraguaçu visando assegurar a conservação da fauna e flora, mantendo ambientes propícios às atividades humanas e à preservação da harmonia paisagística. Com a entrada em operação da usina hidrelétrica (UHE) Pedra do Cavalo, a partir de 2005, com capacidade instalada de 160,00 MW, o reservatório agora é usado para mais uma finalidade que é a de funcionar como um importante centro gerador de energia elétrica.

A Agência Nacional de Águas e Energia Elétrica-ANEEL e a empresa Votorantim Cimentos Ltda., firmaram um contrato de concessão (ANEEL, 2002) para construção e exploração do aproveitamento hidrelétrico (AHE) Pedra do Cavalo. Segundo este contrato, com vigência de trinta e cinco (35) anos, a operação do reservatório, agora sob responsabilidade da Votorantim, deve respeitar, entre outros, os principais elementos: (i) N.A. Máximo Maximorum à cota 124,00m, (ii) N.A. Máximo Normal à cota 114,50m, (iii) N.A. Mínimo operacional à cota 106,00m, e (iv) Descarga mínima de 10,0 m³/s.

A EMBASA opera e mantém diversos sistemas de abastecimento de água que são alimentados a partir de captações existentes no reservatório Pedra do Cavalo, entre eles: o Sistema Integrado de Abastecimento de Água da Região Metropolitana (SIAA) de Salvador; o SIAA de Feira de Santana; a Zona Fumageira; a cidade de Santo Estevão; Antonio Cardoso e outras localidades, além de complexos industriais de grande porte. A população atendida é de quase 3,9 milhões de habitantes, observando-se que cerca de 60% da demanda de água da Região Metropolitana de Salvador (RMS) é suprida pelo sistema adutor de Pedra do Cavalo. Considerando os diversos usos da água, a demanda total é da ordem de 20,37 m³/s, excluídas a turbinagem e perdas por evaporação.

A derivação de vazões e os níveis operacionais que a Votorantim venha a praticar, no intuito da geração de energia elétrica, podem interferir no desempenho das referidas captações, o que já foi alvo de comunicados oficiais da EMBASA, onde se destaca, entre outras, a preocupação de que a cota 106,00m só deve ser usada em caráter excepcional. Até o ano de 2004, a EMBASA operou

Pedra do Cavalo com êxito, sempre procurando manter o nível da água à cota média de 116,00m, com o intuito de preservar a segurança operacional dos seus sistemas de abastecimento de água.

O gerenciamento do AHE Pedra do Cavalo, conforme o contrato de concessão, exige a celebração de um termo de responsabilidades que irá reger o relacionamento entre a Votorantim e o Estado da Bahia, no qual devem figurar a Superintendência de Recursos Hídricos-SRH/BA, como agente de fiscalização e gerenciamento, a Embasa, como parte interveniente, e a ANEEL, como anuente. O trabalho que aqui se apresenta foi conduzido no início das discussões finais para "Acordo Operativo", entre junho e setembro de 2005, momento em que a EMBASA era solicitada pela SRH-BA para apresentar, no mais curto prazo, sua análise e definições relevantes à minuta do referido termo. Por se tratar de um reservatório com atribuição de geração hidrelétrica, entre outros usos, a modelagem de otimização poderia ser formada pela união de diversas ferramentas hidrológicas, desde previsões de chuvas e vazões na bacia hidrográfica até modelagens hidrodinâmicas de propagação de cheias em canais fluviais, que requer grande quantidade de dados e longo tempo para o ajuste de uma modelagem do sistema hídrico.

Pela urgência requerida na ocasião, não fez parte do escopo do estudo focar a modelagem da operação do reservatório para previsões em tempo real, o que está sob a responsabilidade da Votorantim, conforme previsto na documentação consultada. Para o desenvolvimento do presente estudo foi utilizada a técnica da simulação, com ênfase na obtenção de informações para avaliar a operação do reservatório Pedra do Cavalo, respeitadas características físicas e as restrições operativas impostas. Como objetivo geral, buscou o estudo avaliar as disponibilidades hídricas do reservatório Pedra do Cavalo, para usos múltiplos, diagnosticando e quantificando elementos operacionais que possam interferir no bom desempenho dos sistemas de abastecimento de água da Embasa, recomendando subsídios para a celebração do "Termo de Permissão de Uso e Operação da Barragem do AHE Pedra do Cavalo", resguardada a prioridade de uso da água para o abastecimento humano, um dos fundamentos da Lei Federal Nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997.

2 - O SISTEMA HÍDRICO EM ESTUDO

O reservatório Pedra do Cavalo abrange terras dos municípios de Governador Mangabeira e Conceição da Feira, no Estado da Bahia. Localiza-se na parte baixa da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu, distando cerca de 2 km das sedes dos municípios de Cachoeira e São Félix, e 140 km de Salvador. A sua bacia hidrográfica (a maior do Estado) fica encravada na região centro-leste do estado da Bahia, cobrindo uma área de 55.317 km². A figura 1, apontando a localização do reservatório Pedra do Cavalo, apresenta uma configuração da bacia do rio Paraguaçu, com destaque para a sub-bacia do rio Jacuípe (área de drenagem de 12.602,61 km²).

2

A barragem foi iniciada na década de 1970 pela extinta Companhia de Desenvolvimento do Vale do Paraguaçu - DESENVALE, sendo concluída em 1985. É do tipo enrocamento, com núcleo argiloso, tem 460,0m de extensão, altura máxima de 142,5m e se localiza pelas coordenadas Latitude 12° 35' 12" Sul e Longitude 38°59' 55" Oeste.

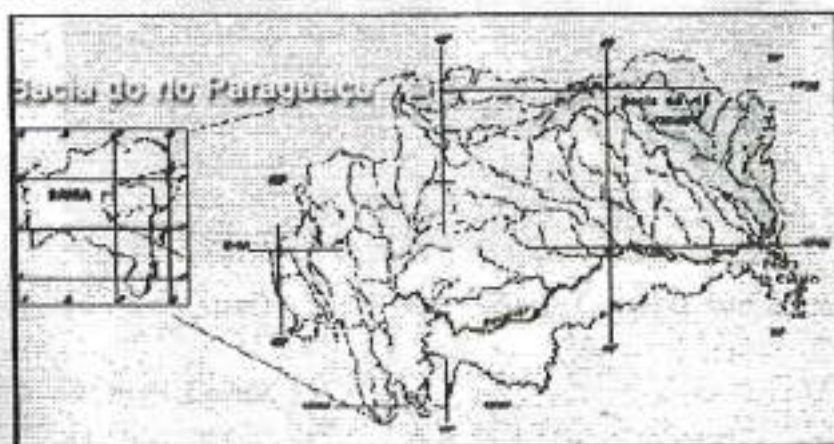


Figura 1 - Bacia hidrográfica do rio Paraguaçu

2.1 - Dados do reservatório.

A área de drenagem do reservatório Pedra do Cavalo é de 53.650 km². Os elementos operacionais adotados no estudo estão apresentados na tabela 1. A tabela 2 apresenta alguns valores da relação cota-área-volume do reservatório. A figura 2 ilustra uma vista geral da barragem, comportas, vertedouro e da represa do AHE Pedra do Cavalo.

Tabela 1 - Elementos operacionais básicos do reservatório Pedra do Cavalo.

Elementos operacionais		
Volume máximo maximorum	5.329,879 hm ³	Cota 124,0 m
Volume máximo normal	4.630,958 hm ³	Cota 120,0 m
Volume mínimo operacional (soleira do vertedouro)	2.765,651 hm ³	Cota 106,0 m
Descarga máxima para jusante	1.500,00 m ³ /s	-
Descarga ecológica	10,00 m ³ /s	-

Tabela 2- Alguns valores da relação cota-área-volume de Pedra do Cavalo.

Cota (m)	Área (km ²)	Volume (hm ³)	Cota (m)	Área (km ²)	Volume (hm ³)
90	65,232	1.424,765	116	145,752	4.012,841
105	103,176	2.660,852	120	163,307	4.630,958
106	106,424	2.765,651 ^(*)	122	174,731	4.968,995
110	119,418	3.217,335	124	186,154	5.329,879
115	141,363	3.869,285	125,5	194,722	5.615,536

(*) Cota 105m: NA mínimo da EEAB principal da Embasa; Cota 125,5m: coroamento da barragem.

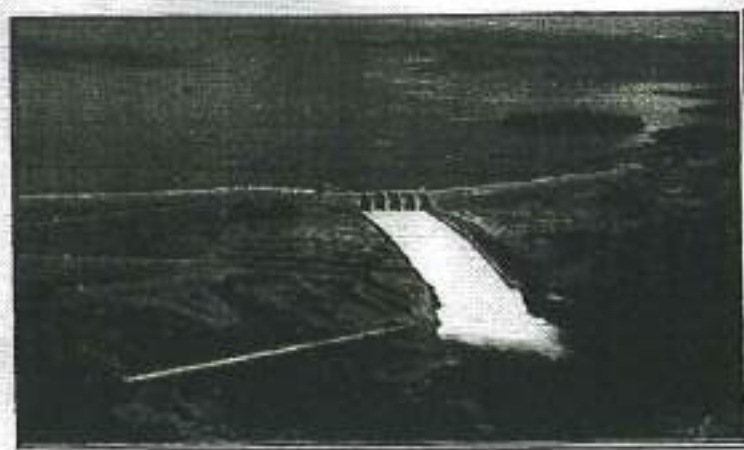


Figura 2 - Vista geral do reservatório Pedra do Cavalo (Fonte: Embasa).

2.2 - Dados da UHE Pedra do Cavalo

A UHE Pedra do Cavalo, com potência instalada de 160,0 MW, está equipada com duas turbinas do tipo Francis, de eixo vertical. Foram consideradas no estudo as vazões da curva de engolimento de cada unidade hidrogeradora, conforme tabela 3, sendo que a geratriz superior da boca da tomada d'água de cada unidade hidrogeradora está na cota 90,46m.

Tabela 3 - Características técnicas e operacionais da UHE Pedra do Cavalo.

Curva de engolimento máximo de cada turbina (2 turbinas tipo Francis, eixo vertical)		
Altura de queda líquida (m)	Vazão (m ³ /s)	Potência máxima (MW)
102,00	83,80	79,07
105,00	85,20	82,65
109,00	81,46	82,65
114,14	77,16	82,65
114,50	76,89	82,65
Turbinagem máxima de cada hidrogerador	85,20	82,65

Fonte: SRH-BA (2005).

É importante observar que o projeto da UHE concebe que o volume útil disponível para a geração de energia elétrica deve corresponder a uma diferença de cota de oito metros e meio (8,5m), considerando como cota mínima a cota 106,00m. A figura 3 apresenta uma vista de jusante da hidrelétrica e da subestação, e uma vista interna da casa de força da UHE Pedra do Cavalo.

2.3 - Dados hidrológicos utilizados

Para os objetivos do estudo, buscou-se coletar, qualificar e quantificar dados de estações hidrométricas existentes na região de influência direta do reservatório de Pedra do Cavalo.

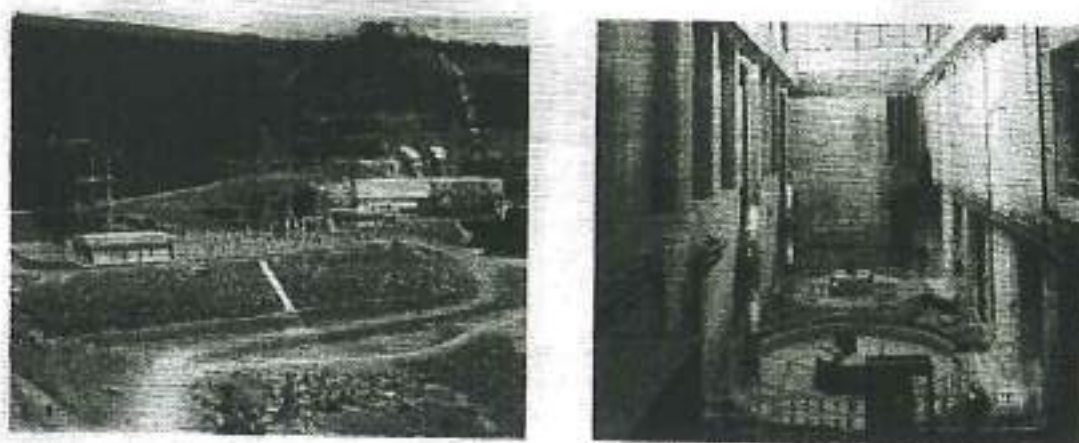


Figura 3 - Vista de jusante da hidrelétrica e subestação, e vista interna da casa de força
(Fonte: <http://www.pedradocavaloenergia.com.br>).

2.3.1 Precipitação direta

Os volumes mensais de água diretamente precipitados no reservatório são estimados através do produto entre áreas mensais de espelhos d'água e as correspondentes precipitações mensais que ali podem ocorrer. Os postos pluviométricos selecionados estão apresentados na tabela 4. A homogeneidade dos dados foi verificada pelo método de Dupla-Acumulativa. Para constituir uma série pluviométrica com de 55 anos de dados, mês a mês (de 1947 a 2001), o preenchimento de falhas foi feito pelo método da Ponderação Regional.

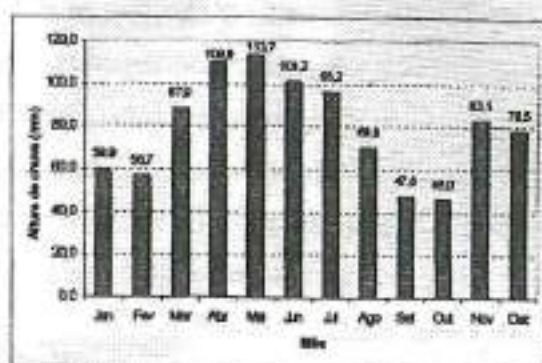
Tabela 4 - Postos pluviométricos utilizados.

Código	Posto	Coordenadas		Período com dados (*)
		Latitude	Longitude	
1238915	Pedra do Cavalo	12° 34'	38° 59'	1946 a 2004
1239916	Ponte Rio Branco	12° 14'	39° 03'	1937 a 2004
1239919	Santo Estevão	12° 26'	39° 14'	1963 a 2004
1239902	Argoim	12° 35'	39° 31'	1960 a 2004

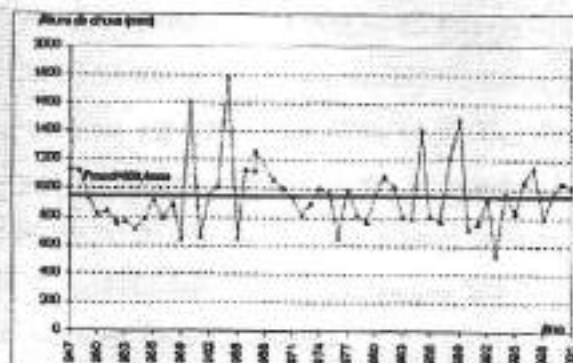
A figura 4 (a) mostra a distribuição da precipitação média mensal, ao longo do ano, na região do reservatório, evidenciando-se que o período mais seco vai de agosto a outubro e o período úmido vai de dezembro a julho, com maior pico de chuvas em maio. A figura 4 (b) apresenta a variação dos totais anuais de precipitação da série estudada, cuja média na área do reservatório foi estimada em 950,4mm.

2.3.2 Evaporação no reservatório

O volume evaporado no reservatório Pedra do Cavalo é calculado, a cada mês, no processo de simulação, com base na área do espelho d'água obtida a partir da curva cota-área-volume e dos valores de lâminas de evaporação média mensal apresentados na Tabela 5.



(a)



(b)

Figura 4 - Distribuição da precipitação média mensal e variação da precipitação anual

Tabela 5 - Evaporação média mensal no reservatório Pedra do Cavalo (mm)

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
154	142	162	156	149	127	110	101	101	119	129	146

Fonte: SRH-BA (2004)

2.3.3 Vazões afluentes

A partir do inventário de estações fluviométricas da Agência Nacional de Águas - ANA e de outros dados compilados junto à EMBASA e à SRH-BA, foram selecionadas as estações referidas na Tabela 6, as mais próximas ao reservatório de Pedra do Cavalo.

Tabela 6 - Estações fluviométricas consideradas no estudo

Rio	Código	Nome	Coordenadas		Área (Km ²)	Período com dados
			Lat.	Long.		
Paraguaçu	51350000	Argoim	12°35'08"	39°31'20"	37.245	1946 a 2004
Jacuipe	51460000	P. R. Branco	12°13'59"	39°02'46"	10.560	1929 a 2003

Para analisar se o regime hidrológico dos rios Paraguaçu e Jacuipe não se apresenta perturbado, por influências naturais ou artificiais, verificou-se a homogeneidade das séries de vazão médias anuais das duas estações, cobrindo o período de 1947 a 2001 (55 anos). Adotando-se um nível de significância de 5%, foram operados os seguintes testes não paramétricos às séries de vazão: (i) Teste de Aderência, de Kolmogorow-Smirnow (verifica se duas amostras provêm da mesma população), (ii) Teste de Frequência de Fases, de Wallis e Moore (examina se a amostra tem tendência central estacionária), e (iii) Teste "U", de Wilcoxon, Mann e Whitney - um teste bilateral, equivalente ao teste "t" de Student (examina se as amostras provêm de uma mesma população com respeito à tendência central). Os resultados obtidos mostraram que, no sentido da estatística, as séries fluviométricas analisadas não apresentam não-homogeneidades, o que autoriza utilizá-las como representativas para as estimativas de vazões afluentes ao reservatório Pedra do Cavalo.

Para os valores de vazões médias mensais consistidas, adotou-se subtrair as vazões passíveis de serem outorgadas ao longo dos dois cursos d'água, adotando-se o critério da SRH-BA que diz que a vazão máxima outorgável deve considerar o valor equivalente a 80% da Q90. Foram calculadas as Q90 das séries de vazões em Argoim e Ponte Rio Branco, como se apresenta na Tabela 7. Segundo informações da SRH-BA, em junho de 2005, definia-se, até a entrada do lago de Pedra do Cavalo, a vazão máxima outorgável de 8,22 m³/s, dos quais 5,0 m³/s já estavam alocados.

Tabela 7 - Vazão média mensal com 90% de permanência.

Estação	Código	Q90 (m ³ /s)	0,8*Q90 (m ³ /s)	Período de cálculo
Argoim	51350000	9,10	7,28	1946 a 2002
Ponte Rio Branco	51460000	1,52	1,21	1929 a 2002
Total		10,62	8,49	

Para gerar uma série de 660 meses de vazões médias mensais afluentes ao reservatório, foram usadas funções de transferência de vazão levando-se em conta, além das vazões estimadas para as estações Argoim e Ponte Rio Branco, fatores de proporcionalidade entre áreas de drenagem. As vazões afluentes para o reservatório Pedra do Cavalo, considerando o período de 1947 a 2001, já subtraídas de 80% Q90 em ambos os rios, foram estimadas pela equação:

$$Q_{pcjt} = Q_{pc1jt} + Q_{pc2jt} \quad (1)$$

onde,

Q_{pcjt} - Vazão afluente ao reservatório de Pedra do Cavalo no ano j, mês t;

Q_{pc1jt} - Vazão do rio Paraguaçu que aflui ao reservatório Pedra do Cavalo no ano j, mês t;

Q_{pc2jt} - Vazão do rio Jacuipe que aflui ao reservatório Pedra do Cavalo no ano j, mês t;

A vazão de longo período da série obtida pela equação 1 foi calculada em 97,5 m³/s. A figura 5 apresenta a hidrográfica de vazões médias mensais estimadas para o reservatório Pedra do Cavalo. Observa-se pela figura que as maiores vazões afluentes ocorrem entre os meses de novembro a abril, enquanto que as menores afluências acontecem entre os meses de maio a outubro, com a mínima ocorrendo em setembro.

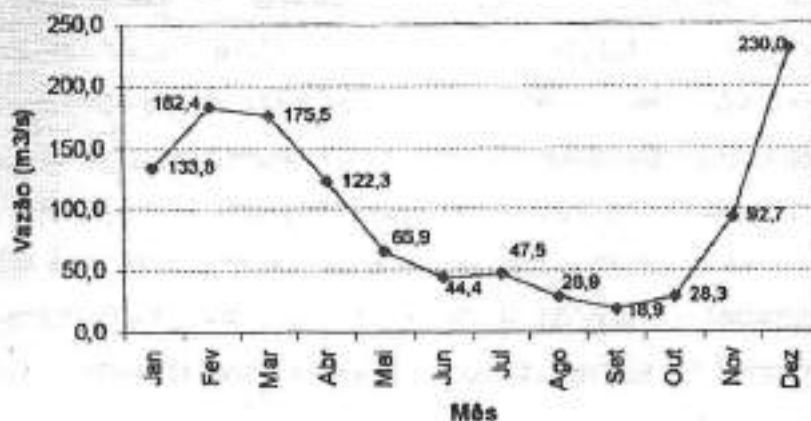


Figura 5 - Hidrográfica em Pedra do Cavalo (vazões médias mensais)

2.3.4 Infiltração

A infiltração no reservatório foi adotada como sendo de $1,00\text{m}^3/\text{s}$, conforme estudos realizados pela Universidade Federal da Bahia (2000).

2.3.5 Demandas

Fixada a capacidade efetiva atual de projeto da 1ª Etapa do Sistema Adutor de Água Bruta de Pedra do Cavalo, as demandas para 2005 estão apresentadas na tabela 8, considerando que a UHE opere de forma contínua duas turbinas, uma turbina, ou nenhuma delas, à medida de restrições operacionais possíveis de ser impostas ao reservatório.

Tabela 8 - Demandas de água do sistema Pedra do Cavalo

UHE operando com 2 Turbinas, continuamente							
Ano	Demandas (m^3/s)						
	Urbana		Irrigação (3)	Geração (4)	Ecológica (5)	Infiltr. (6)	Total (7)
	(1)	(2)					
2005	7,00	1,37	1,00	162,00	10,00	1,00	172,37
UHE operando com 1 Turbina, continuamente							
Ano	Demandas (m^3/s)						
	Urbana		Irrigação (3)	Geração (4)	Ecológica (5)	Infiltr. (6)	Total (7)
	(1)	(2)					
2005	7,00	1,37	1,00	81,00	10,00	1,00	91,37
UHE fora de operação							
Ano	Demandas (m^3/s)						
	Urbana		Irrigação (3)	Geração (4)	Ecológica (5)	Infiltr. (6)	Total (7)
	(1)	(2)					
2005	7,00	1,37	1,00	-	10,00	1,00	20,37

Para compreensão dos valores das colunas da Tabela 8, considere-se: Coluna 1 - capacidade efetiva atual de projeto do Sistema Adutor de Água Bruta de Pedra do Cavalo; Coluna 2 - demandas de outros sistemas a montante da barragem de Pedra do Cavalo, a partir de captações situadas no lago, considerando o SIAA de Feira de Santana, Santo Estevão, Antônio Cardoso, Zona Fumageira, Muritiba, Cabaceiras do Paraguaçu, Geolândia e Água de Ipuacu, de acordo com estimativas da EMBASA (2001); Coluna 3 - demanda de irrigação e usos difusos pouco significativos (dessedentação animal, etc.), de acordo com projeções da SRH/BA (2002); Coluna 4 - vazão média de engolimento de cada turbina (este valor aproxima-se da média das vazões de defluência turbinadas entre 01/04/05 a 14/04/05, conforme acompanhamento operacional do reservatório Pedra do Cavalo feito pela SRH-BA); Coluna 5 - vazão ecológica, suposta constante ao longo dos anos, que se considera conjugada à vazão turbinada, enquanto os níveis de água do reservatório possibilitem a geração de energia (abaixo desses níveis, ou pela não operação da UHE, a vazão ecológica tem que ser atendida mediante descargas operadas através das comportas); Coluna 6 - taxa

de infiltração admitida como constante, equivalente à perda de 2,592 hm³/mês; Coluna 7 - somatório dos valores das colunas 1 a 6.

Foram ainda avaliadas demandas para o horizonte de 2040 (Tabela 9), para uma condição em que, atendidas as demais demandas projetadas para o abastecimento dos SAA de montante, é fixada a vazão de 7 m³/s para o Sistema Adutor de Água Bruta de Pedra do Cavalo, liberado o rebaixamento do NA mínimo da Elevatória de Água Bruta (EEAB), atualmente à cota 105,00m. Neste cenário, considera-se que a demanda restante da Região Metropolitana de Salvador seria complementada pelo reservatório de Santa Helena, no rio Jacuipe, que tem capacidade de regularizar 8,80m³/s, desde que ampliada a capacidade de bombeamento da sua EEAB, atualmente projetada para 2,00 m³/s.

Tabela 9 - Demandas de água do sistema Pedra do Cavalo

Ano	Demandas (m³/s)						Total (7)
	Urbana		Irrigação (3)	Geração (4)	Ecológica (5)	Infiltr. (6)	
	(1)	(2)					
2040 **	7,00	2,78	3,00	162,00	10,00	1,00	175,78
2040 *	7,00	2,78	3,00	81,00	10,00	1,00	94,78
2040 #	7,00	2,78	3,00	-	10,00	1,00	23,78

** 2 turbinas operando; * 1 turbina operando; # sem turbina operando na UHE.

3 - METODOLOGIA E CENÁRIOS DE ESTUDO

O gerenciamento operacional de reservatórios visa propiciar o exercício eficiente e eficaz dos usos da água, adequando-os à disponibilidade hídrica para que os conflitos sejam atenuados, segundo Porto e Azevedo (1997). Na sua forma mais simples, o problema da operação de reservatórios passa pela necessidade de definir as relações entre as características das afluições ao mesmo, a sua capacidade de acumulação, as regras de liberação de água para atendimento das demandas e o grau de confiabilidade desejado para a sua operação. A revisão bibliográfica da literatura, conforme Lima e Lanna (2005), mostra que várias metodologias podem ser aplicadas na análise de reservatórios. Observa-se, entretanto, que apesar da gama de modelos existentes, não existe uma metodologia consagrada que possa ser utilizada para todas as configurações possíveis de sistemas, já que estas diferem sob vários aspectos. Sistemas de reservatórios de usos múltiplos são estudados no planejamento e operação, predominantemente, através de modelos de simulação, embora possam ser analisados, também, através da aplicação de modelos de otimização.

3.1 - Metodologia

Os resultados de uma modelagem de simulação e/ou otimização da operação de reservatórios podem ser fortemente influenciados por valores de variáveis de estado, como volumes armazenados no início do processo estudado, valores de restrições operacionais diversas, a exemplo de volumes,

4.

máximos e mínimos permitidos, além de que a vazão regularizada é fortemente condicionada à regra de operação adotada, segundo Andrade (2000). Uma regra padrão de operação onde o suprimento de água é simplesmente associado sempre que houver disponibilidade no reservatório, não fornece garantias no que concerne ao suprimento de água nos períodos críticos, quando a demanda tem que ser parcialmente atendida. McMahon e Main (1978) definem o termo "regra de operação" como a maneira com que as descargas são liberadas em função de outras variáveis de decisão, tais como o volume armazenado, a estação do ano e a previsão de afluentes ao reservatório, no futuro próximo. A figura 6 (a) mostra a regra padrão (ou regra míope) de operação com finalidade de atender 100% da demanda requerida, independentemente do armazenamento disponível no reservatório. A figura 6 (b) já considera uma regra de operação um pouco mais elaborada, onde o percentual da demanda a ser suprida varia com o armazenamento disponível, integrando o conceito de "Volume de Alerta", que significa um volume a partir do qual somente um percentual da demanda será suprido.

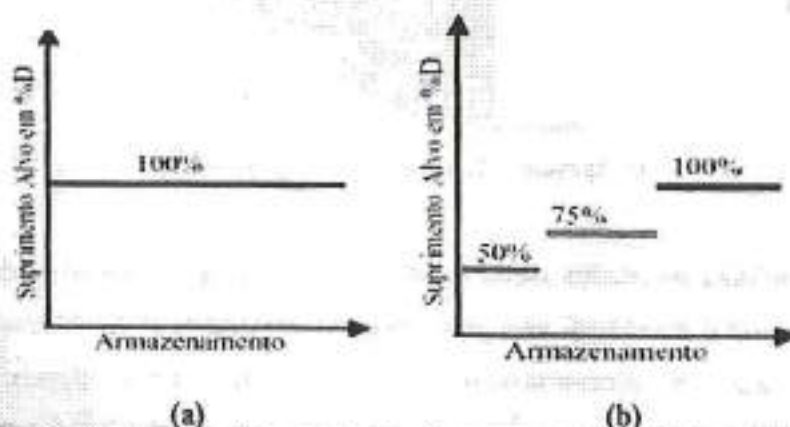


Figura 6 - Regras de operação em função do armazenamento (McMahon, 1978).

Neste estudo, optou-se pela modelagem de simulação da operação do reservatório, em base mensal. O aplicativo computacional selecionado foi o Hidro5, desenvolvido pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG/PB, considerando-se níveis de alerta. A variação dos volumes acumulados no reservatório Pedra do Cavalo é calculada de forma interativa, mês a mês, com base no princípio da conservação da massa. Uma restrição estabelece que o volume armazenado V_{rt} , em cada intervalo de simulação t , deve estar entre o volume máximo (ou a capacidade) K e o volume mínimo (ou o volume morto, real ou adotado) S_{min} do reservatório, ou seja:

$$S_{min} \leq V_{rt} \leq K \quad (2)$$

O Hidro5 requisita os seguintes dados: (i) as variáveis de entrada, que são os dados médios mensais de vazões afluentes, precipitação e evaporação do lago; (ii) as demandas mensais; (iii) os limites operacionais dos níveis do reservatório, etc. Precisam ser ainda informados os parâmetros do sistema, que são variáveis que o caracterizam, como o volume mínimo e a curva cota-área-volume

do projeto do reservatório. Variáveis de estado, como os volumes armazenados no reservatório, volumes evaporados, déficits hídricos, etc., são calculadas iterativamente durante a simulação. Variáveis de saída, como vazões liberadas para atendimento de uma certa demanda, a escassez hídrica no sistema, e estatísticas do período simulado (falhas no atendimento das demandas), são calculadas pelo modelo. Na "Planilha Alerta" do Hidro5, com base nas séries de dados hidrológicos fornecidos, podem ser simulados cenários de afluência e demanda, por processo de tentativa e erro, a partir dos quais é possível definir os níveis críticos de operação para o reservatório, que servirão para indicar o momento correto na tomada de decisões. Estes níveis são os chamados "Níveis de Alerta", como se ilustra na Figura 7.

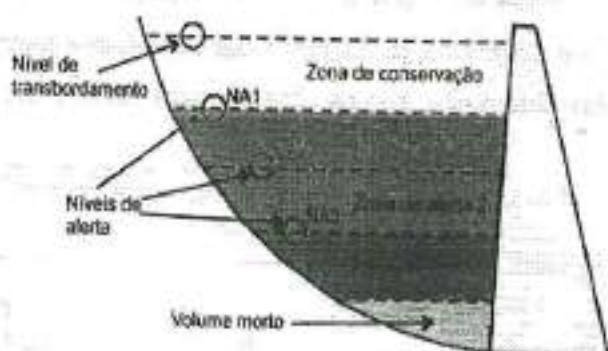


Figura 7 - Níveis de alerta no reservatório.

Na simulação do balanço hídrico mensal do reservatório, admitiu-se a turbinagem contínua e a manutenção de níveis de alerta constantes durante o ano, para determinar o nível (ou volume) até o qual se deveria atender a uma demanda alvo pré-determinada, em sua totalidade. Foram consideradas as demandas hídricas estimadas para os horizontes de 2005 e 2040. Diversos níveis (volumes) de alerta foram testados, a priori, variando desde a cota 115,0m até a cota 107,0m.

3.2 - Cenários de estudo

Para o estudo da operação, foram idealizados cenários de simulação, envolvendo diferentes situações climáticas, associadas a definições, presentes e futuras, de demandas do abastecimento urbano e industrial, irrigação, geração de energia e do atendimento da vazão ecológica a ser mantida no rio Paraguaçu. As análises foram também baseadas nas séries de valores médios mensais de registros pluviométricos, de evaporação e de vazões afluentes ao reservatório, compatibilizadas no tempo, observados elementos operacionais do reservatório e da UHE Pedra do Cavalo.

3.2.1 Situações climáticas

Com base na série de vazões afluentes estimadas para o reservatório, considerando o período 1947 a 2001, foram caracterizadas duas situações climáticas distintas: (i) média, representada pelas

vazões médias mensais da série 1947 a 2001 (660 meses), com vazão afluente de longo período estimada em $97,5 \text{ m}^3/\text{s}$; (ii) seca (período hidrológico crítico), representada pelas vazões médias mensais dos anos 1993 a 1996, com média de $30,1 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.2.1 Situações operacionais do reservatório

Na Figura 8 está apresentada a variação das cotas reais, ao fim de cada mês, dos níveis d'água registradas no reservatório Pedra do Cavalo entre janeiro de 1986 a fevereiro de 2005, onde se observa que ao término do mês de janeiro de 1994, final de um período de seca no Nordeste do Brasil, o N.A. do reservatório atingiu a cota 107,71m. Na Figura 9, para o mesmo período, apresenta-se curva de permanência dos N.A. pela qual se observa que, em torno de 90% do tempo, as cotas permaneceram maiores ou igual, aproximadamente, à cota 110,0m. Importante de registrar que estas duas figuras refletem uma situação na qual não existia ainda o AHE Pedra do Cavalo.

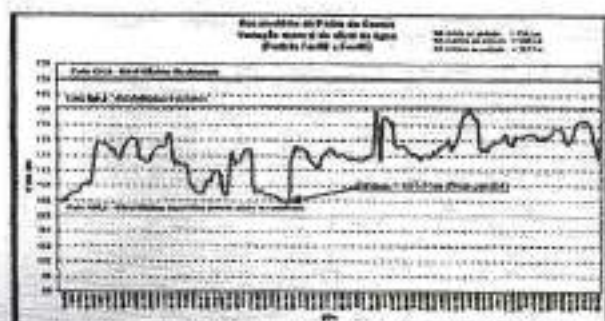


Figura 8- Cotas do N.A. (de 1986 a 2005)

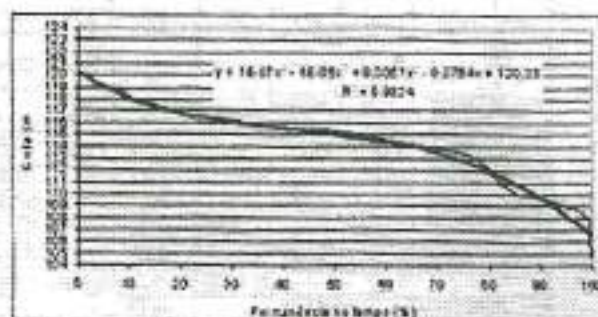


Figura 9- Curva de permanência no tempo

Na definição dos volumes iniciais (V_{ri}) para a simulação, foram analisados os registros de cotas dos N.A. no início de cada mês nos últimos vinte (20) anos. Foram testados os seguintes volumes iniciais (V_{ri}): $4.313,122 \text{ hm}^3$ (cota 118,00m), $3.869,285 \text{ hm}^3$ (cota 115,00m) e $3.464,948 \text{ hm}^3$ (cota 112,00m). Outras determinações operacionais foram consideradas na simulação, como a seguir: (i) vertimentos só ocorrerem à medida que o armazenamento superar a cota 124,00, não se preservando o volume de espera de $698,921 \text{ hm}^3$; (ii) níveis de alerta foram estabelecidos, ou seja: à cota 112,00m; cota 110,00m, cota 109m, cota 108,00m e cota 107,00m, a partir dos quais há restrição ao atendimento da demanda hídrica total (DT), ou seja, nestes níveis o modelo é forçado a só atender demandas reduzidas (D_t), ou demandas alvo, previamente determinadas; (iii) o volume morto do reservatório está considerado para a cota 106,00m, para adequação à modelagem, em que pese o N.A. mínimo operacional da EEAB da EMBASA, em Pedra do Cavalo, estar definido na cota 105,00m; (iv) onde não há atendimento para qualquer valor de demanda (vazão nula) o modelo define isso como um "colapso", conseqüentemente, o N.A. do reservatório atinge a cota 106,00m; (v) as falhas calculadas (conjuntos de valores, ou porcentagem), dizem respeito ao número de meses

em que o sistema fica em estado insatisfatório em relação ao atendimento da demanda, seja ela total, até o nível de alerta, ou reduzida, em cotas inferiores a esses níveis.

A Tabela 10 exemplifica os cenários básicos testados para o horizonte de 2005 e para o período hidrológico crítico (1993-1996). Em condições assemelhadas, simulou-se a operação do reservatório para o horizonte de 2040, com derivação de 7,00 m³/s para o Sistema Adutor de Água Bruta de Pedra do Cavalo, liberando o rebaixamento do N.A. mínimo da EEAB. É importante comentar que os cenários representam uma abordagem determinística, por considerar o futuro como conhecido através de registros do passado, não se considerando a aleatoriedade das variáveis hidrológicas envolvidas no processo.

Tabela 10 - Cenários básicos para a simulação.

PARÂMETRO OPERACIONAL	Un.	CENÁRIOS (Horizonte 2005)											
		Período Hidrológico (1987-2009)											
		2T			1T			2Tna			1Tna		
Cota do UH	m	118	115	112	118	115	112	115			115		
N.A. de restrição à operação Turbina	m	105	105	105	105	105	105	107	108	109	107	108	109
Demanda Total (DT)	m ³ /s	172,37	172,37	172,37	91,37	91,37	91,37	172,37	172,37	172,37	91,37	91,37	91,37
Demanda Reduz. (DR)	m ³ /s	-	-	-	-	-	-	20,37	20,37	20,37	20,37	20,37	20,37
Vmax (Cota 120)	hm ³	5.329,9	5.329,9	5.329,9	5.329,9	5.329,9	5.329,9	5.329,9	5.329,9	5.329,9	5.329,9	5.329,9	5.329,9
Vnormal (Cota 115)	hm ³	3.799,1	3.799,1	3.799,1	3.799,1	3.799,1	3.799,1	3.799,1	3.799,1	3.799,1	3.799,1	3.799,1	3.799,1
VAlerta1 (Cota 105)	hm ³	3.008,5	3.008,5	3.008,5	3.008,5	3.008,5	3.008,5	3.008,5	3.008,5	3.008,5	3.008,5	3.008,5	3.008,5
VAlerta2 (Cota 100)	hm ³	2.984,9	2.984,9	2.984,9	2.984,9	2.984,9	2.984,9	2.984,9	2.984,9	2.984,9	2.984,9	2.984,9	2.984,9
VAlerta3 (Cota 100)	hm ³	2.873,7	2.873,7	2.873,7	2.873,7	2.873,7	2.873,7	2.873,7	2.873,7	2.873,7	2.873,7	2.873,7	2.873,7
Vmorte (Cota 100)	hm ³	2.765,6	2.765,6	2.765,6	2.765,6	2.765,6	2.765,6	2.765,6	2.765,6	2.765,6	2.765,6	2.765,6	2.765,6
PARÂMETRO OPERACIONAL	Un.	Período Hidrológico Crítico (1993-1996)											
		1Ts			0Ts			0Tsc			0Tscrt		
		1Ts	0Ts	0Ts	1Ts	0Ts	0Ts	1Ts	0Ts	0Ts	1Ts	0Ts	0Ts
Cota do UH	m	109	109	108	107	109	108	108	105	105	105	105	105
N.A. mínimo	m	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
Demanda Total (DT)	m ³ /s	91,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Demanda Reduz. (DR)	m ³ /s	91,37	20,37	20,37	20,37	14,37	14,37	20,37	14,37	20,37	13,37	13,37	13,37
Vmorte	hm ³	2.765,6	2.765,6	2.765,6	2.765,6	2.765,6	2.765,6	2.765,6	2.765,6	2.765,6	2.765,6	2.765,6	2.765,6

0Ts - Sem Turbina, redução 50% da Qltidg, sem Qltidg, Vol. Morte na Cota 105.
 0Tsc - Sem Turbina, com demanda de Salvador, com Vol. Morte na Cota 100.
 0Tscrt - Sem Turbina, sem demanda de Salvador, com Vol. Morte na Cota 100.
 0Tscrt - Sem Turbina, sem Salvador, redução 50% da Qltidg, sem Qltidg.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados para os diferentes cenários de operação, possibilitaram analisar o desempenho do reservatório determinando-se valores mensais de volumes acumulados, cotas e áreas de espelho d'água, volumes evaporados, descargas de sangria, vazões liberadas para atendimento das demandas e volumes de escassez hídrica. Estatísticas de falhas no atendimento das demandas fixadas, foram avaliadas. Em que pese terem sido testados e obtidos respostas para todos os cenários idealizados, o resultados a seguir expostos restringem-se àqueles de maior significado para os objetivos e conclusões do estudo, evidenciando-se que os diferentes volumes iniciais (Vri) adotados não interferem no desempenho do sistema. Nos cenários 2Tna e 1Tna (na = nível de alerta), em cada zona de alerta, impôs-se restrições de atendimento à turbinagem pela UHE (seja para 2 ou uma 1 turbina), sendo testado pelo modelo o atendimento das demais demandas.

4.1 - Horizonte de 2005

- **Cenário 2T** (Vri na cota 115m, DT = 172,30 m³/s; Dt = 0,00 m³/s):

Zona de Alerta	Coef. de Alerta	Volume m ³	Def. de Garantia
NA1	0,58	3.099.324.639	1,00
NA2	0,56	2.984.732.240	1,00
NA3	0,54	2.873.870.757	1,00
Volume morto	-	2.765.651.000	0,00

Zona de transbordamento	
Zona de Conservação (ZC)	5.329.979.000
Demanda a ser atendida	100% da demanda
Vol. Mínimo	2.745.954.814 m ³
Vol. Evaporado	4.241.406.849 m ³
Vol. Escassez	148.226.484.769 m ³
Falhas NA1	24 falhas em 660 meses, ou 3,6% dos meses
Falhas NA2	43 falhas em 660 meses, ou 6,5% dos meses
Falhas NA3	163 falhas em 660 meses, ou 24,7% dos meses
Colapso	224 falhas em 660 meses, ou 33,9% dos meses

Zona de transbordamento	
Zona de Conservação (ZC)	5.329.979.000
Demanda a ser atendida	100% da demanda
Vol. Mínimo	2.745.954.814 m ³
Vol. Evaporado	4.241.406.849 m ³
Vol. Escassez	148.226.484.769 m ³
Falhas NA1	24 falhas em 660 meses, ou 3,6% dos meses
Falhas NA2	43 falhas em 660 meses, ou 6,5% dos meses
Falhas NA3	163 falhas em 660 meses, ou 24,7% dos meses
Colapso	224 falhas em 660 meses, ou 33,9% dos meses

Para este cenário, não se reduzindo a demanda nas zonas de alerta, a garantia de atendimento à demanda total (DT), incluindo o abastecimento humano, é de apenas 66,1%, ocorrendo colapso em 224 meses do período simulado.

- **Cenário 1T** (Vri na cota 115m, DT = 91,37 m³/s; Dt = 0,00 m³/s):

Zona de Alerta	Coef. de Alerta	Volume m ³	Def. de Garantia
NA1	0,58	3.099.324.639	1,00
NA2	0,56	2.984.732.240	1,00
NA3	0,54	2.873.870.757	1,00
Volume morto	-	2.765.651.000	0,00

Zona de transbordamento	
Zona de Conservação (ZC)	5.329.979.000
Demanda a ser atendida	100% da demanda
Vol. Mínimo	2.745.954.814 m ³
Vol. Evaporado	5.013.267.300 m ³
Vol. Escassez	26.054.925.486 m ³
Falhas NA1	sem falhas 660 meses, ou sem falhas
Falhas NA2	17 falhas em 660 meses, ou 2,6% dos meses
Falhas NA3	95 falhas em 660 meses, ou 14,4% dos meses
Colapso	80 falhas em 660 meses, ou 12,1% dos meses

Zona de transbordamento	
Zona de Conservação (ZC)	5.329.979.000
Demanda a ser atendida	100% da demanda
Vol. Mínimo	2.745.954.814 m ³
Vol. Evaporado	5.013.267.300 m ³
Vol. Escassez	26.054.925.486 m ³
Falhas NA1	sem falhas 660 meses, ou sem falhas
Falhas NA2	17 falhas em 660 meses, ou 2,6% dos meses
Falhas NA3	95 falhas em 660 meses, ou 14,4% dos meses
Colapso	80 falhas em 660 meses, ou 12,1% dos meses

Para este cenário, não se reduzindo a demanda nas zonas de alerta, a garantia de atendimento à demanda total (DT), incluindo o abastecimento humano, é de 87,9%, ocorrendo colapso em 80 meses no período simulado.

- **Cenário 1Tna** (Vri na cota 115m, DT = 91,37 m³/s; Dt = 20,37 m³/s):

No cenário 1Tna (Vri na cota 115m, DT=91,37 m³/s; Dt=20,37 m³/s), a Zona de Alerta 1, quando testada à cota 109,0m, resultou um risco de 1,2% para colapso do sistema. Diante do resultado, testou-se a operação do reservatório considerando que a Zona de Alerta 1 assumiria as cotas de 110,00m a 112,00 m, como mostrado na Figura 10 (a) e (b), respectivamente.

Zona de transbordamento	
Zona de Conservação (ZC)	6.329.879.000
	Demanda atendida 100% da desejada
Zona de alerta 2	
Cota 108	2.534.171.240
	Demanda a ser atendida 22,3% da desejada
Cota 107	2.534.171.240
	Demanda a ser atendida 22,3% da desejada
Vol. morto	2.769.851.800

Zona de transbordamento	
Zona de Conservação (ZC)	6.329.879.000
	Demanda atendida 100% da desejada
Zona de alerta 2	
Cota 108	1.054.711.720
	Demanda a ser atendida 10,2% da desejada
Cota 107	2.534.171.240
	Demanda a ser atendida 22,3% da desejada
Vol. morto	2.769.851.800

(a)

(b)

Figura 10 - Zonas de alerta 1 para os cenários 1Tna.

No cenário 1Tna, para o Nível de Alerta 1 à cota 110,0m, com demanda total $DT = 91,37 \text{ m}^3/\text{s}$, que se reduz para $Dt = 20,37 \text{ m}^3/\text{s}$ nas Zonas de Alerta, o risco de colapso no sistema é de 0,5%. Para o Nível de Alerta 1 à cota 112,0m, garante-se o atendimento da demanda $Dt = 20,37 \text{ m}^3/\text{s}$, sem falhas.

A Figura 11 apresenta as variações da demanda atendida e volume evaporado na represa em cada mês para o cenário 1Tna, com ZAI na cota 112,0m. Observa-se nesta condição que as demandas atendidas (linha azul) em alguns meses se limita a um nível mais baixo, quase constante, o qual corresponde à vazão reduzida $Dt = 20,37 \text{ m}^3/\text{s}$ (cerca de $54.573.766 \text{ m}^3/\text{mês}$), indicando pleno atendimento desta demanda. É importante observar que nos meses como Dezembro/93, Janeiro/94 e Fevereiro/94, em que pese não se registrar colapso no sistema, o reservatório é fortemente deplecionado, chegando o nível de água às cotas 107,54m, 107,21m e 107,06m, respectivamente, como calculado pelo modelo de simulação.

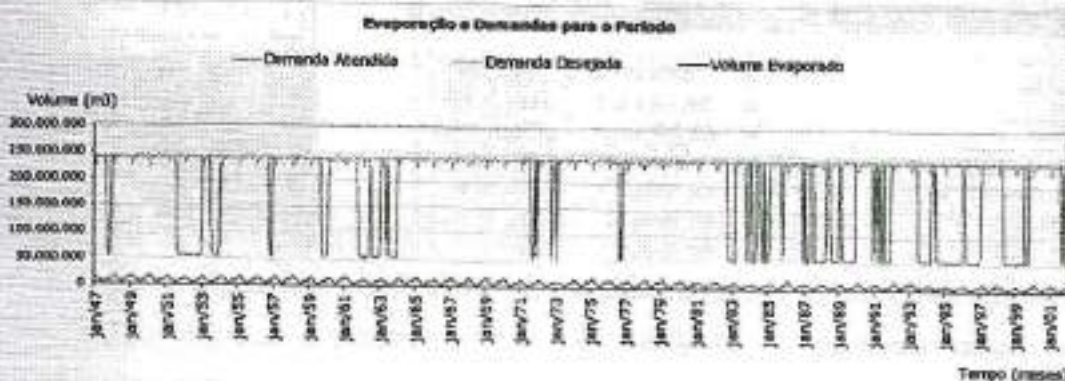


Figura 11- Variação de volumes e escassez do período (1Tna, ZAI na cota 112,0m).

4.1.1 Síntese dos resultados - horizonte 2005

A Figura 12 resume os riscos de colapso calculados para as diferentes condições testadas, por Níveis de Alerta (cotas de restrição para a geração de energia), onde colapso deve ser entendido como uma situação em que não há atendimento para qualquer valor de demanda, principalmente as demandas reduzidas.



Figura 11 – Riscos de colapso por zona de alerta

A Figura 13 dá uma idéia geral do comportamento das cotas de níveis de água no reservatório para as diferentes cotas de Níveis de Alerta testadas, a partir e abaixo das quais há restrição total à turbinagem. No nível de alerta na cota 112,00m, operando-se abaixo dele só o atendimento da demanda reduzida ($Dt=20,37 \text{ m}^3/\text{s}$), observa-se que com garantia da ordem de 95% a água na represa permanece em cotas superiores à cota 109,8m.

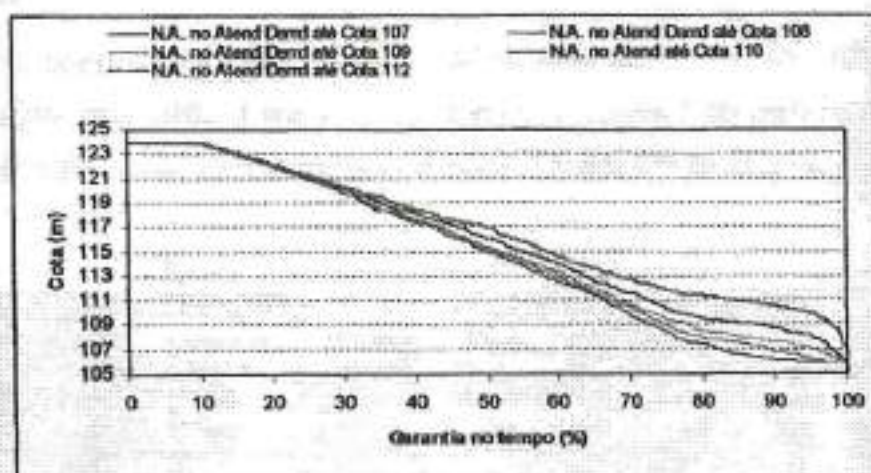


Figura 13 - Curvas de permanência de cotas de nível de água

4.2 Horizonte de 2040

Em condições assemelhadas aos cenários testados, foi simulada a operação para o horizonte de 2040, mantida a derivação de $7,00 \text{ m}^3/\text{s}$ para o Sistema Adutor de Pedra do Cavalo, sendo livre deplecionar o reservatório para cotas aquém da cota 106m, dentro das seguintes suposições: i) atender a demanda total ($DT=94,78 \text{ m}^3/\text{s}$), com turbinagem contínua, até a cota 106m; ii) abaixo da cota 106, só atender a demanda reduzida ($Dt=23,78 \text{ m}^3/\text{s}$), ou seja sem turbinagem. Para um volume morto ($2.185,583 \text{ hm}^3$) na cota 100,00m, os resultados podem ser vistos como a seguir:

Zona de transbordamento	
Zona de Conservação (ZC)	5.329.679.000
	Demanda atendida 100% da demanda
Zona de alerta 1	Cota 99,00
	Demanda a ser atendida 25,07% da demanda
Zona de alerta 2	Cota 98,00
	Demanda a ser atendida 25,07% da demanda
Zona de alerta 3	Cota 97,00
	Demanda a ser atendida 25,07% da demanda
Vol. morto	Cota 96,00 - 2.099.735.000

Estatísticas do Período: Vri na Cota 115m; DemTotal se até Cota 109	
Vol. Mínimo	2.182.406.624 m ³
Vol. Exponado	4.866.182.066 m ³
Vol. Escassez	28.923.180.813 m ³
Falhas NA1	sem falhas 660 meses, ou sem falhas
Falhas NA2	sem falhas 660 meses, ou sem falhas
Falhas NA3	221 falhas em 660 meses, ou 33,5% dos meses
Colapso	2 falhas em 660 meses, ou 0,3% dos meses

Para um volume morto de 2.099,735 hm³ (à cota 99,00m), os resultados podem ser vistos como a seguir, de onde se deduz que, para uma garantia de 100% no atendimento da demanda reduzida ($Dt=23,78 \text{ m}^3/\text{s}$), o nível mínimo da EEAB teria que ser rebaixado à cota 99,0m.

Zona de transbordamento	
Zona de Conservação (ZC)	5.329.679.000
	Demanda atendida 100% da demanda
Zona de alerta 1	Cota 99,00
	Demanda a ser atendida 25,07% da demanda
Zona de alerta 2	Cota 98,00
	Demanda a ser atendida 25,07% da demanda
Zona de alerta 3	Cota 97,00
	Demanda a ser atendida 25,07% da demanda
Vol. morto	Cota 96,00 - 2.099.735.000

Estatísticas do Período: Vri na Cota 115m; DemTotal se até Cota 106	
Vol. Mínimo	2.177.148.947 m ³
Vol. Exponado	4.866.624.005 m ³
Vol. Escassez	28.954.244.842 m ³
Falhas NA1	sem falhas 660 meses, ou sem falhas
Falhas NA2	sem falhas 660 meses, ou sem falhas
Falhas NA3	223 falhas em 660 meses, ou 33,8% dos meses
Colapso	sem falhas 660 meses, ou sem falhas

4.3 Período crítico

Pela tabela 11, deduz-se que, mesmo assegurando um nível de alerta na cota 109,00m, com a parada da turbinagem pela UHE (Cenário OT), ocorrem 4 colapsos no período de 49 meses simulados (risco de 8,2%), onde não é atendida a demanda reduzida $Dt=20,37 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabela 11 – Resultados para o período crítico.

RESULTADOS PARA O PERÍODO CRÍTICO (Jan/1993 a Jan/1997; 49 meses)						
Cenário	Cota Vol. Inicial-Mil (m)	Cota Vol. Morto (m)	Demanda Total - Dt (m ³ /s)	Nível Alerta - NA (Cota)	Demanda Reduzida - Dt (m ³ /s)	
1T	109	106	91,37	109	91,37	
OT	109	106	91,37		20,37	
	108	106	91,37		29,37	
OTr	108	106	91,37		14,37	
	107	106	91,37			

Obs. a) OTr: Dt = 14,37 m³/s (reduzindo 50% da OEcológica, suprimindo Oirrigação)
b) Em Jan/93 o NA esteve na Cota 109,0 m.

5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Apresentou-se neste trabalho uma abordagem metodológica baseada na técnica de simulação da operação de reservatório, com base e níveis de alerta, em que pese os cenários representarem uma abordagem determinística, vez que consideram o futuro como conhecido através de registros do passado, não se considerando a aleatoriedade das variáveis envolvidas no processo. Como conclusões, podem ser destacadas: (i) a metodologia empregada no estudo mostrou-se adequada,

atendendo os objetivos pretendidos; (ii) os resultados alcançados servem de balizadores à celebração do chamado "Acordo Operativo" que disciplinará a permissão de uso, operação e manutenção do aproveitamento hidroelétrico Pedra do Cavalo; (iii) na suposição da operação contínua da UHE, priorizado o abastecimento humano, o cenário mais conservador é o 1Tna, que estabelece o Nível de Alerta 1 para a cota 112,00m; (iv) na eventualidade da ocorrência de um período hidrológico crítico, visto o que ocorreu entre os anos de 1993 a 1996, torna-se imperativo não liberar vazões para a turbinagem, sendo recomendável ainda negociar reduções no atendimento da vazão ecológica e de vazões para a irrigação.

Como recomendações específicas para o "Acordo Operativo", podem ser sugeridas: (i) a consideração do termo Volume Mínimo Operativo, a ser definido pelas partes interessadas, expresso em milhões de m³, que corresponda ao nível d'água mínimo passível de ser operado pela UHE, considerando o compartilhamento dos recursos hídricos para usos múltiplos, com salvaguarda à garantia de vazões prioritárias para o abastecimento da RMS, Feira de Santana, Zona Fumageira e demais localidades atendidas pelas águas do reservatório Pedra do Cavalo; (ii) considerar que, com a finalidade de preservar a segurança operacional dos sistemas de abastecimento de água, a SRH-BA, com interveniência da Embasa, estabelecerá políticas de decisão para a operação do reservatório (iii) a cota 112,00m, a princípio, funcionará para fins da operação como um "Nível de Alerta" básico a ser observado no reservatório, para o que haverá permanente necessidade de serem feitas simulações hidrológicas do comportamento da bacia hidrográfica e do reservatório, em que sejam consideradas a situação climática reinante, as disponibilidades hídricas e a previsão de aflúncias ao reservatório, para um futuro próximo, a fim de possibilitar que a SRH-BA delibere sobre quais medidas operativas a tomar para otimizar o uso da água acumulada no reservatório, inclusive para uma operação caracterizada como energética; (iv) considerar que a SRH-BA, a depender das condições hidroclimáticas reinantes ou previstas para a bacia do Paraguaçu, poderá exercer a prerrogativa de intervir no gerenciamento da operação, definindo, inclusive, se necessário, eventuais reduções ou até a não liberação de vazões turbináveis pela UHE, a fim de garantir a continuidade do fornecimento de água para os usos prioritários do consumo humano e a dessedentação de animais; (v) a Votorantim deverá assumir custos decorrentes das adequações de operação, das instalações e equipamentos das captações da Embasa, no reservatório, que decorram do intuito da geração de energia elétrica, conforme já previsto no Termo de Ajuste Para Licitação da UHE Pedra do Cavalo; (vi) considerar que a SRH-BA poderá, com a interveniência da Embasa, a partir da assinatura do "Acordo Operativo", elaborar e, se for o caso, submeter à análise e aprovação da ANEEL, estudos técnicos que justifiquem a revisão do N.A. mínimo operacional (cota 106,00m) do reservatório. Em caso de aprovação da ANEEL, o operador da UHE compromete-se a observar o N.A. mínimo operacional então aprovado.;vii) considerar que será formado um Grupo

Consultivo com a participação de representantes da Votoratim, SRH-BA e da Embasa, e sua finalidade será discutir assuntos de interesses comuns relacionados com o AHE Pedra do Cavalo.

Como recomendações gerais, podem ser apontadas: (i) como a metodologia empregada utiliza apenas uma série de simulações baseada em vazões ocorridas no passado, o desenvolvimento de um modelo de otimização, ou uma simulação estocástica, acrescentaria maiores possibilidades de avaliar o comportamento do sistema em situações futuras, incluindo projeções de acréscimo das demandas do abastecimento e da irrigação; (ii) para outros estudos da operação do reservatório, segundo volumes de alerta, poderá ser tentado um esquema de otimização combinado com simulação a fim de que sejam determinados máximas retiradas e volumes de alerta que otimize a operação, minimizando perdas evaporativas devido a altos níveis de armazenamentos ou falhas devido a baixos volumes de alerta.

AGRADECIMENTOS

Pelo apoio concedido à realização deste trabalho, o primeiro autor agradece à Unidade Setorial de Suporte Técnico – OMT, à Superintendência Metropolitana de Salvador – OM e à Diretoria de Operações – DO da Empresa Baiana de Águas e Saneamento – Embasa.

BIBLIOGRAFIA

- ANDRADE, P. R.G. S. de. (2000). Operação integrada ótima do sistema hídrico Jucazinho - Carpina, para múltiplos usos - rio Capibaribe - PE. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. 226p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA-ANEEL (2002). Contrato de Concessão Nº 19/2002 – ANEEL.
- EMPRESA BAIANA DE ÁGUAS E SANEAMENTO-EMBASA. Ofício Nº 071/2001-DP, de 10/05/2001, encaminhada ao Diretor Geral da Superintendência de Recursos Hídricos - SRH/BA.
- LIMA, H. V. C., LANNA, A. E. L. L. (2005). Modelos para operação de sistemas de reservatórios: atualização do estado da arte. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre. v.10, n. 3, pp.5-22.
- McMAHON T. A., MEIN R. G. (1978). Reservoir Capacity And Yield, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam - Oxford - New York.
- PORTO, R.L. L., AZEVEDO, L. G. T. de. (1997). Sistemas de suporte a decisões aplicadas a problemas de recursos hídricos. In: Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos. Editora da Universidade / UFRGS – ABRH. Porto Alegre. pp.43-95.
- SUPERINTENDÊNCIA DE RECURSOS HÍDRICOS-SRH/BA. (2005). CE Nº 015/05-COPER, encaminhada à Diretoria de Operações da EMBASA.
- SUPERINTENDÊNCIA DE RECURSOS HÍDRICOS-SRH/BA. (2004). Sistema de Suporte a decisões para gerenciamento dos recursos hídricos das bacias dos rios Itapicuru e Paraguaçu. Relatório Final. pp.87-88.
- SUPERINTENDÊNCIA DE RECURSOS HÍDRICOS-SRH/BA. (2002). Comprometimento da Água da Barragem de Pedra do Cavalo e de suas Vazões Naturais Afluentes com Usos Múltiplos, documento elaborado pela Gerência de Gestão/SRH-BA.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA. (2000). Relatório Final - Revisão dos Estudos de Avaliação das Disponibilidades Hídricas da Bacia do Rio Paraguaçu. p.44.

ANEXO IV

**INVENTÁRIO DAS RESTRIÇÕES OPERATIVAS HIDRÁULICAS DOS APROVEITAMENTOS
HIDRELÉTRICOS**



Operador Nacional do Sistema Elétrico

INVENTÁRIO DAS RESTRIÇÕES OPERATIVAS HIDRÁULICAS DOS APROVEITAMENTOS HIDRELÉTRICOS

Operador Nacional do Sistema Elétrico
Diretoria de Planejamento Programação de Operação
Rua da Quitanda, 196/23º andar, Centro
20091-005 Rio de Janeiro RJ
tel (+21) 2203-9899 fax (+21) 2203-9423

© 2013/ONS
Todos os direitos reservados.
Qualquer alteração é proibida sem autorização.

ONS DPP-REL - 0013/2013

INVENTÁRIO DAS RESTRIÇÕES OPERATIVAS HIDRÁULICAS DOS APROVEITAMENTOS HIDRELÉTRICOS

Revisão-4 de 2013

VOTORNATIM ENERGIA

113 Pedra do Cavalo

Empresa: Votorantim Energia
Aproveitamento: Pedra do Cavalo
Rio: Paraguaçu

113.1 Restrições de montante

113.1.1 Nível máximo de montante

Restrição 1 – nível máximo de montante de 119,00m durante o mês de novembro

Durante o mês de novembro, que representa um período de transição entre o período seco e o chuvoso, inicia-se o processo de recuperação dos níveis do reservatório. Como neste mês já podem ocorrer vazões superiores a 1.500 m³/s é necessário por medida de segurança manter um pequeno volume de água para controle de cheias.

Recomenda-se, portanto, manter o reservatório durante o mês de novembro na cota máxima de 119,00 m. Esta cota somente poderá ser ultrapassada no caso das vazões afluentes serem superiores a vazão de restrição defluente (1.500 m³/s).

Neste caso a operação deverá manter uma vazão defluente de 1.500 m³/s até que o nível do reservatório retorne a cota 119,00 m.

Durante este período de transição será possível suportar uma vazão de restrição para jusante de 1.500 m³/s para cheias originárias de novembro que superem os 1000 anos de recorrência, sem ultrapassar a cota correspondente ao nível máximo normal de operação, 123,60 m.

Restrição 2 – nível máximo de montante de 114,50m entre os meses de dezembro e março

No período úmido que compreende os meses de dezembro a março, o reservatório deverá trabalhar com restrição operativa no seu nível para assegurar o amortecimento de uma cheia com um tempo de recorrência de 30 anos, com um pico de 4.533 m³/s, de modo a não liberar mais do que 1.500 m³/s de vazão defluente, vazão limite para que não ocorra inundação das cidades localizadas a jusante da barragem de Pedra do Cavalo.

Durante estes 4 meses o reservatório deverá manter o seu nível máximo na cota 114,50 m. Este nível permite suportar uma vazão afluente com pico de 4.533 m³/s (TR = 30 anos), garantindo a manutenção da vazão defluente de 1.500 m³/s, com o nível do reservatório atingindo a cota 120,31 m. Na ocorrência de uma cheia deste porte, levará, em média, 9 dias para esta cota ser atingida.

Restrição 3 – nível máximo de montante de 119,50m durante o mês de abril
O mês de abril representa a transição entre o período úmido e o período seco. Durante este mês foi observada apenas uma vez em 71 anos de observação vazões levemente superiores a vazão de restrição de 1.500 m³/s. Desta forma, ao chegar o mês de abril o reservatório passa a não ter mais restrição no seu nível operativo podendo operar no seu nível máximo normal de operação. Recomenda-se, entretanto, como uma segurança adicional, operar o reservatório durante este mês na cota 119,50 m. Entretanto, no caso de acontecer uma vazão afluyente superior a 1.500 m³/s a regra de operação deverá ser a de manter uma vazão defluente naquele valor até que o reservatório volte ao seu nível de segurança.

Restrição 4 – condicionante operativa em relação ao nível de montante – paralisação da geração para cotas inferiores à 113,00m no período de janeiro a março

Por solicitação da Superintendência de Recursos Hídricos da Bahia (SRH), no período de janeiro a março, caso o nível do reservatório atinja uma cota igual ou inferior a 113,00m, para-se a geração com o objetivo de preservar o armazenamento de água para assegurar o abastecimento humano às populações de Salvador, Feira de Santana e cidade circunvizinhas.

113.2 Restrições de Jusante

113.2.1 Vazões mínimas

Restrição 5 – Vazão defluente mínima de 10 m³/s

Com o objetivo de evitar danos ao meio ambiente e conforme contrato de concessão com a ANEEL N^o 19/2002 deve-se manter uma vazão defluente mínima de 10 m³/s.

113.2.2 Vazões máximas

Restrição 6 – Vazão defluente máxima de 1500 m³/s

A vazão máxima para evitar danos a pessoas e patrimônios a jusante é de 1500 m³/s.

ANEXO V
NOTA TÉCNICA Nº 007-12-COSEB-DIRAG



Nota Técnica nº 007-12-COSEB-DIRAG

Em 29 de junho de 2012

Assunto: Diretrizes para elaboração do
Plano Operativo da UHE de Pedra do
Cavalo.

I – OBJETIVO

1. O presente documento visa apresentar as recomendações da Diretoria de Águas – DIRAG, através da Coordenação de Segurança de Barragens - COSEB, para a elaboração do plano operativo da UHE de Pedra do Cavalo.

II – DOS FATOS

2. Em **29/07/2009** o Instituto de Gestão das Águas e Clima-INGÁ (atual INEMA), através da Coordenação de Estudos e Projetos-CEPRO da Diretoria de Planejamento de Recursos Hídricos-DPR, contratou a Universidade Federal da Bahia para elaborar Estudo do Regime de Vazões Ambientais à jusante da UHE de Pedra do Cavalo – Baía de Iguape.
3. Em **26/10/2009** a VENERGIA apresentou o Plano Operativo da UHE de Pedra do Cavalo.
4. Em **21/09/2010** o INGÁ (atual INEMA), através da Coordenação de Outorga-COOUT da Diretoria de Regulação (DIR), encaminhou a Nota Técnica Nº012/2010-COOUT/DIR/INGA aprovando o plano operativo apresentado pela Votorantim Energia conforme contrato de concessão.
5. Em **30/12/2010** o Instituto do Meio Ambiente-IMA (atual INEMA) solicitou ao INGÁ (atual INEMA) a revisão da aprovação do Plano Operativo recomendando que fossem levadas em consideração as restrições ambientais atinentes às alterações de faixas de salinidade (Of.DILIC Nº 4034/2010).
6. Em **04/05/2011** foi promulgada a Lei Estadual nº 12.212, de 04 de maio de 2011 que cria o Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - INEMA assumindo as funções do Instituto de Gestão das Águas e Clima – INGÁ e Instituto de Meio Ambiente – IMA.
7. Em **22/07/2011**, atendendo a solicitação da Diretoria de Regulação – DIRRE, a Diretoria de Águas - DIRAG encaminhou a DIRRE, com cópia para a Diretoria Geral – DIREG, o documento DIRETRIZES PARA O PLANO OPERATIVO



PROVISÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE PEDRA DO CAVALO – Relatório nº 001-2011 – COSEB/DIRAG/INEMA – CI-040/2011-Diretoria de Águas.

8. Em **09/09/2011**, atendendo a solicitação da DIRRE, a DIRAG encaminhou a Nota Técnica NT-002/2011-COSEB-DIRAG com recomendações para elaboração dos condicionantes para a licença da UHE de Pedra do Cavalo.
9. Em **10/02/2012** a DIRAG encaminhou a DIRRE a Nota Técnica NT-002/2012-COSEB-DIRAG com recomendações complementares para elaboração dos condicionantes para a licença da UHE de Pedra do Cavalo.
10. Em **05/03/2012**, o INEMA solicitou a Empresa Baiana de Águas e Saneamento – EMBASA, através do ofício DIRAG nº 00699/2012, o Estudo Técnico que definiu a cota de 113,0 m (cento e treze metros) como N.A. mínimo operacional para geração de energia.
11. Em **12/04/2012**, a EMBASA encaminhou para o INEMA a Nota Técnica nº 002/12-MAP informando que a cota de 113 m foi definida pela extinta SRH e apresentada na correspondência CE-042/05-DE, reiterando que a cota 106 m é o nível de água mínimo operacional do reservatório de Pedra do Cavalo e informando que a operação do reservatório deverá ser conduzida para nunca atingir a cota de 110,0 m (cento e dez metros).
12. Em **07/05/2012** foi realizada reunião com representante das seguintes instituições: INEMA, VENERGIA, SEMA, EMBASA, CASA CIVIL, ANA, ONS e CERB. Nesta reunião foram definidos 3 (três) níveis de segurança, visando o abastecimento humano, para a operação da UHE de Pedra do Cavalo, a saber: (i) Nível de Segurança 1 = 110,0 m; (ii) Nível de Segurança 2 = 109,0 m e (iii) Nível de Segurança 3 = 108,0 m.
13. Em **28/05/2012** as diretorias DIRRE, DIRAG e DIFIM reuniram-se para discutir aspectos ligados ao Licenciamento da UHE de Pedra do Cavalo. A DIRRE apresentou considerações em relação ao item V do Relatório nº 001-2011 – COSEB/DIRAG/INEMA - DIRETRIZES PARA O PLANO OPERATIVO PROVISÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE PEDRA DO CAVALO.
14. Em **28/05/2012**, com o objetivo de atender as ponderações apresentadas na reunião de 28/05/2012, a DIRAG encaminhou a DIRRE, com cópia a DIREG, a CI-038/2012 solicitando DESCONSIDERAR as recomendações do Relatório nº 001-2011 – COSEB/DIRAG/INEMA - DIRETRIZES PARA O PLANO OPERATIVO PROVISÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE PEDRA DO CAVALO.
15. Objetivando atender a solicitação da DIRRE de inclusão da sazonalidade nas diretrizes a serem propostas, em **29/05/2012** a COSEB/DIRAG/INEMA solicitou a UFBA que verificasse a possibilidade de apresentar uma sugestão de HIDROGRAMA (s) DE VAZÕES PRESCRITAS à jusante da UHE de Pedra do Cavalo.



16. Em **15/06/2012**, a UFBA encaminhou o ofício DEA/GRH 023/2012 recomendando verificar às consequências da aplicação de um regime de vazão obedecendo a determinadas restrições operacionais (Anexo I).
17. Em **28/06/2012**, a UFBA encaminhou o ofício DEA/GRH 028/2012 apresentando o HIDROGRAMA (s) DE VAZÕES PRESCRITAS à jusante da UHE de Pedra do Cavalo (Anexo II).

III. DO FUNDAMENTO LEGAL

A argumentação expressa nesta Nota Técnica é fundamentada nos seguintes instrumentos legais e regulatórios:

18. Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997 que apresenta em seus fundamentos que em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais e que a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas, e tem como um de seus objetivos a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.
19. Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens e apresenta no art. 8, inciso V, que as regras de operação dos dispositivos de descarga deverão estar contidos no Plano de Segurança de Barragem a ser elaborado e atualizado pelo empreendedor/operador da referida barragem.
20. Lei Estadual nº 11.612 de 08 de outubro de 2009 no seu Art. 52, inciso XVII que estabelece como competência do Instituto de Gestão das Águas e Clima – INGÁ aprovar e fiscalizar as condições e regras de operação de reservatórios, visando garantir o uso múltiplo dos recursos hídricos, conforme estabelecido no Plano Estadual de Recursos Hídricos e nos Planos de Bacias Hidrográficas;
21. Lei Estadual nº 12.212 de 04 de maio de 2011 que cria o Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - INEMA assumindo as funções do Instituto de Gestão das Águas e Clima – INGÁ e Instituto de Meio Ambiente-IMA.

III – CONSIDERAÇÕES

22. As considerações apresentadas nesta nota técnica estão baseadas nos seguintes documentos técnicos: (i) Regras de Operação do Reservatório do AHE Pedra do Cavalo anexo da VE-UHE Pedra do Cavalo 001/09 de 05 de janeiro de 2009-Anexo; (ii) Plano Operativo da UHE de Pedra do Cavalo de 26 de outubro de 2009; (iii) Relatório Técnico UHEPC nº 001/2006, (iv) Relatório Consolidado dos Programas Ambientais da UHE de Pedra do Cavalo de agosto de 2009, (v) Nota Técnica nº 002/12-MAP – EMBASA de 12/04/2012; (vi) Termo de Ajuste para Licitação da UHE de Pedra do Cavalo – Ofício nº 1161/01-SEINFRA/BA; (vii) Parecer Técnico dos Relatórios do “Programa de Manejo dos ecossistemas aquáticos e monitoramento Limnológico e da qualidade da água e



ictiofauna – UHE Pedra do Cavalo.” – Junho 2008 (viii) Análise Crítica do Plano Operativo de Pedra do Cavalo – 16/12/2009 e (ix) Inventário das restrições operativas hidráulicas dos aproveitamentos hidrelétricos – ONS, 2011.

23. O Estudo de Vazão Ambiental a jusante da UHE de Pedra do Cavalo foi contratado pelo INGÁ (atual INEMA) como parte do Programa Iguape Sustentável na época Coordenado pela Diretoria Sócio-Ambiental Participativa-DSP/INGA. Este estudo encontra-se atualmente em andamento já tendo sido entregue os seguintes produtos: (i) Plano de Trabalho, (ii) Volume 1 - Diagnóstico e Identificação do Problema, (iii) Volume 2 - Aspectos Socioeconômicos e Programação da Amostragem e (iv) Volume 3 - Aspectos Biológicos, Hidráulicos, Hidrológicos e Qualidade das Águas. O ofício DEA/GRH 028/2012 encaminhado pela UFBA apresenta as recomendações apresentadas abaixo. Estas recomendações tiveram por base os resultados dos estudos hidrológicos apresentados no relatório dos Aspectos Biológicos, Hidráulicos, Hidrológicos e Qualidade das Águas – Volume 3.

“Para anos secos: adoção de um pulso de vazão máxima de 400 m³/s, operada de forma a representar uma vazão média diária de 90 m³/s, no período entre os meses de dezembro e fevereiro.

Para anos úmidos: adoção de um pulso de vazão máxima diária de 1.500 m³/s, no período entre os meses de dezembro e fevereiro.

Para anos úmidos e secos: adoção de vazão mínima remanescente média diária de 10 m³/s, no período entre os meses de agosto e setembro.

Promover a comunicação dos valores das vazões operadas, com antecedência necessária para assegurar o conhecimento das mesmas pela população e sua previsibilidade.

Realizar o monitoramento contínuo dos parâmetros físico-químicos e bióticos a jusante da barragem, de forma a embasar o entendimento da resposta do ecossistema às vazões recomendadas, visando à redefinição dos valores de vazão recomendados, provisoriamente.”

24. Os principais usos do reservatório de Pedra do Cavalo são: abastecimento humano, manutenção da integridade ambiental à jusante, geração de energia, irrigação, navegação, pesca e lazer.

25. O reservatório de Pedra do Cavalo apresenta os seguintes níveis característicos: (i) Coroamento igual a 125,0 m (cento e vinte e cinco metros); (ii) nível de água máximo maximorum igual a 124,0 m (cento e vinte e quatro metros); (iii) nível de água máximo normal igual a 120,0 m (cento e vinte metros) e (iv) nível de água mínimo normal igual a 106,0 m (cento e seis metros).

26. A vazão mínima remanescente é 10 m³/s conforme definido no Termo de Ajuste para Licitação da UHE de Pedra do Cavalo – Ofício nº 1161/01-SEINFRA/BA



27. Os níveis de segurança para atendimento ao abastecimento humano foram definidos pela EMBASA e são Nível de Segurança 1 (NS1) correspondendo a cota do reservatório em 110 metros; Nível de Segurança 2 (NS2) correspondendo a cota do reservatório igual a 109 metros e Nível de Segurança 3 (NS3) correspondendo a cota do reservatório em 108 metros. Sendo que o reservatório no Nível de Segurança 1 (NS1), já apresenta comprometimento do abastecimento humano.
28. O nível de água mínimo operacional para geração de energia de 113,0 m (cento e treze metros) aparece em vários dos documentos citados no item 22. Contudo nenhum dos relatórios é conclusivo em relação à definição desta cota. De acordo com a EMBASA este nível foi definido pela extinta Superintendência de Recursos Hídricos-SRH visando assegurar o abastecimento humano. Esta cota foi definida preliminarmente e caberia ao permissionário efetuar simulações hidrológicas para possibilitar deliberação futura da SRH. Por outro lado, o inventário das restrições operativas hidráulicas dos aproveitamentos hidrelétricos publicado pela ONS em 2011 apresenta a seguinte restrição:
- “Restrição 4 – condicionante operativa em relação ao nível de montante – paralisação da geração para cotas inferiores à 113,00m no período de janeiro a março.***
- Por solicitação da Superintendência de Recursos Hídricos da Bahia (SRH), no período de janeiro a março, caso o nível do reservatório atinja uma cota igual ou inferior a 113,00m, pára-se a geração com o objetivo de preservar o armazenamento de água para assegurar o abastecimento humano às populações de Salvador, Feira de Santana e cidades circunvizinhas.”***
29. Os estudos com modelos hidrodinâmicos para escoamento de regime não permanente, cujos resultados estão citados no relatório de Regras de Operação do Reservatório do AHE Pedra do Cavalo anexo da VE-UHE Pedra do Cavalo 001/09 de 05 de janeiro de 2009, define que a máxima vazão defluente da barragem que não causa danos as cidades localizadas à jusante é de 1.500,0 m³/s (mil e quinhentos metros cúbicos por segundo). Este mesmo relatório define que a cota 114,5 m (cento e quatorze vírgula cinco metros) garante um volume de espera seguro para amortecer a cheia com recorrência 30 (trinta) anos, sem que as vazões defluentes ultrapassem a restrição de 1.500,0 m³/s (mil e quinhentos metros cúbicos por segundo).
30. O período úmido corresponde aos meses de dezembro a março e o período seco corresponde aos meses de abril a novembro, sendo novembro o mês de transição entre o período seco e o chuvoso e abril a transição entre o período chuvoso e seco.
31. A Reserva Extrativista Marinha da Baía de Iguaçu está à jusante da UHE de Pedra do Cavalo e foi criada através do Decreto s/n de 11 de agosto de 2000.
32. As restrições ambientais atinentes às faixas de salinidade compatíveis com a integridade da comunidade biótica da Baía de Iguaçu são apresentadas nos



documentos avaliados no item 22. Os documentos fazem referência a faixas de vazão com reflexo na dinâmica da intrusão salina, a saber:

“... indicação de estratificação na Baía de Iguaçu para vazões acima de 73 m³/s, o que pode estar influenciando o comportamento ecológico”

“Em todas as áreas amostradas, houve um padrão relativamente concordante que indica influência de vazões superiores a 80 m³/s sobre a população pesqueira”

“As duas turbinas, cujo volume de água liberado atinge um total de 156 m³ s⁻¹, sejam limitadas à utilização para a geração de energia no período das cheias. As turbinas devem ter prioridade de abertura sobre as comportas, permanecendo em funcionamento enquanto a barragem estiver em operação de controle de cheia.”

“Uma turbina (78 m³ s⁻¹) seja utilizada de forma plena após o período de cheia quando a vazão afluente a barragem superar o valor de 78 m³ s⁻¹”

“Estágios parciais de geração de energia com uma turbina podem ser utilizados, adotando o valor de vazão liberada na UHE igual ou menor que a vazão afluente a barragem.”

IV – RECOMENDAÇÕES

33. A operação do reservatório de Pedra do Cavalo deverá buscar o atendimento aos usos múltiplos e ser conduzida de modo a não comprometer o abastecimento humano, ou seja, não deverá atingir a cota de 110,0 m (cento e dez metros) correspondendo ao nível de segurança 1 (NS1).
34. A vazão mínima remanescente média diária deverá ser de 10 m³/s (dez metros cúbicos por segundo).
35. A vazão turbinada média diária deverá ser de no máximo 60 m³/s (sessenta metros cúbicos por segundo), sendo que a vazão máxima diária não deverá superar os 80 m³/s (oitenta metros cúbicos por segundo).
36. A operação do reservatório deverá ser conduzida de modo a representar a sazonalidade natural do rio, assim entre os meses de dezembro e fevereiro deverá ser liberada uma vazão para jusante que corresponda a um pulso de vazão que represente a cheia anual seguindo as seguintes restrições: (i) em anos úmidos entre os meses de dezembro e fevereiro deverá ser liberada uma vazão para jusante que corresponda a 01 (um) pulso de vazão máxima diária de 1.500 m³/s, (ii) em anos secos, entre os meses de dezembro e fevereiro, deverá ser liberada uma vazão para jusante que corresponda a (01) um pulso de vazão máxima diária de 400 m³/s, operada de forma a representar uma vazão média diária de 90 m³/s, no período entre os meses de dezembro e fevereiro e (iii) em anos normais, entre os meses de dezembro e fevereiro, deverá ser liberada (01) um pulso de vazão máxima diária de valor superior a 400 m³/s.
37. Nos meses de janeiro a março, quando o reservatório atingir valores inferiores a cota de restrição de 113,0 m (cento e treze metros), a vazão turbinada média



diária deverá ser de 10 m³/s (dez metros cúbicos por segundo), sendo que a vazão máxima diária não deverá superar os 80 m³/s (oitenta metros cúbicos por segundo).

38. Visando a segurança da barragem e a manutenção do volume de espera, valores superiores as vazões restritivas apresentadas no item 35 poderão ser praticadas sempre que for constatada a ocorrência de cheia. Nesta situação a operação da barragem deverá ser conduzida de modo a buscar a manutenção do nível 114,5 m (cento e quatorze vírgula cinco metros), respeitando sempre que possível o limite de 1.500,0 m³/s (mil e quinhentos metros cúbicos por segundo) para a vazão defluente. As vazões restritivas apresentadas no item 35 poderão ser superadas também para o atendimento ao disposto no item 36 referente ao pulso de vazão que representa a cheia anual.
39. Sempre que for necessário adotar os procedimentos dos itens 36, 37 e 38 o operador da barragem deverá comunicar as manobras de operação ao Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – INEMA.
40. A Votorantim deverá apresentar ao INEMA o Plano Operativo da UHE de Pedra do Cavalo seguindo as orientações do documento intitulado Diretrizes para elaboração do Plano Operativo da UHE de Pedra do Cavalo.
41. O INEMA deverá realizar o monitoramento contínuo dos parâmetros físico-químicos e bióticos a jusante da barragem, de forma a embasar o entendimento da resposta do ecossistema às vazões recomendadas, visando à redefinição dos valores de vazão recomendados.
42. Formação de um Grupo Técnico Permanente de Acompanhamento da Operação Hidráulica da Bacia do Rio Paraguaçu a ser composto no mínimo pelos seguintes entes: INEMA, CERB, EMBASA, Votorantim Energia, ONS, Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu, ICMBio, Colônia de Pesca Santiago do Iguape e Z07. Um grupo de trabalho semelhante foi criado na Bacia do Rio São Francisco - Grupo de Trabalho Permanente de Acompanhamento da Operação Hidráulica da Bacia do Rio São Francisco – GTOSF.
43. Verificação das conseqüências do regime de vazão proposto no atendimento aos usos outorgados.

V - CONCLUSÕES

44. As recomendações apresentadas nesta Nota Técnica basearam-se principalmente nos resultados dos estudos técnicos apresentados no item 22 e não esgotam todos os aspectos a serem observados. Assim para a elaboração das DIRETRIZES deverão ser consultadas outras áreas de conhecimento, em especial a coordenação responsável pela regulação dos usos da água na Bacia Hidrográfica do rio Paraguaçu (outorga) e complementarmente a Coordenação de Monitoramento de Recursos Ambientais e Hídricos.



45. Alguns estudos técnicos apresentados no item 22 estão desatualizados, como por exemplo, o mapeamento das áreas inundáveis e da ocupação do solo a jusante da barragem, que interferem diretamente no cálculo da vazão de restrição de 1.500 m³/s. A atualização deste estudo foi sugerida pela DIRAG na Nota Técnica NT-002/2012-COSEB-DIRAG.
46. Atendendo a solicitação da DIRRE segue em anexo a **minuta** das DIRETRIZES para elaboração do Plano Operativo da UHE de Pedra do Cavalo (Anexo III).
47. O documento DIRETRIZES PARA O PLANO OPERATIVO PROVISÓRIO DA UHE DE PEDRA DO CAVALO (minuta) já apresenta as considerações solicitadas pela DIRRE referente à sazonalidade e restrição de vazão atinentes as faixas de salinidade compatíveis com a integridade da comunidade biótica da Baía do Iguape. Cabe salientar que estas restrições podem interferir no atendimento aos usos outorgados do reservatório, em especial o abastecimento humano. Como o Estudo do Regime de Vazões Ambientais à jusante da UHE de Pedra do Cavalo – Baía de Iguape ainda não foi concluído e a interferência nos usos múltiplos só será verificada na fase de negociação, as diretrizes propostas apresentam restrições que não foram simuladas.
48. O PLANO DE OPERAÇÃO da barragem deverá ser elaborado pelo operador da barragem atendendo aos condicionantes do licenciamento, que por sua vez reportam-se as condições de operação/simulação do atendimento aos usos da água verificados na avaliação da disponibilidade hídrica para a outorga.
49. O Plano de Operação da UHE de Pedra do Cavalo deverá ser revisto após a conclusão do Estudo do Regime de Vazões Ambientais à jusante da UHE de Pedra do Cavalo – Baía de Iguape objeto de contrato com a UFBA – Contrato nº 012/2009.

À consideração superior,

Maria Quiteria Castro de Oliveira

(Coordenação de Segurança de Barragens)

De acordo,

Maria Amélia Mattos Lins

(Diretoria de Águas)



**ANEXO I – OFÍCIO DEA/GRH 023/2012 – Escola Politécnica/UFBA –
Restrições operacionais à montante e à jusante de Pedra do Cavalo**



GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE – SEMA
INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – INEMA



DEA/GRH 023/2012

Salvador, 15 de junho de 2012.

Ao,

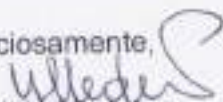
Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - INEMA
Diretoria de Águas
Att. Senhora Maria Amélia Lins

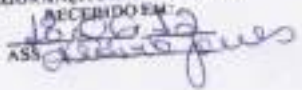
Prezada Diretora,

Solicita-se que seja feita uma consulta à Votorantim sobre as consequências da aplicação de um regime de vazão obedecendo às seguintes restrições operacionais:

- Restrições de montante:
 - nível mínimo operacional para geração de energia de 113,0 m, no período de janeiro a março.
 - a operação do reservatório deverá buscar o atendimento aos usos múltiplos e ser conduzida de forma a não comprometer o abastecimento humano, ou seja, não deverá atingir o nível mínimo de água de 110 m.
- Restrições de jusante:
 - vazão mínima remanescente média diária de 10 m³/s;
 - em anos úmidos: um pulso de vazão máxima diária de 1.500 m³/s, entre os meses de dezembro e fevereiro;
 - em anos secos: um pulso de vazão média diária de 90 m³/s, entre os meses de dezembro e fevereiro.

Atenciosamente,


Yvonilde Medeiros
Coordenadora do Projeto
Departamento de Engenharia Ambiental - UFBA

INEMA/COORDENAÇÃO DE
SEGURANÇA DE BARRAGENS
RECEBIDO EM:
ASS. 



ESCOLA POLITÉCNICA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
Rua Aristides Novis, C2 - 4º andar - Federação - Salvador-BA - CEP. 40210-630
Tel: (71) 3283-9787 Fax: (71) 3245-9927 - E-mail: grh@ufba.br





ANEXO II – OFÍCIO DEA/GRH 028/2012 – Escola Politécnica/UFBA –
HIDROGRAMA (s) DE VAZÕES PRESCRITAS à jusante da UHE de Pedra
do Cavalo



GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE – SEMA
INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – INEMA



DEA/GRH 028/2012

Salvador, 27 de junho de 2012.

Ao,
Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - INEMA
Diretoria de Águas - Coordenação de Segurança de Barragens

Att. Maria Quitéria Castro de Oliveira

Ref: Hidrograma de Vazões Prescritas

Prezada Coordenadora,

Em atendimento a solicitação do INEMA, de 29/05/2012 referente ao Hidrograma de Vazões Prescritas da UHE-PC e considerando-se:

1. Os resultados preliminares do ESTUDO DO REGIME DE VAZÕES AMBIENTAIS A JUSANTE DA UHE DE PEDRA DO CAVALO – BAÍA DE IGUAPE;
2. A necessidade de garantir a sazonalidade natural das vazões do rio Paraguaçu, no trecho a jusante da UHE de Pedra do Cavalo;
3. As recomendações de vazão máxima de restrição ($1.500 \text{ m}^3/\text{s}$) para teste da calha, constante no Plano De Emergência Para Situações de Cheia – PAE, 6985-RT-G00-001, R2 - Setembro / 2007;
4. As cotas de restrição estabelecidas em função dos usos múltiplos do reservatório;
5. O caráter provisório dos valores de vazão apresentados neste parecer.

Recomenda-se:

- Para **anos secos**: adoção de um pulso de vazão máxima de $400 \text{ m}^3/\text{s}$, operada de forma a representar uma vazão média diária de $90 \text{ m}^3/\text{s}$, no período entre os meses de dezembro e fevereiro.

Esta vazão média diária corresponde a uma vazão com permanência de 60% na calha do rio (Q60) no mês de dezembro, considerando o período com disponibilidade



ESCOLA POLITÉCNICA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
Rua Aristides Novis, 02 - 4º andar - Federação - Salvador-BA - CEP. 40210-630
Tel: (71) 3283-8787 Fax: (71) 3245-9927 - E-mail: grh@ufba.br





GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE – SEMA
INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – INEMA



de dados (1964 a 1977), anterior a implantação da barragem de Pedra do Cavalo. A vazão Q60 é indicada, como vazão de manutenção do ecossistema aquático, no *Manual for the Building Block Methodology* (KING et al., 2008);

- Para anos úmidos: adoção de um pulso de vazão máxima diária de 1.500 m³/s, no período entre os meses de dezembro e fevereiro.
- Para anos úmidos e secos: adoção de vazão mínima remanescente média diária de 10 m³/s, no período entre os meses de agosto e setembro.
- Promover a comunicação dos valores das vazões operadas, com antecedência necessária para assegurar o conhecimento das mesmas pela população e sua previsibilidade.
- Realizar o monitoramento contínuo dos parâmetros físico-químicos e bióticos a jusante da barragem, de forma a embasar o entendimento da resposta do ecossistema às vazões recomendados, visando à redefinição do hidrograma de vazões prescritas, provisoriamente.

Sem mais para o momento, colocamo-nos a disposição para esclarecimentos.

Atenciosamente,


Yvonilde Medeiros
Coordenadora do Projeto
Departamento de Engenharia Ambiental - UFBA



ESCOLA POLITÉCNICA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
Rua Aristides Novis, 02 - 4º andar - Federação - Salvador-BA - CEP. 40210-630
Tel: (71) 3283-9787 Fax: (71) 3245-9927 - E-mail: grh@ufba.br





ANEXO III – Minuta das Diretrizes para elaboração do Plano Operativo da UHE de Pedra do Cavalo



(Minuta) – recomendado submeter a considerações/complementação da DIREG/DIRRE/DIFIM

DIRETRIZES PARA O PLANO OPERATIVO
PROVISÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE PEDRA
DO CAVALO

O **INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS**, no uso de suas atribuições legais e com fundamento no artigo 52, inciso XVII, da Lei Estadual nº 11.612, de 08 de outubro de 2009, que estabelece como competência do Instituto de Gestão das Águas e Clima – INGÁ **aprovar e fiscalizar as condições e regras de operação de reservatórios**, visando garantir o uso múltiplo dos recursos hídricos, conforme estabelecido no Plano Estadual de Recursos Hídricos e nos Planos de Bacias Hidrográficas, e na Lei Estadual nº 12.212, de 04 de maio de 2011 que cria o Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - INEMA assumindo as funções do Instituto de Gestão das Águas e Clima – INGÁ, e:

CONSIDERANDO a Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997 que apresenta em seus fundamentos que em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais e a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas, e tem como um de seus objetivos a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

CONSIDERANDO a Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens.

CONSIDERANDO o contrato de concessão nº 19/2002 – ANEEL AHE Pedra do Cavalo, de uso de bem público para geração de energia elétrica, que celebram a União e a Votorantim Cimentos LTDA.

CONSIDERANDO que é o Operador Nacional do Sistema Elétrico que define o momento no qual as unidades geradoras devem operar, com base nas informações energéticas do Sistema Interligado Nacional.

CONSIDERANDO que o reservatório de Pedra do Cavalo é responsável pelo abastecimento de água da Região Metropolitana de Salvador e Feira de Santana.

CONSIDERANDO os documentos técnicos: (i) Regras de Operação do Reservatório do AHE Pedra do Cavalo anexo da VE-UHE Pedra do Cavalo 001/09 de 05 de janeiro de 2009-Anexo; (ii) Plano Operativo da UHE de Pedra do Cavalo de 26 de outubro de 2009; (iii) Relatório Técnico UHEPC nº 001/2006, (iv) Relatório Consolidado dos Programas Ambientais da UHE de Pedra do Cavalo de agosto de 2009, (v) Nota Técnica nº 002/12-MAP – EMBASA de 12/04/2012; (vi) Termo de Ajuste para Licitação da UHE de Pedra do Cavalo – Ofício nº 1161/01-SEINFRA/BA; (vii) Parecer Técnico dos Relatórios do “Programa de Manejo dos ecossistemas aquáticos e monitoramento Limnológico e da qualidade da água e ictiofauna – UHE Pedra do Cavalo.” – Junho 2008 (viii) Análise Crítica do Plano Operativo de Pedra do Cavalo – 16/12/2009, (ix) Inventário das



restrições operativas hidráulicas dos aproveitamentos hidrelétricos – ONS, 2011 e (X) OFÍCIO DEA/GRH 023/2012 – UFBA de 15/06/2012.

CONSIDERANDO que os principais usos do reservatório de Pedra do Cavalo são: abastecimento humano, manutenção da integridade ambiental à jusante, geração de energia, irrigação, navegação, pesca e lazer

CONSIDERANDO que o reservatório de Pedra do Cavalo apresenta os seguintes níveis característicos: (i) Coroamento igual a 125,0 m (cento e vinte e cinco metros); (ii) nível de água máximo maximorum igual a 124,0 m (cento e vinte e quatro metros); (iii) nível de água máximo normal igual a 120,0 m (cento e vinte metros) e (iv) nível de água mínimo normal igual a 106,0 m (cento e seis metros).

CONSIDERANDO a vazão mínima remanescente é 10 m³/s conforme definido no Termo de Ajuste para Licitação da UHE de Pedra do Cavalo – Ofício nº 1161/01-SEINFRA/BA

CONSIDERANDO que os níveis de segurança para atendimento ao abastecimento humano, definido em reunião ocorrida em 07/05/2012, com participação de representantes da SEMA, INEMA, ANA, EMBASA Casa Civil, CERB, ONS e Votorantim Energia, são: Nível de Segurança 1 (NS1) correspondendo a cota do reservatório em 110 metros; Nível de Segurança 2 (NS2) correspondendo a cota do reservatório igual a 109 m e Nível de Segurança 3 (NS3) correspondendo a cota do reservatório em 108 m

CONSIDERANDO o documento Inventário das restrições operativas hidráulicas dos aproveitamentos hidrelétricos publicado pela ONS em 2011 que apresenta a seguinte restrição: *“Restrição 4 – condicionante operativa em relação ao nível de montante – paralisação da geração para cotas inferiores à 113,00m no período de janeiro a março”*

CONSIDERANDO os estudos com modelos hidrodinâmicos para escoamento de regime não permanente cujos resultados estão citados no relatório de Regras de Operação do Reservatório do AHE Pedra do Cavalo anexo da VE-UHE Pedra do Cavalo 001/09 de 05 de janeiro de 2009-Anexo, apresentando que: (i) a máxima vazão defluente da barragem que não causa danos as cidades localizadas à jusante é de 1.500,0 m³/s (mil e quinhentos metros cúbicos por segundo) e (ii) a cota 114,5 m (cento e quatorze vírgula cinco metros) garante um volume de espera seguro para amortecer a cheia com recorrência 30 (trinta) anos, sem que as vazões defluentes ultrapassem a restrição de 1.500,0 m³/s (mil e quinhentos metros cúbicos por segundo).

CONSIDERANDO que o período úmido corresponde aos meses de dezembro a março e o período seco corresponde aos meses de abril a novembro, sendo novembro o mês de transição entre o período seco e o chuvoso e abril a transição entre o período chuvoso e seco.

CONSIDERANDO que a Reserva Extrativista Marinha da Baía de Iguape esta à jusante da UHE de Pedra do Cavalo e foi criada através do Decreto s/n de 11 de agosto de 2000

CONSIDERANDO as restrições ambientais atinentes as faixas de salinidade compatíveis com a integridade da comunidade biótica da Baía de Iguape apresentadas nos seguintes documentos: (i) Relatório Consolidado dos Programas Ambientais da UHE de Pedra do Cavalo de agosto de 2009 e (ii) Parecer Técnico dos Relatórios do “Programa de Manejo dos ecossistemas aquáticos e monitoramento Limnológico e da qualidade da água e ictiofauna – UHE Pedra do Cavalo.” – Junho 2008 e na Análise Crítica do Plano Operativo de Pedra do Cavalo – 16/12/2009.

CONSIDERANDO as restrições operacionais propostas no OFÍCIO DEA/GRH 023/2012 – UFBA de 15/06/2012, baseadas nos resultados dos estudos hidrológicos realizados dentro do contrato para o Estudo do Regime de Vazões Ambientais à jusante da UHE de Pedra do Cavalo – Baía de Iguape.



ESTABELECE as diretrizes para o Plano Operativo Provisório da Usina Hidrelétrica de Pedra do cavalo:

I. A operação do reservatório de Pedra do Cavalo deverá buscar o atendimento aos usos múltiplos e ser conduzida de modo a não comprometer o abastecimento humano, ou seja, não deverá atingir a cota de 110,0 m (cento e dez metros) correspondendo ao nível de segurança 1 (NS1).

II. A vazão mínima remanescente média diária deverá ser de 10 m³/s (dez metros cúbicos por segundo).

III. A vazão turbinada média diária deverá ser de no máximo 60 m³/s (sessenta metros cúbicos por segundo), sendo que a vazão máxima diária não deverá superar os 80 m³/s (oitenta metros cúbicos por segundo).

IV. A operação do reservatório deverá ser conduzida de modo a representar a sazonalidade natural do rio, assim entre os meses de dezembro e fevereiro deverá ser liberada uma vazão para jusante que corresponda a um pulso de vazão que represente a cheia anual seguindo as seguintes restrições: (i) em anos úmidos entre os meses de dezembro e fevereiro deverá ser liberada uma vazão para jusante que corresponda a 01 (um) pulso de vazão máxima diária de 1.500 m³/s, (ii) em anos secos, entre os meses de dezembro e fevereiro, deverá ser liberada uma vazão para jusante que corresponda a (01) um pulso de vazão máxima diária de 400 m³/s, operada de forma a representar uma vazão média diária de 90 m³/s, no período entre os meses de dezembro e fevereiro e (iii) em anos normais, entre os meses de dezembro e fevereiro, deverá ser liberada (01) um pulso de vazão máxima diária de valor superior a 400 m³/s.

V. Nos meses de janeiro a março, quando o reservatório atingir valores inferiores a cota de restrição de 113,0 m (cento e treze metros) a vazão turbinada média diária deverá ser de 10 m³/s (dez metros cúbicos por segundo), sendo que a vazão máxima diária não deverá superar os 80 m³/s (oitenta metros cúbicos por segundo).

VI. Visando a segurança da barragem e a manutenção do volume de espera, valores superiores as vazões restritivas apresentadas no item III poderão ser praticadas sempre que for constatada a ocorrência de cheia. Nesta situação a operação da barragem deverá ser conduzida de modo a buscar a manutenção do nível 114,5 m (cento e quatorze vírgula cinco metros), respeitando sempre que possível o limite de 1.500,0 m³/s (mil e quinhentos metros cúbicos por segundo) para a vazão defluente. As vazões restritivas apresentadas no item III poderão ser superadas também para o atendimento ao disposto no item IV referente ao pulso de vazão que representa a cheia anual.

VII. Sempre que for necessário adotar os procedimentos dos itens IV, V e VI o operador da barragem deverá comunicar as manobras de operação ao Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – INEMA.

VIII. A Votorantim deverá apresentar ao INEMA o Plano Operativo da UHE de Pedra do Cavalo seguindo as orientações do documento intitulado Diretrizes para elaboração do Plano Operativo da UHE de Pedra do Cavalo.

ANEXO VI

INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 01, DE 27 DE FEVEREIRO DE 2007

INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 01, DE 27 DE FEVEREIRO DE 2007.

Dispõe sobre a emissão de outorga de direito de uso dos recursos hídricos de domínio do Estado da Bahia, assim como a sua renovação, ampliação, alteração, transferência, revisão, suspensão e extinção, e dá outras providências.

O DIRETOR GERAL DA SUPERINTENDÊNCIA DE RECURSOS HIDRICOS DO ESTADO DA BAHIA - SRH, no uso das suas atribuições legais,

Considerando que:

A Lei 10.432, de 20 de dezembro de 2006, que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos, conferiu ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CONERH, em seu art. 31, inc. VII, a atribuição para o estabelecimento de critérios gerais para a outorga de direito de uso de domínio do Estado da Bahia;

O Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CONERH ainda não estabeleceu os critérios gerais para a outorga de direito de uso de recursos hídricos estaduais;

A necessidade de se regulamentar a outorga de direito de uso de recursos hídricos de domínio do Estado da Bahia, visando assegurar o seu controle quantitativo e qualitativo e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água pela população;

O acesso a esse bem vital é um direito fundamental e indispensável para a garantia da dignidade da pessoa humana;

A regularização da outorga é exigência prévia para os usuários obterem financiamentos para projetos de implantação de empreendimentos que demandem o uso de água;

Os incontáveis prejuízos que a ausência de regulamentação pode gerar tanto para a sociedade, que ficaria privada desse bem, quanto às atividades econômicas em nosso Estado;

O crescente número de solicitações de outorga em tramitação na SRH;

Dessa forma, sendo a SRH o órgão executor da Política Estadual de Recursos Hídricos e, por isso, responsável pela condução dos procedimentos de outorga no Estado da Bahia, torna-se imprescindível o estabelecimento transitório de normas que viabilizem o prosseguimento destes procedimentos,

RESOLVE:

Art. 1º. Essa instrução normativa disciplina a emissão de outorga de direito de uso dos recursos hídricos de domínio do Estado da Bahia, assim como a sua renovação, ampliação, alteração, transferência, revisão, suspensão e extinção, de acordo com a Lei federal 9433/1997, a Resolução CNRH 16/2001, a Lei estadual nº 10.432/2006 e o Decreto estadual 10.255/2007.

Art. 2º. A outorga de direito de uso de recursos hídricos é o ato administrativo mediante o qual a autoridade outorgante faculta ao outorgado o uso de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos de domínio do Estado da Bahia, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato, consideradas as legislações específicas vigentes.

Art. 3º. São modalidades de outorga de direito de uso de recursos hídricos no Estado da Bahia:

I - a concessão, nos casos de utilidade pública;

II - a autorização, nos outros casos.

Art. 4º. A outorga de direito de uso de recursos hídricos será conferida em conformidade com os Planos de Bacia, quando existentes e estará condicionada à disponibilidade hídrica e à prioridade para a satisfação das necessidades básicas e a proteção dos ecossistemas.

Art. 5º. Estão sujeitos à outorga de direito de uso de recursos hídricos a implantação, a ampliação, a alteração ou o funcionamento de:

I – atividades ou empreendimentos que captem ou derivem águas superficiais ou subterrâneas para uso próprio ou para terceiros;

II - atividades ou empreendimentos com potencial de provocar poluição, contaminação ou degradação das águas superficiais ou subterrâneas mediante lançamento nos corpos d'água ou despejo;

III – extração mineral ou de outros materiais em leitos dos rios e demais corpos hídricos;

IV – lançamento de esgotos e efluentes em corpos d'água para diluição;

V - atividades, ações ou intervenções que possam afetar a quantidade, a qualidade e o regime de águas superficiais ou subterrâneas.

Art. 6º. Consideram-se usos insignificantes para efeitos de dispensa de outorga de direito de uso de recursos hídricos as captações ou derivações que apresentem vazões máximas de até 0,5 l/s e as acumulações de volumes de água de até 150.000m³.

§ 1º - Os planos de bacia poderão definir limites diversos do *caput* deste artigo para os usos insignificantes.

§ 2º - O mesmo usuário com vários pontos de captação deverá ser enquadrado com base na somatória de suas captações para fins de dispensa de outorga.

§ 3º - A autoridade administrativa pode exigir a outorga para os usos de recursos hídricos de que trata o *caput* deste artigo quando ocorrer em bacia hidrográfica considerada crítica do ponto de vista de disponibilidade e/ou qualidade hídrica, quando o somatório dos referidos usos representar percentual elevado de consumo em relação à vazão do respectivo corpo d'água e por medidas de precaução em caso de risco de dano ambiental.

§ 4º - Os usos insignificantes deverão ser cadastrados pela SRH.

§ 5º - A dispensa de outorga não implica na inexistência de controle e fiscalização pela SRH no interesse público e na conciliação de conflitos.

§ 6º - A SRH publicará extrato mensal das decisões administrativas relativas à dispensa de outorga, nos casos de solicitação de usos para fins econômicos.

Art. 7º - As outorgas serão expedidas segundo a seguinte ordem de prioridade, ressaltando o disposto nos Planos de Bacia para os incisos II a VIII:

I - abastecimento humano e animal;

II - irrigação;

III - abastecimento agro-industrial;

IV - abastecimento industrial;

V - aquicultura;

VI - mineração;

VII - lançamento de efluentes;

VIII - outros usos.

Parágrafo único - A prioridade do uso de recursos hídricos para aproveitamento energético será estabelecida mediante articulação com os órgãos ou entidades competentes nos termos das Leis Federais nºs 9.427, de 26 de dezembro de 1996, e 9.433, de 8 de janeiro de 1997.

Art. 8º. Em situações de escassez de recursos hídricos o uso prioritário é o consumo humano e a dessedentação animal.

Art. 9º. Ficam estabelecidos, para o somatório das vazões a serem outorgadas, os seguintes limites, ressalvando o disposto nos planos de bacia:

I - 80% (oitenta por cento) da vazão de referência do manancial, estimada com base na vazão de até 90% (noventa por cento) de permanência a nível diário, quando não houver barramento;

II - 80% (oitenta por cento) das vazões regularizadas com 90% (noventa por cento) de garantia, dos lagos naturais ou de barramentos implantados em mananciais perenes;

III - 95% (noventa e cinco por cento) das vazões regularizadas com 90% (noventa por cento) de garantia, dos lagos naturais ou de barramentos implantados em mananciais intermitentes.

§ 1º - Nos casos de abastecimento humano, os limites dos incisos I e II poderão atingir até 95% (noventa e cinco por cento).

§ 2º - No caso do inciso II, a vazão remanescente de 20% (vinte por cento) das vazões regularizadas deverá escoar para jusante, por descarga de fundo ou por qualquer outro dispositivo que não inclua bombas de recalque.

§ 3º - O(s) usuário(s) proprietário(s) e/ou seu(s) anuente(s) não poderão receber outorga acima de 20% (vinte por cento) da vazão de referência de um dado manancial.

Art. 10. O requerente deverá, obrigatoriamente, no pedido de outorga de uso de recursos hídricos, atender aos seguintes requisitos:

I – preencher os formulários específicos mediante orientação da SRH;

II – apresentar ao protocolo da SRH o requerimento de outorga acompanhado dos formulários devidamente preenchidos e da documentação necessária;

Art. 11. O requerimento de outorga de direito de uso de recursos hídricos será formulado por escrito e instruído com, no mínimo, as seguintes informações e documentos comprobatórios:

I – em todos os casos

a) identificação do requerente.

b) título da propriedade onde a atividade ou empreendimento será instalado;

c) localização geográfica, obtida por GPS do(s) ponto(s) de captação objeto(s) do pleito de outorga, incluindo o nome do corpo de água;

d) especificação da finalidade do uso da água;

e) estudos e projetos necessários ao procedimento de outorga.

II – quando se tratar de derivação ou captação de água oriunda de corpo de água superficial ou subterrâneo

a) o volume diário que se pretenda derivar;

b) regime de variação, em termos de número de dias de captação e de número de horas de captação, em cada dia;

III – quando se tratar de lançamento de efluentes para diluição:

a) vazão máxima instantânea e volume diário a ser lançado no corpo de água receptor e regime de variação do lançamento;

b) concentrações e cargas de poluentes físicos, químicos e biológicos;

§ 1º - A SRH, a qualquer tempo, poderá solicitar a complementação dos documentos apresentados e informações adicionais, quando forem considerados insuficientes ou por precaução.

§ 2º - O processo objeto do requerimento de outorga de direito de uso de recursos hídricos poderá ser arquivado quando o requerente deixar de apresentar as informações ou documentos solicitados pela SRH, após três meses contados da solicitação.

§ 3º - Nos casos de estudos e projetos agrônômicos, hidráulicos, geológicos, hidrológicos, hidrogeológicos, hidroquímicos e sanitários será exigida Anotação de Responsabilidade Técnica – ART, expedida pelo Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – CREA.

Art. 12. Os custos referentes à análise e processamento dos procedimentos de outorga deverão ser ressarcidos pelo interessado, na forma do ANEXO ÚNICO desta Instrução Normativa.

Art. 13. Do ato administrativo de outorga, deverão constar, no mínimo, as seguintes informações:

I – identificação do outorgado;

II – modalidade de outorga;

III – localização geográfica e hidrográfica, quantidade e finalidade a que se destine as águas;

IV – prazo de vigência;

V- prazo para início e conclusão da implantação do empreendimento objeto da outorga;

VI – obrigação nos termos da legislação, de recolher os valores da cobrança pelo uso dos recursos hídricos, quando exigível, que será definida mediante regulamento específico;

VII – condição em que a outorga poderá cessar seus efeitos legais, observada a legislação pertinente;

VIII – situações ou circunstâncias em que poderá ocorrer a suspensão da outorga.

Parágrafo único. As outorgas emitidas serão publicadas no Diário Oficial do Estado na forma de extrato, no qual deverá constar, no mínimo, as informações constantes dos incisos I a VIII.

Art. 14. Os pedidos de outorga poderão ser indeferidos em função do não cumprimento das exigências técnicas ou legais ou do interesse público, mediante decisão devidamente fundamentada, dando-se ciência ao requerente.

Art. 15 . Os prazos máximos a serem estabelecidos para a vigência da outorga serão de:

I - 30 (trinta) anos contados da data de publicação do respectivo ato administrativo, nas hipóteses de concessão;

II - 4 (quatro) anos contados da data de publicação do respectivo ato administrativo, nas hipóteses de autorização.

§ 1º - Os prazos referidos nos incisos I e II deste artigo poderão ser renovados pela SRH, a pedido do outorgado interessado, desde que respeitadas as prioridades estabelecidas no Plano Estadual de Recursos Hídricos e no planos de bacia, quando houver.

§ 2º - Os prazos de vigência das outorgas de direito de uso de recursos hídricos serão fixados em função da natureza, finalidade e do porte do empreendimento, levando-se em consideração, quando for o caso, o período de retorno do investimento.

Art. 16. O outorgado deverá obedecer aos seguintes limites de prazo, sob pena de revogação da outorga:

I – nos casos de concessão:

a) até dois anos, para início da implantação do empreendimento objeto da outorga;

b) até seis anos, para conclusão da implantação do empreendimento projetado;

II – nos casos de autorização:

a) até um ano, para início da implantação do empreendimento objeto da outorga;

b) até dois anos, para conclusão da implantação do empreendimento projetado;

Parágrafo único. Os prazos a que se referem os incisos I e II deste artigo poderão ser ampliados quando o porte e a importância social e econômica do empreendimento o justificar.

Art. 17. O outorgado interessado em renovar a outorga deverá apresentar requerimento à SRH com antecedência mínima de noventa dias da data de término da outorga.

§ 1º - O pedido de renovação somente será atendido se forem observadas as normas, critérios e prioridades vigentes na época da renovação.

§ 2º - Cumpridos os termos do *caput*, se a SRH não houver se manifestado expressamente a respeito do pedido de renovação até a data de término da outorga, fica esta automaticamente prorrogada até que ocorra o deferimento ou indeferimento do referido pedido.

Art. 18. A transferência do ato de outorga a terceiros poderá ser feita total ou parcialmente quando aprovada pela SRH e será objeto de novo ato administrativo indicando o(s) titular(es).

Art. 19. Os usuários de recursos hídricos de domínio do Estado da Bahia deverão ser cadastrados junto à SRH, inclusive quando os usos forem considerados insignificantes.

Art. 20. As outorgas de direito de uso de recursos hídricos poderão ser revistas ou suspensas, temporariamente, pela SRH, quando houver:

I - modificação dos pressupostos que a determinaram;

II - necessidade premente de água para atender a situações de calamidade pública, inclusive as decorrentes de condições climáticas adversas;

III - necessidade de prevenir ou reverter grave degradação ambiental;

IV - necessidade de atender aos usos prioritários ou de interesse coletivo, para os quais não se disponha, comprovadamente, de fontes alternativas;

V - necessidade de manter as características de navegabilidade do corpo d'água.

Art. 21. As outorgas de direito de uso de água extinguir-se-ão por:

I - decurso de prazo;

II - revogação, em razão de:

a) não cumprimento, pelo outorgado, dos termos da respectiva concessão ou autorização;

b) não início ou não conclusão da implantação do empreendimento dentro do prazo estabelecido no ato administrativo da outorga;

c) ausência de uso, por dois anos consecutivos;

d) informações falsas, prestadas no processo administrativo do pedido de outorga;

e) não obtenção da Licença Ambiental ou outras autorizações pertinentes;

III - caducidade;

IV - desistência do outorgado.

Art. 22. Essa instrução normativa entra em vigor na data da sua publicação, revogando-se as disposições em contrário.

Julio Cesar de Sá da Rocha

Diretor Geral SRH

ANEXO ÚNICO
RESSARCIMENTO DE CUSTOS REFERENTES AOS
SERVIÇOS DE ANÁLISE DAS SOLICITAÇÕES DE OUTORGAS E
PUBLICAÇÃO DE PORTARIAS

	VALORES EM REAIS (R\$)
1. AUTORIZAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO (Manancial Superficial ou Subterrâneo)	
1.1 - até 3,0 ha	R\$ 120,00
1.2 - acima de 3,0 ha	R\$ 120,00 + [12,00 x Área (ha)]
2. AUTORIZAÇÃO EXCLUSIVAMENTE PARA USO INDUSTRIAL (Manancial Superficial ou Subterrâneo)	
2.1 - Unidade Industrial Isolada	R\$ 700,00
2.2 - Distrito Industrial	R\$ 2.000,00
3. AUTORIZAÇÃO PARA EXECUÇÃO DE OBRAS EM MANANCIAIS	
3.1 - Construção de barramento com regularização de vazão	R\$ 700,00
3.2 - Construção de canais com ou sem desvio do curso do manancial	R\$ 400,00
3.3 - Outras obras que possam interferir no curso, vazão ou regime do manancial	R\$ 400,00
4. AUTORIZAÇÃO PARA LANÇAMENTO DE ESGOTOS E EFLUENTES LÍQUIDOS	
4.1 - Manancial Superficial	R\$ 2.000,00
5. CONCESSÃO DE OUTORGA PARA ABASTECIMENTO HUMANO/ INDUSTRIAL	
5.1 - Manancial Superficial/Subterrâneo	R\$ 2.000,00
6. PUBLICAÇÃO DE PORTARIA REFERENTE A AUTORIZAÇÃO E/OU CONCESSÃO, NO DIÁRIO OFICIAL DO ESTADO	
6.1 - Publicação de portaria	R\$ 600,00
Obs.: Estarão dispensados do pagamento desta publicação, os irrigantes em área de até 30 ha.	