

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL



SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

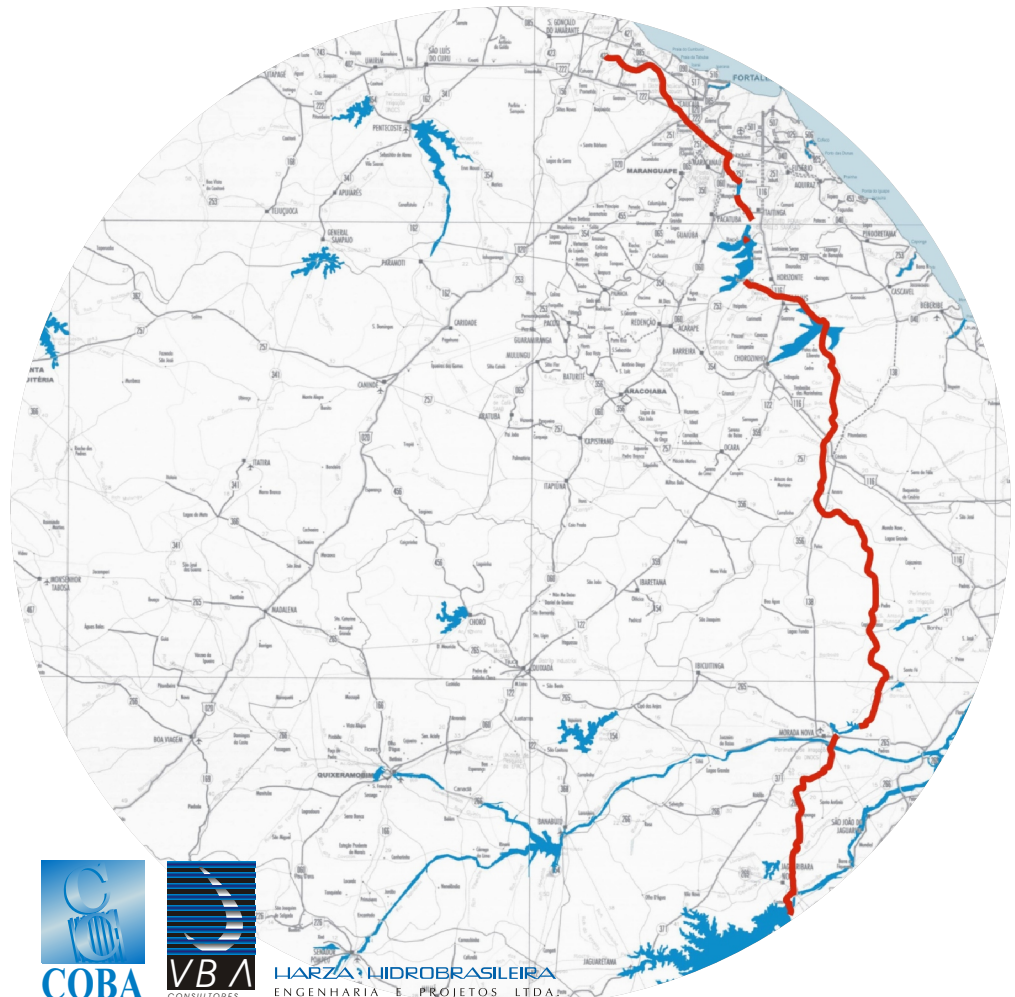
PROGRAMA DE GERENCIAMENTO E INTEGRAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ (PROGERIRH)

PARTE IV - PROJETOS EXECUTIVOS

A - Trecho 1: Açude Castanhão - Açude Curral Velho

TOMO 1 - CAPTAÇÃO DE ÁGUA NO AÇUDE CASTANHÃO

Volume 1 - Memória Descritiva



HARZA HIDROBRASILEIRA
ENGENHARIA E PROJETOS LTDA

ORGANIZAÇÃO DO PROJETO

SÍNTESE DOS ESTUDOS

DOSSIÊ GERAL DO PROJETO

PARTE I – DIAGNÓSTICO

PARTE II – ESTUDO DE VIABILIDADE

PARTE III – PROJETOS BÁSICO DO TRECHO 1 : AÇUDE CASTANHÃO-AÇUDE CURRAL VELHO

PARTE IV – PROJETOS EXECUTIVOS

A - TRECHO 1 : AÇUDE CASTANHÃO – AÇUDE CURRAL VELHO

B - TRECHO 2 : AÇUDE CURRAL VELHO – SERRA DO FÉLIX

C - TRECHO 3 : SERRA DO FÉLIX – AÇUDE PACAJUS

D - TRECHO 4 : AÇUDE PACAJUS – AÇUDE GAVIÃO

E - TRECHO 5 : AÇUDE GAVIÃO – PECÉM

PARTE V – PROJETOS COMPLEMENTARES

PARTE VI – PLANOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

PARTE IV – PROJETOS EXECUTIVOS

A – TRECHO 1 : AÇUDE CASTANHÃO – AÇUDE CURRAL VELHO

LISTA DE VOLUMES

TOMO 1 – CAPTAÇÃO DE ÁGUA NO AÇUDE CASTANHÃO

VOLUME 1 – MEMÓRIA

VOLUME 2 – DESENHOS

VOLUME 3 – ANEXOS

TOMO 2 – CANAIS E SIFÕES

VOLUME 1 – MEMÓRIA DESCRITIVA

VOLUME 2 – DESENHOS DO SUB-TRECHO 1.1

VOLUME 3 – DESENHOS DO SUB-TRECHO 1.2

VOLUME 4 – DESENHOS DO SUB-TRECHO 1.3

VOLUME 5 – DESENHOS DO SUB-TRECHO 1.4

VOLUME 6 – OBRAS LOCALIZADAS

TOMO 3 – ORÇAMENTO

TOMO 4 – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DA EB DO CASTANHÃO

APRESENTAÇÃO

PARTE IV – PROJETOS EXECUTIVOS

A – TRECHO 1 : AÇUDE CASTANHÃO – AÇUDE CURRAL VELHO

TOMO 1 – CAPTAÇÃO DE ÁGUA NO AÇUDE CASTANHÃO

VOLUME 1 - MEMÓRIA DESCRITIVA

APRESENTAÇÃO

O presente documento se constitui no “VOLUME 1 - MEMÓRIA DESCRITIVA” relativo ao “TOMO1- CAPTAÇÃO D’ÁGUA NO AÇUDE CASTANHÃO”, que integra, juntamente com um trecho do canal de adução, o PROJETO EXECUTIVO das obras civis e equipamentos hidromecânicos do TRECHO 1 do SISTEMA DE ADUÇÃO CASTANHÃO-FORTALEZA, entre o açude Castanhão e o Açude Curral Velho.

Esta fase dos estudos integra-se na Etapa C – Projetos Básicos/Executivos dos “Estudos Visando o Atendimento das Demandas Hídricas da Região Metropolitana de Fortaleza”, em desenvolvimento no âmbito do contrato nº 008/PROGERIRH-PILOTO/CE/SRH/2000, firmado entre o Consórcio COBA/VBA/HARZA e a Secretaria de Recursos Hídricos do estado do Ceará – SRH-CE.

O relatório elaborado compreende a descrição e justificação da solução adotada para a captação no açude Castanhão, que compreende como componentes principais a derivação para tomada de água, a estação de bombeamento, as adutoras de sucção e de recalque e a estrutura de ligação ao canal de adução.

ÍNDICE

PARTE IV – PROJETOS EXECUTIVOS

A – TRECHO 1 : AÇUDE CASTANHÃO – AÇUDE CURRAL VELHO

TOMO 1 – CAPTAÇÃO DE ÁGUA NO AÇUDE CASTANHÃO

VOLUME 1 - MEMÓRIA DESCRITIVA

ÍNDICE

| | página |
|--|------------|
| APRESENTAÇÃO | |
| 1. INTRODUÇÃO | 1-1 |
| 1.1. ENQUADRAMENTO DOS ESTUDOS..... | 1-1 |
| 1.2. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO | 1-2 |
| 1.3. DESCRIÇÃO GERAL DO APROVEITAMENTO..... | 1-2 |
| 1.4. DADOS DE BASE | 1-5 |
| 1.4.1 Considerações gerais..... | 1-5 |
| 1.4.2 Cartografia e topografia..... | 1-5 |
| 1.4.3 Geologia e geotecnia..... | 1-6 |
| 1.4.4 Açude Castanhão..... | 1-7 |
| 1.5. COMPOSIÇÃO DO TRECHO 1..... | 1-12 |
| 2. DESCRIÇÃO GERAL DA CAPTAÇÃO..... | 2-1 |
| 2.1. LOCALIZAÇÃO DAS OBRAS..... | 2-1 |
| 2.2. CARACTERÍSTICAS DA CAPTAÇÃO..... | 2-1 |
| 2.2.1 Características gerais..... | 2-1 |
| 2.2.2 Estação de bombeamento..... | 2-2 |
| 2.2.3 Adutoras de sucção e de recalque | 2-3 |
| 2.2.4 Derivação para tomada de água..... | 2-5 |
| 2.2.5 Reservatórios uni-direcionais | 2-5 |
| 2.2.6 Estrutura de transição para o canal adutor | 2-6 |
| 2.2.7 Acessos..... | 2-6 |
| 3. ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS..... | 3-1 |
| 3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS..... | 3-1 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 3.2. | MAPEAMENTO GEOLÓGICO | 3-1 |
| 3.3. | INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS..... | 3-3 |
| 3.4. | CONDIÇÕES DE FUNDAÇÃO DAS ESTRUTURAS | 3-4 |
| 4. | ESTUDOS HIDRÁULICOS..... | 4-1 |
| 4.1. | CONSIDERAÇÕES GERAIS..... | 4-1 |
| 4.2. | CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DA CAPTAÇÃO..... | 4-1 |
| 4.2.1 | Vazão de dimensionamento da transposição | 4-1 |
| 4.2.2 | Níveis de água no reservatório do açude Castanhão | 4-4 |
| 4.2.3 | Transição entre a captação e a adução..... | 4-7 |
| 4.3. | DIÂMETRO ECONÔMICO DAS TUBULAÇÕES | 4-7 |
| 4.4. | FUNCIONAMENTO EM REGIME PERMANENTE | 4-9 |
| 4.5. | FUNCIONAMENTO EM REGIME TRANSITÓRIO..... | 4-17 |
| 4.5.1 | Caracterização e comportamento do sistema hidráulico..... | 4-17 |
| 4.5.2 | Situações analisadas..... | 4-19 |
| 4.5.3 | Sistema sem dispositivos de proteção..... | 4-20 |
| 4.5.4 | Sistema com reservatórios uni-direcionais | 4-21 |
| 5. | DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS | 5-1 |
| 5.1. | DESCRIÇÃO GERAL DA CAPTAÇÃO..... | 5-1 |
| 5.2. | ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO | 5-2 |
| 5.2.1 | Concepção e características gerais..... | 5-2 |
| 5.2.2 | Implantação e acessos..... | 5-3 |
| 5.2.3 | Disposição dos equipamentos..... | 5-5 |
| 5.2.4 | Descrição das estruturas..... | 5-7 |
| 5.2.5 | Sistema de abastecimento de água potável e de serviço | 5-8 |
| 5.2.6 | Sistema de drenagem e tratamento de águas residuais | 5-10 |
| 5.2.7 | Rede de rega..... | 5-13 |
| 5.3. | ADUTORAS DE SUÇÇÃO E DE RECALQUE | 5-14 |
| 5.3.1 | Concepção das adutoras de sucção e de recalque | 5-14 |
| 5.3.2 | Descrição das adutoras de sucção e de recalque..... | 5-15 |
| 5.3.3 | Materiais e instalação das tubulações | 5-16 |
| 5.4. | TOMADA DE ÁGUA | 5-18 |
| 5.4.1 | Concepção da tomada de água..... | 5-18 |
| 5.4.2 | Descrição da tomada de água..... | 5-19 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 5.5. | RESERVATÓRIO UNI-DIRECIONAL | 5-20 |
| 5.6. | ESTRUTURA DE TRANSIÇÃO PARA O CANAL ADUTOR | 5-21 |
| 5.6.1 | Concepção da estrutura de ligação ao canal adutor | 5-23 |
| 5.6.2 | Descrição | 5-15 |
| 5.7. | SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS | 5-24 |
| 5.7.1 | Considerações gerais | 5-24 |
| 5.7.2 | Dimensionamento dos coletores e canaletes de proteção | 5-24 |
| 5.7.3 | Rede de drenagem pluvial da estrada de acesso | 5-28 |
| 6. | EQUIPAMENTOS HIDRO E ELETROME CÂNICOS | 6-1 |
| 6.1. | CONSIDERAÇÕES GERAIS | 6-1 |
| 6.2. | EQUIPAMENTOS DA ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO | 6-1 |
| 6.2.1 | Bombas e motores | 6-1 |
| 6.2.2 | Válvulas | 6-5 |
| 6.2.3 | Instrumentação | 6-5 |
| 6.2.4 | Tubulações | 6-6 |
| 6.2.5 | Equipamento de elevação e transporte | 6-6 |
| 6.2.6 | Equipamentos de ventilação e ar condicionado | 6-7 |
| 6.2.7 | Drenagem | 6-8 |
| 6.2.8 | Comando da estação | 6-9 |
| 6.3. | ADUTORAS DE SUCÇÃO E DE RECALQUE | 6-10 |
| 6.3.1 | Tubulações | 6-10 |
| 6.3.2 | Tomada de água | 6-12 |
| 6.3.3 | Estrutura de transição para o canal de adução | 6-13 |
| 6.3.4 | Outros equipamentos das adutoras | 6-13 |
| 6.4. | PROTEÇÃO CATÓDICA DAS ADUTORAS | 6-14 |
| 6.4.1 | Generalidades | 6-14 |
| 6.4.2 | Proteção passiva | 6-14 |
| 6.4.3 | Proteção ativa – proteção catódica | 6-15 |
| 7. | INSTALAÇÕES ELÉTRICAS | 7-1 |
| 7.1. | GENERALIDADES | 7-1 |
| 7.2. | POTÊNCIA TOMADA PELA INSTALAÇÃO | 7-1 |
| 7.3. | ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA | 7-1 |
| 7.4. | TRANSFORMADORES PRINCIPAIS | 7-2 |
| 7.4.1 | Potência dos transformadores principais | 7-2 |
| 7.4.2 | Características elétricas | 7-2 |
| 7.4.3 | Proteção dos transformadores de força | 7-4 |
| 7.5. | EQUIPAMENTO DE 69 KV | 7-4 |
| 7.6. | MEDIÇÃO DA ENERGIA RECEBIDA | 7-5 |
| 7.7. | INSTALAÇÃO DE 13,8 KV | 7-5 |

| | |
|--|------------|
| 7.8. MOTORES DAS BOMBAS PRINCIPAIS | 7-5 |
| 7.8.1 Potência nominal..... | 7-5 |
| 7.8.2 Tipo de motores | 7-5 |
| 7.8.3 Variação de velocidade | 7-6 |
| 7.8.4 Proteção dos motores | 7-7 |
| 7.9. QUADRO DOS SERVIÇOS AUXILIARES | 7-7 |
| 7.10. COMANDO DA ESTAÇÃO | 7-7 |
| 7.11. TRANSFORMADOR DOS SERVIÇOS AUXILIARES | 7-8 |
| 7.12. GERADOR DE EMERGÊNCIA..... | 7-8 |
| 7.13. TENSÃO DE COMANDO | 7-8 |
| 7.14. COMPENSAÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA | 7-9 |
| 7.15. SISTEMA DE ATERRAMENTO..... | 7-9 |
| 7.16. DETECÇÃO DE INTRUSÃO | 7-9 |
| 7.17. ILUMINAÇÃO | 7-9 |
| 7.18. ESTRUTURAS DAS ADUTORAS DE SUÇÃO E DE RECALQUE | 7-10 |
| 8. PROGRAMA DE TRABALHOS | 8-1 |
| 8.1. FASEAMENTO DAS OBRAS | 8-1 |
| 8.2. PROGRAMA DE TRABALHOS | 8-3 |

LISTA DE QUADROS

- 4.1. EVOLUÇÃO ANUAL DOS VOLUMES E DAS VAZÕES DA TRANSPOSIÇÃO CASTANHÃO-FORTALEZA
- 4.2. COTAS PIEZOMÉTRICAS, PERDAS DE CARGA E ALTURAS DE ELEVAÇÃO (Etapa 2 - $Q=22,0$ m³/s; 2 adutoras)
- 4.3. COTAS PIEZOMÉTRICAS, PERDAS DE CARGA E ALTURAS DE ELEVAÇÃO (Etapa 1 - $Q=12,6$ m³/s; 1 adutora)
- 4.4. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DAS ADUTORAS DE SUCÇÃO E DE RECALQUE
- 4.5. ENVOLVENTES DAS COTAS PIEZOMÉTRICAS EM REGIME TRANSITÓRIO. SISTEMA SEM DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO
- 4.6. ENVOLVENTES DAS COTAS PIEZOMÉTRICAS EM REGIME TRANSITÓRIO. SISTEMA COM RESERVATÓRIOS UNI-DIRECIONAIS
- 5.1. CAUDAIS NOS DISPOSITIVOS DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA
- 5.2. CAUDAIS DE DESCARGA E DIÂMETROS MÍNIMOS NOS DISPOSITIVOS DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA
- 5.3. DIMENSIONAMENTO DOS COLETORES DA ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO
- 5.4. DIMENSIONAMENTO DAS VALAS DE CRISTA DA ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO
- 5.5. DIMENSIONAMENTO DOS COLETORES DA ESTRADA DE ACESSO
- 5.6. DIMENSIONAMENTO DAS VALAS DE CRISTA DA ESTRADA DE ACESSO
- 6.1. VAZÕES RECALCADAS EM FUNÇÃO DO NUMERO DE BOMBAS

LISTA DE FIGURAS

- 1.1. SISTEMA ADUTOR CASTANHÃO-FORTALEZA. TRAÇADO DA ADUÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA CAPTAÇÃO
- 1.2. IMPLANTAÇÃO DO AÇUDE CASTANHÃO
- 1.3. CURVA COTA-ÁREA-VOLUME DO RESERVATÓRIO CASTANHÃO
- 4.1. EVOLUÇÃO ANUAL DAS VAZÕES DERIVADAS PELA TRANSPOSIÇÃO CASTANHÃO-FORTALEZA (CAPTAÇÃO E TRECHO 1 DA ADUÇÃO)
- 4.2. EXPLORAÇÃO DO RESERVATÓRIO CASTANHÃO. VOLUMES ÚTEIS ARMAZENADOS E NÍVEIS NO RESERVATÓRIO
- 4.3. EXPLORAÇÃO DO RESERVATÓRIO CASTANHÃO. FREQUÊNCIAS DOS NÍVEIS DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO
- 4.4. LINHAS PIEZOMÉTRICAS AO LONGO DAS ADUTORAS DE SUCÇÃO E DE RECALQUE (Etapa 2 - $Q=22,0$ m³/s; 2 adutoras)
- 4.5. LINHAS PIEZOMÉTRICAS AO LONGO DAS ADUTORAS DE SUCÇÃO E DE RECALQUE (Etapa 1 - $Q=12,6$ m³/s; 1 adutora)
- 4.6. COMPORTAMENTO EM REGIME TRANSITÓRIO DO SISTEMA DA CAPTAÇÃO. SISTEMA SEM DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO - ENVOLVENTES

- 4.7. COMPORTAMENTO EM REGIME TRANSITÓRIO DO SISTEMA DA CAPTAÇÃO. SISTEMA SEM DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO - ADUTORA DE RECALQUE
- 4.8. COMPORTAMENTO EM REGIME TRANSITÓRIO DO SISTEMA DA CAPTAÇÃO. SISTEMA COM RESERVATÓRIO UNI-DIRECIONAL - ENVOLVENTES
- 4.9. COMPORTAMENTO EM REGIME TRANSITÓRIO DO SISTEMA DA CAPTAÇÃO. SISTEMA COM RESERVATÓRIO UNI-DIRECIONAL - ADUTORA DE RECALQUE
- 4.10. COMPORTAMENTO EM REGIME TRANSITÓRIO DO SISTEMA DA CAPTAÇÃO. SISTEMA COM RESERVATÓRIO UNI-DIRECIONAL - RESERVATÓRIO UNI-DIRECIONAL
- 5.1. CURVAS DE VAZÃO EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO
- 6.1. CURVAS CARACTERÍSTICAS DOS GRUPOS E DA INSTALAÇÃO PARA A ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO DO CASTANHÃO
- 8.1. CAPTAÇÃO D'ÁGUA NO AÇUDE CASTANHÃO. PROGRAMA DE TRABALHOS

TOMO 2 - DESENHOS

DESENHOS GERAIS

- 1 CAPTAÇÃO NO AÇUDE CASTANHÃO. LOCALIZAÇÃO
- 2 PLANTA GERAL E PERFIL HIDRÁULICO
- 3 PLANTA, CORTES E PERFIL GEOTÉCNICOS

ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO DO CASTANHÃO

- 4 IMPLANTAÇÃO GERAL
- 5 IMPLANTAÇÃO GERAL. PERFIS P1 A P4
- 6 IMPLANTAÇÃO GERAL. PERFIS P5 A P8
- 7 PLANTA GERAL DE ESCAVAÇÕES
- 8 PLANTA GERAL DE ESCAVAÇÕES E ATERROS
- 9 PLANTA GERAL DE ESCAVAÇÕES. PERFIS P1 A P4
- 10 PLANTA GERAL DE ESCAVAÇÕES. PERFIS P5 A P8
- 11 PLANTA DE ESCAVAÇÕES DO EDIFÍCIO
- 12 PLANTA DE ESCAVAÇÕES DO EDIFÍCIO. PERFIS P1 A P5
- 13 PLANTA DE ESCAVAÇÕES DO EDIFÍCIO. PERFIS P6 A P13
- 14 SUB-ESTAÇÃO 69/13,8kV. DEFINIÇÃO DE FORMAS E ESCAVAÇÕES
- 15 PLANTA DO PISO DOS GRUPOS (60,85). DEFINIÇÃO DE FORMAS
- 16 PLANTA DO PISO PRINCIPAL (65,00). DEFINIÇÃO DE FORMAS
- 17 PLANTA NO NÍVEL (69,05). DEFINIÇÃO DE FORMAS
- 18 PLANTA NO NÍVEL (70,85). DEFINIÇÃO DE FORMAS
- 19 PLANTA DA COBERTURA (74,05). DEFINIÇÃO DE FORMAS
- 20 CORTES A-A E B-B. DEFINIÇÃO DE FORMAS
- 21 CORTES C-C, D-D E E-E. DEFINIÇÃO DE FORMAS
- 22 CORTES F-F E G-G. DEFINIÇÃO DE FORMAS
- 23 VISTAS. DEFINIÇÃO DE FORMAS
- 24 PLANTA DO PISO DOS GRUPOS (60,85). EQUIPAMENTO
- 25 PLANTA DO PISO PRINCIPAL (65,00). EQUIPAMENTO
- 26 PLANTA DA COBERTURA (74,05). EQUIPAMENTO
- 27 CORTES A-A E B-B. EQUIPAMENTO
- 28 CORTES C-C, D-D E E-E. EQUIPAMENTO
- 29 CORTES F-F E G-G. EQUIPAMENTO

- 30 CONCRETO ARMADO. SETORES A, B E C. PLANTA GERAL DE LOCAÇÃO - NÍVEL 63,20
- 31 CONCRETO ARMADO. SETORES A, B E C. ESQUEMA DE FORMAS. CORTE LONGITUDINAL. CORTE TRANSVERSAL
- 32 CONCRETO ARMADO. SETORES A, B E C. ESQUEMA DE FORMAS. CORTES TRANSVERSAIS
- 33 CONCRETO ARMADO. SETOR A. ESQUEMA DE FORMAS. PLANTA NÍVEL 65,00 (FORMA DAS VIGAS - BALDRAME)
- 34 CONCRETO ARMADO. SETOR A. ESQUEMA DE FORMAS. PLANTA NÍVEIS 69,25 E 74,05
- 35 CONCRETO ARMADO. SETOR A. ARMADURAS. LAJES. NÍVEL 69,25
- 36 CONCRETO ARMADO. SETOR A. ARMADURAS. LAJES. NÍVEL 74,05
- 37 CONCRETO ARMADO. SETOR A. ARMADURAS. VIGAS. NÍVEL 65,00 (FOLHA 1/3)
- 38 CONCRETO ARMADO. SETOR A. ARMADURAS. VIGAS. NÍVEL 65,00 (FOLHA 2/3)
- 39 CONCRETO ARMADO. SETOR A. ARMADURAS. VIGAS. NÍVEL 65,00 (FOLHA 3/3)
- 40 CONCRETO ARMADO. SETOR A. ARMADURAS. VIGAS. NÍVEL 69,25 (FOLHA 1/4)
- 41 CONCRETO ARMADO. SETOR A. ARMADURAS. VIGAS. NÍVEL 69,25 (FOLHA 2/4)
- 42 CONCRETO ARMADO. SETOR A. ARMADURAS. VIGAS. NÍVEL 69,25 (FOLHA 3/4)
- 43 CONCRETO ARMADO. SETOR A. ARMADURAS. VIGAS. NÍVEL 69,25 (FOLHA 4/4)
- 44 CONCRETO ARMADO. SETOR A. ARMADURAS. VIGAS. NÍVEL 74,05. ESCADA
- 45 CONCRETO ARMADO. SETOR A. ARMADURAS. PILARES. NÍVEL 65,00
- 46 CONCRETO ARMADO. SETOR A. ARMADURAS. PILARES. NÍVEIS 69,25/74,05
- 47 CONCRETO ARMADO. SETOR A. ARMADURAS. SAPATAS DE FUNDAÇÃO
- 48 CONCRETO ARMADO. SETOR C. ARMADURAS. PLANTAS. NÍVEIS 65,00 E 69,25
- 49 CONCRETO ARMADO. SETOR C. ARMADURAS. LAJES. NÍVEL 69,25
- 50 CONCRETO ARMADO. SETOR C. ARMADURAS. VIGAS. NÍVEL 65,00
- 51 CONCRETO ARMADO. SETOR C. ARMADURAS. VIGAS. NÍVEL 69,25
- 52 CONCRETO ARMADO. SETOR C. ARMADURAS. PILARES E SAPATAS
- 53 CONCRETO ARMADO. SETOR B. ESQUEMA DE FORMAS. PLANTA. NÍVEL 65,00
- 54 CONCRETO ARMADO. SETOR B. ESQUEMA DE FORMAS. PLANTA. NÍVEL 69,25
- 55 CONCRETO ARMADO. SETOR B. ESQUEMA DE FORMAS. PLANTA. NÍVEIS 70,85 E 74,05
- 56 CONCRETO ARMADO. SETOR B. ARMADURAS. LAJES. NÍVEL 65,00
- 57 CONCRETO ARMADO. SETOR B. ARMADURAS. LAJES. NÍVEL 69,25
- 58 CONCRETO ARMADO. SETOR B. ARMADURAS. LAJES. NÍVEL 74,05
- 59 CONCRETO ARMADO. SETOR B. ARMADURAS. VIGAS. NÍVEL 65,00 (FOLHA 1/2)

- 60 CONCRETO ARMADO. SETOR B. ARMADURAS. VIGAS. NÍVEL 65,00 (FOLHA 2/2)
- 61 CONCRETO ARMADO. SETOR B. ARMADURAS. VIGAS. NÍVEL 69,25 (FOLHA 1/2)
- 62 CONCRETO ARMADO. SETOR B. ARMADURAS. VIGAS. NÍVEL 69,25 (FOLHA 2/2)
- 63 CONCRETO ARMADO. SETOR B. ARMADURAS. VIGAS. NÍVEL 70,85
- 64 CONCRETO ARMADO. SETOR B. ARMADURAS. VIGAS. NÍVEL 74,05
- 65 CONCRETO ARMADO. SETOR B. ARMADURAS. PAREDES
- 66 CONCRETO ARMADO. SETOR B. ARMADURAS. PILARES. NÍVEL 65,00 (FOLHA 1/2)
- 67 CONCRETO ARMADO. SETOR B. ARMADURAS. PILARES. NÍVEL 65,00 (FOLHA 2/2)
- 68 CONCRETO ARMADO. SETOR B. ARMADURAS. PILARES. NÍVEIS 69,25/74,05
- 69 CONCRETO ARMADO. SETOR B. ARMADURAS. BLOCO 1
- 70 CONCRETO ARMADO. SETOR B. ARMADURAS. BLOCO 2
- 71 CONCRETO ARMADO. SETOR B. ARMADURAS. BLOCOS M1. ESCADAS
- 72 CONCRETO ARMADO. SETOR B. ARMADURAS. PLACA DE FUNDAÇÃO
- 73 CONCRETO ARMADO. SETOR B. ARMADURAS. SAPATAS DE FUNDAÇÃO
- 74 MAPA DE VÃOS
- 75 MAPA DE ACABAMENTOS
- 76 DETALHES DE PORTAS E PORTÕES
- 77 DETALHES DE ESCADAS E TAMPAS
- 78 DETALHES DE VEDAÇÕES
- 79 REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS
- 80 REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
- 81 REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS
- 82 TANQUE SÉPTICO
- 83 POÇO ABSORVENTE, CAIXA DE COLECTOR E VALAS TIPO PARA COLETORES
- 84 REDES DE ESGOTOS E DE DRENAGEM. CAIXAS DE VISITA E BOCA DE SAIDA NO TERRENO
- 85 CÂMARAS DE VISITA (FOLHA 1/2)
- 86 CÂMARAS DE VISITA (FOLHA 1/2)
- 87 REDE DE REGA
- 88 INSTALAÇÕES DE ÁGUA POTÁVEL E ÁGUAS RESIDUAIS
- 89 INSTALAÇÃO DE ÁGUA DE SERVIÇO
- 90 TRAVESSIA NA ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO. DEFINIÇÃO DE FORMAS
- 91 TRAVESSIA NA ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO. ARMADURAS

ADUTORAS DE SUCÇÃO E DE RECALQUE

- 92 ADUTORA DE SUCÇÃO. PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL
- 93 ADUTORA DE RECALQUE. PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL (KM 0+000 A 1+500)
- 94 ADUTORA DE RECALQUE. PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL (KM 1+500 A 2+500)
- 95 DERIVAÇÃO NA TUBULAÇÃO DE TOMADA DE ÁGUA DO AÇUDE. LOCALIZAÇÃO E ESTRUTURAS EXISTENTES
- 96 DERIVAÇÃO NA TUBULAÇÃO DE TOMADA DE ÁGUA DO AÇUDE. PLANTAS E CORTES. DEFINIÇÃO DE FORMAS
- 97 DERIVAÇÃO NA TUBULAÇÃO DE TOMADA DE ÁGUA DO AÇUDE. PLANTAS E CORTES. EQUIPAMENTO
- 98 DERIVAÇÃO NA TUBULAÇÃO DE TOMADA DE ÁGUA DO AÇUDE. PLANTA E CORTES. CONCRETO ARMADO. ESQUEMA DE FORMAS
- 99 DERIVAÇÃO NA TUBULAÇÃO DE TOMADA DE ÁGUA DO AÇUDE. PLANTA E CORTES. CONCRETO ARMADO. BLOCO 1
- 100 DERIVAÇÃO NA TUBULAÇÃO DE TOMADA DE ÁGUA DO AÇUDE. PLANTA E CORTES. CONCRETO ARMADO. BLOCO 2
- 101 RESERVATÓRIO UNIDIRECIONAL E MACIÇO DE ANCORAGEM M5. PLANTA E CORTES. DEFINIÇÃO DE FORMAS E EQUIPAMENTO
- 102 RESERVATÓRIO UNIDIRECIONAL E MACIÇO DE ANCORAGEM M5. PLANTA E CORTES. EQUIPAMENTOS
- 103 RESERVATÓRIO UNIDIRECIONAL E MACIÇO DE ANCORAGEM M5. CONCRETO ARMADO. ESQUEMA DE FORMAS
- 104 RESERVATÓRIO UNIDIRECIONAL E MACIÇO DE ANCORAGEM M5. CONCRETO ARMADO. ARMADURAS (FOLHA 1/2)
- 105 RESERVATÓRIO UNIDIRECIONAL E MACIÇO DE ANCORAGEM M5. CONCRETO ARMADO. ARMADURAS (FOLHA 1/2)
- 106 MACIÇOS DE ANCORAGEM M1 E M2. PLANTA E CORTES
- 107 MACIÇOS DE ANCORAGEM M1 E M2. PLANTA E CORTES. ARMADURAS
- 108 MACIÇOS DE ANCORAGEM M3 E M4. PLANTA E CORTES
- 109 MACIÇOS DE ANCORAGEM M3 E M4. PLANTA E CORTES. ARMADURAS
- 110 MACIÇO DE ANCORAGEM M6, M7 E M8. PLANTA E CORTES
- 111 MACIÇO DE ANCORAGEM M6, M7 E M8. PLANTA E CORTES. ARMADURAS
- 112 DESCARGA DE FUNDO. PLANTA E CORTES. ARMADURAS
- 113 ATRAVESSAMENTOS DE RIOS E DE ESTRADAS
- 114 ATRAVESSAMENTOS DE RIOS E DE ESTRADAS. ARMADURAS
- 115 ESTRUTURA DE TRANSIÇÃO PARA O CANAL DE ADUÇÃO. PLANTA E CORTES. DEFINIÇÃO DE FORMAS

- 116 ESTRUTURA DE TRANSIÇÃO PARA O CANAL DE ADUÇÃO. PLANTA E CORTES. EQUIPAMENTOS
- 117 ESTRUTURA DE TRANSIÇÃO PARA O CANAL DE ADUÇÃO. PLANTA E CORTES. CONCRETO ARMADO. ESQUEMA DE FORMAS
- 118 ESTRUTURA DE TRANSIÇÃO PARA O CANAL DE ADUÇÃO. PLANTA E CORTES. CONCRETO ARMADO. ARMADURAS
- 119 INSTALAÇÃO DAS TUBULAÇÕES
- 120 INSTALAÇÃO DAS TUBULAÇÕES. DETALHES (FOLHA 1/2)
- 121 INSTALAÇÃO DAS TUBULAÇÕES. DETALHES (FOLHA 2/2)
- 122 INSTALAÇÃO DAS TUBULAÇÕES. PROTEÇÃO CATÓDICA (FOLHA 1/2)
- 123 INSTALAÇÃO DAS TUBULAÇÕES. PROTEÇÃO CATÓDICA (FOLHA 2/2)
- 124 ESTRADA DE ACESSO. PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL (KM 0+000 A 1+200). TRAÇADO. DRENAGEM
- 125 ESTRADA DE ACESSO. PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL (KM 1+200 A 2+400). TRAÇADO. DRENAGEM

TOMO 3 - ANEXOS

- ANEXO I - RESULTADOS DE SONDAgens
- ANEXO II - REGIMES TRANSITÓRIOS
- ANEXO III - CÁLCULO DO DIÂMETRO ECONÔMICO DAS TUBULAÇÕES
- ANEXO IV - CÁLCULO DOS MACIÇOS DE ANCORAGEM
- ANEXO V - CÁLCULO DAS ESTRUTURAS
- ANEXO VI - CÁLCULO DAS TUBULAÇÕES DAS ADUTORAS
- ANEXO VII - DIMENSIONAMENTO DA REDE DE REGA

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO DOS ESTUDOS

O presente documento, TOMO 1 - MEMÓRIA DESCRITIVA, corresponde ao PROJETO EXECUTIVO das obras civis e equipamentos hidromecânicos da CAPTAÇÃO D'ÁGUA NO AÇUDE CASTANHÃO (VOLUME 1), que é uma das componentes que integram o TRECHO 1 do SISTEMA DE ADUÇÃO CASTANHÃO-FORTALEZA, objeto da CONCORRÊNCIA Nº 1. O Trecho 1 do Sistema de Adução compreende a captação d'água e os primeiros cerca de 45 km de adução, entre o açude Castanhão e o Açude Curral Velho.

Este relatório integra-se na ETAPA C : PROJETO BÁSICO/PROJETO EXECUTIVO dos estudos que visam o "ATENDIMENTO DAS DEMANDAS HÍDRICAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA". Este estudo foi contratado pela Secretaria dos Recursos Hídricos do Governo do Estado do Ceará (SRH-CE) ao consórcio COBA/VBA/HARZA, sendo financiado pelo Banco Mundial no âmbito do Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (PROGERIRH), constituindo um dos Projetos Piloto desse programa.

O estudo de alternativas realizado na Etapa B : Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental conduziu à solução de localização da captação e de traçado para a adução adotada para a Transposição Castanhão-RMF. As variantes específicas de concepção da captação no açude Castanhão foram objeto de um relatório próprio ("Estudo de Alternativas Para a Captação d'Água no Açude Castanhão", COBA/VBA/HARZA, Outubro 2000), onde se definiu a solução adotada para a captação. Já no âmbito da Etapa C : Projeto Básico/Projeto Executivo, o estudo da captação d'água foi desenvolvido a nível de Projeto Básico, entregue em versão preliminar em Dezembro 2000, tendo versões posteriores datando de Maio 2001 e Julho 2001 e a versão final em Agosto de 2001. Foram também elaborados os Dossiês de Licitação para as duas concorrências previstas e respectivos quantitativos e orçamento, que constituem também volumes independentes.

O presente relatório constitui uma complementação do relatório final correspondente à fase de Projeto Básico, contendo as recomendações do parecer elaborado pela Comissão de Fiscalização, elaborado em Julho de 2001.

O presente relatório compreende a descrição das soluções técnicas adotadas para a captação d'água no açude Castanhão, que integra como componentes principais a derivação para tomada de água, a estação de bombeamento, as adutoras de sucção e de recalque e a estrutura de ligação ao canal de adução.

1.2. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

O Projeto Executivo do Trecho 1 do Sistema Adutor (açude Castanhão-açude Curral Velho) é composto pelo Volume 1 - Captação d'Água no Açude Castanhão (estação de bombeamento e adutoras), que integra o Tomo 1 - Memória Descritiva e o Tomo 2 - Desenhos. Os Quantitativos e Orçamento são apresentados num volume independente, juntamente com as restantes obras que integram o Trecho 1 da adução. O Volume 2 – Canais e Sifões diz respeito às obras de adução desde a captação até ao final do Trecho 1.

O presente Tomo 1 - Memória Descritiva, encontra-se organizado em 8 capítulos, sendo no presente capítulo 1 apresentado o enquadramento dos estudos, o objetivo do relatório e os dados de base utilizados no estudo. No capítulo 2 é feita uma descrição geral da captação, no capítulo 3 são apresentados os estudos geológico-geotécnicos e no capítulo 4 os estudos hidráulicos realizados.

Nos capítulos 5 são apresentadas as soluções técnicas adotadas para as diferentes estruturas da captação. Nos capítulos 6 e 7, são indicadas as características dos equipamentos hidromecânicos e eletromecânicos selecionados e são descritas as instalações elétricas, respectivamente (as instalações elétricas são objeto de uma outra Concorrência, pelo que são indicadas a título de informação). Finalmente, no capítulo 8 é apresentado o programa de execução das obras.

Os desenhos do Projeto Executivo, referenciados ao longo do texto, são apresentados no Tomo2.

Em anexo, no Tomo 3, apresentam-se os resultados das investigações geotécnicas executadas e os cálculos realizados.

1.3. DESCRIÇÃO GERAL DO APROVEITAMENTO

O aproveitamento em estudo visa fundamentalmente o reforço do abastecimento de água à Região Metropolitana de Fortaleza, actualmente deficitária em água, através da derivação do rio Jaguaribe, perenizado pelo açude Castanhão.

O aproveitamento a executar possibilitará a plena satisfação das demandas hídricas previstas num horizonte de pelo menos 30 anos, através da integração hídrica das bacias hidrográficas do rio Jaguaribe com as bacias dos rios da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF). Essa integração será concretizada com a construção de uma captação no açude Castanhão e de uma adução que efetuará a transposição das águas do rio Jaguaribe para a RMF, terminando no sistema de açudes das Bacias Metropolitanas (Pacajús-Pacoti-Riachão-Gavião) - “Eixo Castanhão-Fortaleza”.

Para além do atendimento das demandas hídricas humanas e industriais da RMF, a transposição irá também permitir o reforço da alimentação dos projetos de irrigação existentes ou previstos ao longo do traçado da adução.

O Sistema de Adução Castanhão-RMF será constituído basicamente pelas estruturas de captação e por um canal de adução. A captação localiza-se junto ao açude Castanhão, a cerca de 180 km da foz do rio Jaguaribe, desenvolvendo-se o eixo da transposição ao longo de uma direção aproximadamente Sul-Norte. A Transposição integra-se com os projetos de irrigação previstos para o chapadão da margem esquerda do rio Jaguaribe (Chapada do Castanhão, São Brás, Xique-Xique e Altinho) e com os projetos de irrigação das zonas baixas do vale do rio Banabuiú (Tabuleiro de Russas e Morada Nova).

A captação de água compreenderá uma tomada de água constituída por uma derivação na tubulação da tomada de água existente no açude Castanhão, uma estação de bombeamento situada na margem esquerda do rio Jaguaribe, adutoras de sucção e de recalque e uma estrutura de transição entre a captação e o canal de adução. A captação elevará as vazões derivadas para uma zona alta da margem esquerda do rio Jaguaribe, situada junto do limite norte da cidade de Nova Jaguaribara, local onde terá início a adução.

Na Figura 1.1 representa-se o traçado geral da adução e o local de captação, junto ao açude Castanhão.

Na passagem pelo açude Curral Velho, a transposição integra-se com o Projeto de Irrigação de Tabuleiro de Russas, atendendo parte das demandas hídricas desse projeto. Após a passagem pela Serra do Félix a adução segue em direção ao açude Pacajús, fazendo “bypass” a esse reservatório, aproveitando a energia disponível e evitando o bombeamento atualmente realizado para a derivação dos volumes armazenados nesse açude para o açude Pacoti.

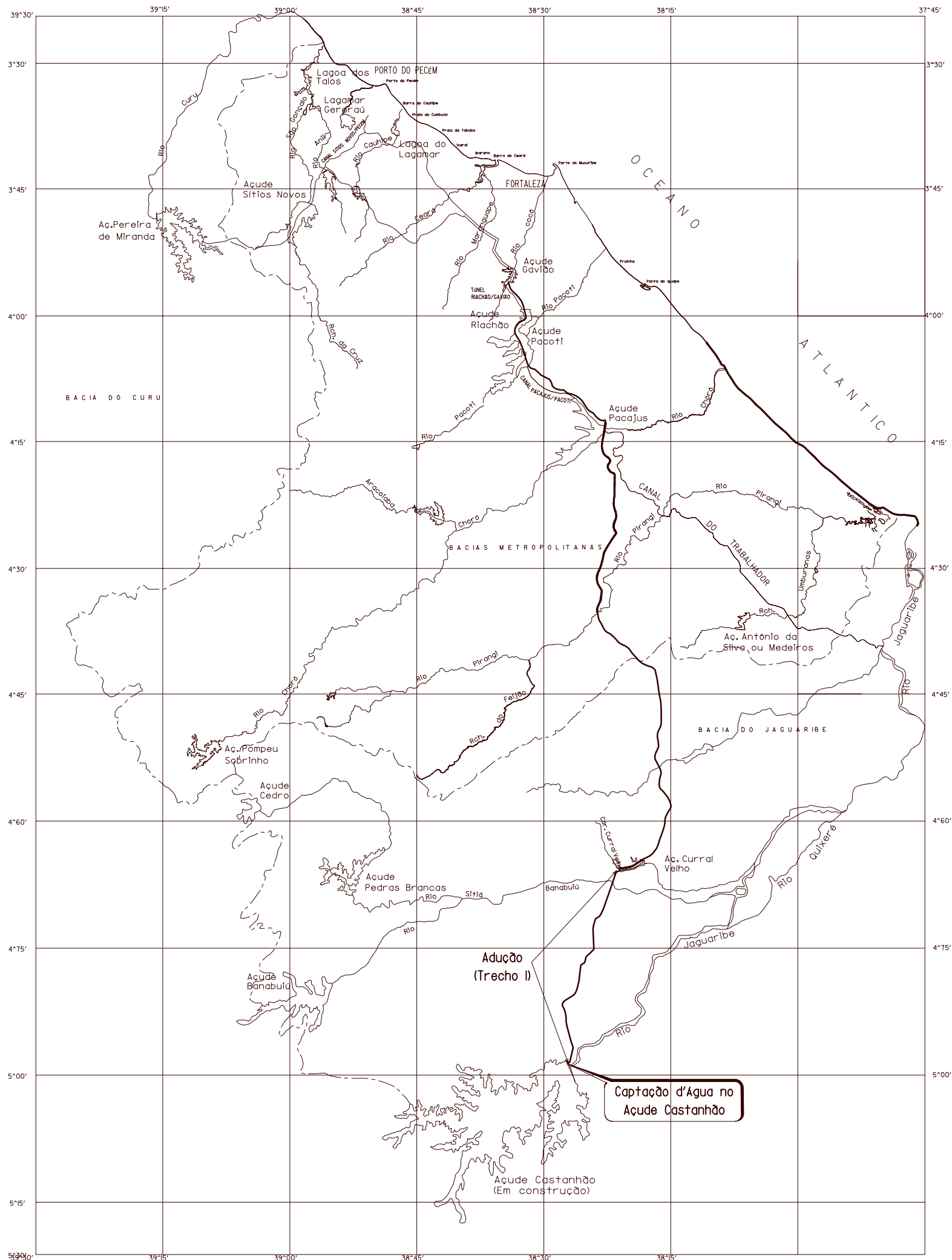


FIGURA 1.1
SISTEMA ADUTOR CASTANHÃO-FORTALEZA
TRAÇADO DA ADUÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA CAPTAÇÃO

Escala: 1/1.000.000

Está também previsto no âmbito do presente projeto a realização de um eixo de transposição Oeste, que consiste no prolongamento do eixo com origem no Jaguaribe (eixo leste), complementando os recursos disponíveis nas bacias a oeste de Fortaleza (rios Ceará, Cauhipe e São Gonçalo) e possibilitando assim a alimentação do Porto do Pecém e da zona turística litoral.

1.4. DADOS DE BASE

1.4.1 Considerações gerais

Os dados de base necessários para o projeto da captação dizem respeito essencialmente aos seguintes aspectos:

- Características das infra-estruturas existentes e que interferem com a captação;
- Cartografia e topografia;
- Geologia e geotecnia.

A captação a realizar interfere necessariamente com as obras em execução ou já construídas do açude Castanhão, que condicionam quer a implantação das estruturas quer a concepção dos seus diferentes componentes. Foi assim necessário recolher informação detalhada relativa às obras já concluídas e ao projeto desse açude, designadamente no que diz respeito à tomada de água executada ao corpo em concreto rolado atualmente em construção. Na seção 1.5 é apresentada a caracterização do açude Castanhão.

1.4.2 Cartografia e topografia

A cartografia disponível na zona da captação consiste nas cartas à escala 1:100 000 da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste DRN-DC (folha 895 - Limoeiro do Norte) e nas cartas à escala 1:25 000 do DNOS.

Existem disponíveis na zona da captação levantamentos topográficos nas escalas 1:10 000, 1:5000 e 1:2000, realizados para o projeto do açude Castanhão e projetos de irrigação situados da margem esquerda do rio Jaguaribe.

O levantamento à escala 1:10000 abrange as diferentes componentes da captação, incluindo as tubulações de sucção e de recalque, enquanto que o levantamento à escala 1:5 000 inclui

apenas a zona de transição entre as tubulações de recalque e o canal de adução. O levantamento disponível à escala 1:2000 abrange áreas da ombreira esquerda do açude, a montante do reservatório, que contudo foram sujeitas a profundas alterações durante a construção do açude, dado que os terrenos foram utilizados como zonas de empréstimo de materiais para o açude. É ainda provável que venham a sofrer novas alterações até ao fim da construção do açude.

No âmbito do presente estudo foi realizado um levantamento na escala 1:5000, da ombreira esquerda do açude Castanhão e do leito do rio Jaguaribe imediatamente a jusante da barragem, abrangendo as áreas de implantação das diferentes estruturas que integram a captação. Foi também realizado o levantamento à escala 1:2000 de uma faixa ao longo do traçado das adutoras de sucção e de recalque e o levantamento à escala 1:500 da área de implantação da estação de bombeamento.

Complementando estes elementos foi igualmente realizado para o presente estudo o levantamento aerofogramétrico de todo o Trecho 1 do Sistema de Adução, com restituição na escala 1:5000, incluindo a zona da captação.

1.4.3 Geologia e geotecnia

Os elementos geológicos básicos disponíveis consistem fundamentalmente na carta geológica do Ceará na escala 1:250 000 e respetivas memórias descritivas.

No que diz respeito à geotecnia encontram-se disponíveis resultados de sondagens e outros trabalhos de investigação realizados para a construção do açude Castanhão que, embora não tenham sido executados nos locais exatos de implantação das estruturas da captação, podem fornecer uma caracterização bastante detalhada das condições de fundação esperadas na zona.

No âmbito do presente estudo foram realizadas sondagens mistas na zona de implantação da estação de bombeamento e sondagens à percussão ou mistas ao longo do traçado das adutoras de sucção e de recalque.

Os aspetos geológicos e geotécnicos relativos à captação são objeto do capítulo 3 do presente relatório.

1.4.4 Açude Castanhão

Um dos condicionantes básicos da definição das variantes para a captação é o açude Castanhão, atualmente em construção, dada a interferência que existirá entre as duas estruturas. Este açude, que tem por objetivo a perenização do rio Jaguaribe, constituirá a origem das vazões a derivar pela transposição Jaguaribe-Bacias Metropolitanas.

Seguidamente enunciam-se os principais dados relativos ao açude Castanhão, a considerar no projeto da transposição:

- Localização, implantação geral e seções tipo do corpo em aterro e do corpo em concreto rolado (CCR);
- Características do reservatório (curva cotas-áreas-volumes, níveis máximos e mínimos de exploração, e frequência de ocorrência das cotas do nível de água);
- Características da tomada de água (implantação, seção da entrada, diâmetros e comprimentos de tubulações, perdas de carga, equipamentos e regras de operação);
- Regras de exploração do reservatório, incluindo a avaliação das diferentes demandas hídricas dependentes do reservatório e respectivas vazões médias e máximas a captar e sua distribuição mensal e anual.
- Demandas de água a satisfazer pelo açude e critérios de alocação de água a estabelecer.

Foram recolhidos no DNOCS os desenhos de projeto do corpo em concreto compactado a rolo da barragem.

É também necessário o conhecimento da situação atual de avanço das obras e o planeamento geral previsto até à conclusão do açude, de forma a se poder evitar ou planejar atempadamente eventuais interferências do presente Projeto com a construção do açude. Esta coordenação será importante de forma a evitar que fiquem inviabilizadas determinadas soluções de integração das duas obras.

Na Figura 1.2 apresenta-se a fotografia aérea disponível para a zona envolvente do açude Castanhão, com indicação da implantação da barragem. Seguidamente descrevem-se de forma sumária as principais características do açude Castanhão.



| |
|--|
| <p>GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH</p> |
| <p>PROGRAMA DE GERENCIAMENTO E INTEGRAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ - PROGERIRH</p> |
| <p>ESTUDO VISANDO O ATENDIMENTO DAS DEMANDAS HÍDRICAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA</p> |
| <p>CAPTAÇÃO D'ÁGUA NO AÇUDE CASTANHÃO</p> |
| <p>TÍTULO: Figura 1.2 Implantação do Açude Castanhão</p> |

O açude Castanhão no rio Jaguaribe encontra-se em fase adiantada de construção, embora as obras tenham estado praticamente suspensas (final de 2000 e início de 2001), tendo sido contudo retomadas recentemente. A descrição das obras do açude Castanhão, que seguidamente se apresenta, refere-se à situação de meados do ano 2001.

O paramento central, em concreto compactado a rolo (CCR), encontra-se construído na ombreira direita até aproximadamente a cota 62 m. A parte central foi construída até à cota 59,00 m, com menor largura que a final, constituindo um vertedouro provisório. Na ombreira esquerda foi construído apenas um dique com coroamento à cota 62,00 m, permitindo assim o armazenamento de cerca de 100 hm³.

Os diques laterais em aterro encontram-se concluídos até à cota do coroamento, em ambas as margens, à exceção dos trechos que irão envolver a estrutura em betão. Os diques auxiliares da ombreira direita, que constituem uma rodovia com alguns quilómetros, e o dique fusível na ombreira esquerda, com um desenvolvimento de cerca de 1 000 m, encontram-se também concluídos.

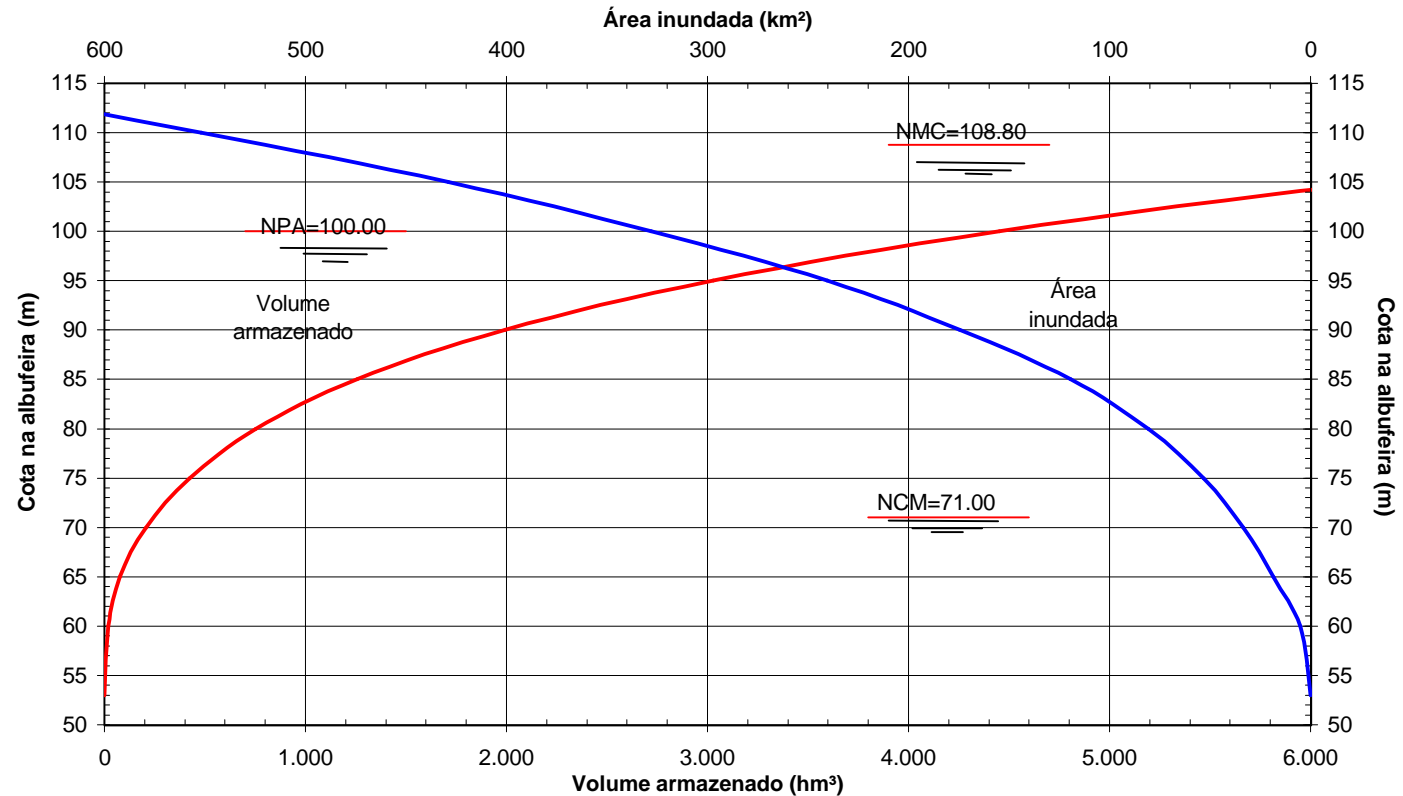
Posteriormente a barragem será completada até à cota de projeto de 111,00 m, dispondo-se então, para o nível máximo no reservatório à cota 100,00 m, da capacidade de armazenamento total prevista de 4 452 hm³, a que corresponde a capacidade útil de 4 200 hm³. O reservatório dispõe ainda de um volume de reserva de 2 300 hm³, entre as cotas 100,00 e 106,00, destinado a controlo de cheias. O nível mínimo de exploração, definido pela estrutura de tomada de água, encontra-se à cota 71,00 m. Na Figura 1.3 representa-se a curva cota-área-volume do reservatório.

As estruturas da tomada de água e do vertedouro encontram-se praticamente concluídas, faltando somente a instalação de parte dos equipamentos hidromecânicos.

O vertedouro, dimensionado para uma vazão máxima de descarga de 14 820 m³/s, correspondente ao período de retorno de 10 000 anos, tem a crista à cota 95,00 m e está equipado com 12 comportas setor com 11,55 m de altura e 10,00 m de largura.

| Cotas Z (m) | Áreas inundadas (km ²) | Volumes armazenados (hm ³) |
|-------------|------------------------------------|--|
| 53,00 | 0 | 0 |
| 60,00 | 5 | 18 |
| 65,00 | 18 | 77 |
| 70,00 | 34 | 207 |
| 75,00 | 53 | 423 |
| 80,00 | 81 | 752 |
| 85,00 | 119 | 1.258 |
| 90,00 | 174 | 1.993 |
| 95,00 | 241 | 3.028 |
| 100,00 | 328 | 4.452 |
| 105,00 | 429 | 6.345 |
| 110,00 | 552 | 8.797 |
| 115,00 | 684 | 11.887 |
| 120,00 | 823 | 15.655 |

NOTA: Valores medidos em topografia (ortofotomapas) à escala 1:5000.



Características do reservatório

| | |
|--|-----------------------|
| Nível de pleno armazenamento (NPA)..... | 100,00 m |
| Nível de máximo de controle de cheias (NV) | 106,00 m |
| Nível de máxima cheia (NMC)..... | 108,80 m |
| Nível de capacidade morta (NCM)..... | 71,00 m |
| Área inundada no NPA..... | 328 km ² |
| Volume total..... | 4.452 hm ³ |
| Volume morto..... | 241 hm ³ |
| Volume útil..... | 4.211 hm ³ |
| Volume de espera..... | 2.300 hm ³ |

Curva de superfícies

$$S = 2,2247 \times (Z - 65,00)^{1,404}$$

Curva de volumes

$$V = 5,9283 \times (Z - 65,00)^{1,862}$$

FIGURA 1.3
CURVAS DE ÁREAS INUNDADAS E DE VOLUMES ARMazenADOS NO RESERVATÓRIO CASTANHÃO
(CORRIGIDAS CONSIDERANDO DEPÓSITO DE SEDIMENTOS EM 75 ANOS)

A tomada de água no açude do Castanhão, que serve também de descarga de fundo, situa-se do lado da margem direita e encontra-se dimensionada para uma vazão máxima de 100 m³/s. A tomada de água é constituída por uma torre de tomada com entrada a um único nível de dimensões 3,00x4,00 m², seguida de uma galeria em concreto com seção 13,0x6,0 m² (lx aproximado) dividida por um septo vertical, no interior da qual serão instaladas duas tubulações em aço de 3 700 mm de diâmetro e cerca de 180 m de comprimento e afastadas em planta de aproximadamente 2,00 m. A tomada de água está equipada a montante com grades (6,00x8,00 m²), com uma comporta vagão (3,00x4,00 m²) e com uma comporta ensecadeira (3,00x4,00 m²); a jusante quatro válvulas de jato oco com 1 524 mm de diâmetro restituem para o rio as vazões armazenadas, promovendo simultaneamente a dissipação de energia.

As tubulações da tomada de água desenvolvem-se, no seu trecho final, sob uma plataforma existente em pé-de-barragem situada à cota aproximada de 65,00 m. O eixo das tubulações à saída da galeria e junto ao edifício das válvulas dispersoras encontra-se a cerca da cota 58,00 m.

A tubulação do lado esquerdo (já instalada) destina-se à tomada de água para irrigação no vale do Jaguaribe, que funcionará simultaneamente como descarga de fundo do reservatório, sendo as vazões captadas restituídas ao leito do rio através das referidas quatro válvulas dispersoras. A tubulação do lado direito (que se encontra instalada apenas no início da galeria de tomada) foi prevista para alimentação de uma futura central hidroelétrica, a ser construída em data posterior, pelo que essa tubulação terminará numa junta cega dentro da galeria.

As demandas de água a satisfazer por este açude e os critérios de operação do reservatório não se encontram ainda definitivamente definidos.

Os projetos de irrigação previstos na baixa aluvionar ao longo do rio Jaguaribe recebem as vazões com origem no Castanhão, liberadas através das referidas válvulas dispersoras. A sua interferência com a Transposição limitar-se-á aos volumes de água utilizados e à necessidade de transporte simultâneo da totalidade da vazão (para o Jaguaribe e para a RMF) nas tubulações de tomada de água da barragem.

Como acima referido, no projeto do açude Castanhão é prevista a construção de uma central hidrelétrica no pé-de-barragem. Foi reservado um local para a sua implantação, adjacente à câmara das válvulas dispersoras da tomada de água, sendo uma das duas tubulações de 3 700 mm de diâmetro da tomada de água do açude destinada à alimentação da central. A

construção da central hidroelétrica não está ainda decidida, ainda que tudo indique que seja um aproveitamento bastante rentável, pelo que a sua implementação apenas será realizada após a conclusão da barragem e, provavelmente, após a conclusão da construção da transposição para a RMF.

As características apresentadas para o açude Castanhão correspondem a cotas e dimensões de projeto e ao reconhecimento preliminar realizado às obras, necessitando de confirmação em obra, em função do reconhecimento e levantamento a realizar às estruturas efetivamente construídas ou a construir.

1.5. COMPOSIÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO DO TRECHO 1

A construção das obras que integram o Trecho 1 do Sistema de Adução Castanhão-Fortaleza (Açude Castanhão-Açude Curral Velho), captação e um trecho da adução, foram objeto de duas Concorrências, compreendendo as seguintes componentes:

- Concorrência 1 – constitui-se das obras civis e execução da estação de bombeamento, canais, adutoras e sifões para todo o Trecho 1, incluindo o fornecimento e montagem dos equipamentos hidromecânicos e do barrilete;
- Concorrência 2 – fornecimento de conjuntos moto-bombas, inversores de frequência e fornecimento e execução das instalações elétricas da estação de bombeamento, incluindo a sub-estação.

Cada concorrência foi objeto de um Dossiê de Licitação próprio, incluindo uma descrição sumária do aproveitamento e das obras, especificações técnicas e os respectivos quantitativos.

O presente Projeto Executivo compreende as obras civis da Captação d'Água no Açude Castanhão (Volume 1), que constituem uma das componentes do Trecho 1 (Castanhão-Curral Velho) do Sistema Adutor.

CAPÍTULO 2

DESCRIÇÃO GERAL DA CAPTAÇÃO

2. DESCRIÇÃO GERAL DA CAPTAÇÃO

2.1. LOCALIZAÇÃO DAS OBRAS

As estruturas de captação situam-se na margem esquerda do rio Jaguaribe, junto à barragem do Castanhão, distando cerca de 200 km de Fortaleza. Essa barragem, atualmente em construção, situa-se no rio Jaguaribe a cerca de 180 km da foz no Oceano Atlântico.

A barragem é facilmente acessível pela rodovia federal BR116. Na margem direita o acesso ao coroamento é direto e na margem esquerda faz-se a partir da estrada que liga a BR116 à cidade de Nova Jaguaribara. Não é possível a passagem de veículos entre as duas margens do rio através do coroamento da barragem.

A estação de bombeamento localiza-se na margem esquerda, em pé-de-barragem, sendo o acesso realizado através de estradas de terra batida com origem na cidade de Nova Jaguaribara.

A derivação para tomada de água e a adutora de sucção podem ser acedidas a partir da margem esquerda, através dos acessos existentes à galeria de tomada de água do açude Castanhão. A adutora de recalque acompanhará o traçado do futuro acesso à estação de bombeamento, a construir, passando ao longo da ombreira esquerda do vertedouro fusível do açude Castanhão e prolongando-se por mais cerca de 800 m até ao atravessamento da rodovia que liga a BR116 à cidade de Nova Jaguaribara, onde tem início o canal de adução.

No Desenho 001 é representada a localização das diferentes obras que constituem a captação d'água.

2.2. CARACTERÍSTICAS DA CAPTAÇÃO

2.2.1 Características gerais

A captação de água compreenderá uma derivação para tomada de água, uma estação de bombeamento, adutoras de sucção e de recalque e uma estrutura de transição entre a captação e a adução, que elevará as vazões derivadas para uma zona alta da margem esquerda do rio Jaguaribe, situada junto do limite urbano da cidade de Nova Jaguaribara, local onde terá início a adução.

Nos itens seguintes apresentam-se as principais características das obras que integram a captação d'água no açude Castanhão.

2.2.2 Estação de bombeamento

A estação de bombeamento, situada na margem esquerda do rio Jaguaribe, imediatamente a jusante do açude Castanhão, apresenta as seguintes características principais:

- **Edifício**
 - Dimensões máximas em planta 65,90 x 27,32 m²
 - Altura máxima acima da fundação 15,30 m
 - Altura máxima acima do solo 9,05 m
 - Cotas dos pisos (de referência)
 - Cota do piso dos grupos..... 60,85 m
 - Cota do piso principal..... 65,00 m
 - Cota do piso da sala de comando 69,25 m
 - Cota da viga de rolamento da ponte rolante 70,85 m
 - Cota da cobertura..... 69,25 e 74,05 m
 - Cota da plataforma exterior (acesso) 64,85 m
 - Cota do eixo dos grupos 62,50 m
 - Cota do eixo das adutoras de sucção e recalque 66,70 m
- **Grupos**
 - Número total de grupos instalados
 - 1^a etapa..... 4 (sem reserva)
 - 2^a etapa (em 2013 ou a instalar em mais etapas).. 8 (1 de reserva)
 - Vazão total..... 22,0 m³/s
 - Vazão unitária 3,15 m³/s
 - Altura nominal de recalque (vazão máxima; 22,0 m³/s) 54,0 m
 - Altura máxima de recalque (vazão reduzida; 18,0 m³/s) 61,6 m
 - Rendimento médio 85,0 à 90,0 %
 - Velocidade de rotação..... 507 a 614 r/min
 - Potência nominal do motor..... 2 200 kW
 - Potência total elétrica 2 x 10 MVA
 - Tensão de alimentação 69 kV
- **Equipamento mecânico e hidromecânico**
 - Tubulações unitárias de sucção
 - diâmetro 1 400 mm
 - pressão nominal..... PN 8 bar
 - válvulas de seccionamento (borboleta) 8 (4 na Etapa 1) x 1 400 mm
 - Tubulações unitárias de recalque
 - diâmetro 1 200 mm
 - pressão nominal..... PN 8 bar
 - válvulas de seccionamento (borboleta) 8 (4 na Etapa 1) x 1 200 mm
 - válvulas anti-retorno 8 (4 na Etapa 1) x 1 200 mm
 - Exaustores de teto 22 (11 na Etapa 1) unidades
 - Ponte rolante..... 20 ton.

- **Equipamento elétrico (objeto de outra concorrência)**
 - Inversores de frequência (8 unidades, sendo 4 na Etapa 1).
 - Transformadores dos grupos (8 unidades, sendo 4 na Etapa 1).
 - Armário 13,8 kV.
 - Quadro de baixa tensão, comando e dos serviços auxiliares.
 - Transformador de serviços auxiliares.
 - Baterias.
 - Grupo Diesel.

- **Sub-estação 69 kV (objeto de outra concorrência)**
 - Dimensões em planta.....38,0 x 18,0 m²
 - Cota da plataforma..... 68,00 m
 - Transformadores (69/10 kV).....2 x 10,0 MVA

- **Outras instalações**
 - Rede de abastecimento de água potável.
 - Rede de drenagem e tratamento de esgotos.
 - Rede de rega.
 - Arranjos exteriores da plataforma e drenagem de águas pluviais.

2.2.3 Adutoras de sucção e de recalque

Características gerais

As adutoras entre a tomada de água, estação de bombeamento e o canal de adução têm um comprimento total de 3 300 m, sendo 800 m relativos à adutora de sucção e 2 500 m correspondentes à adutora de recalque.

As principais características hidráulicas das adutoras são as seguintes:

- Vazão de dimensionamento..... 22,0 m³/s
- Perdas de carga na adução (incluindo estação)..... 8,0 m
- Altura geométrica de recalque (22 m³/s):
 - mínima..... 27,0 m
 - média 35,0 m
 - máxima..... 56,0 m
- Altura manométrica de recalque (22 m³/s):
 - mínima..... 35,0 m
 - média 43,0 m
 - máxima..... 64,0 m

Adutora de sucção

- **Traçado** - O traçado entre a derivação e a estação de bombeamento segue a jusante do paramento em concreto do açude Castanhão, atravessando o leito do rio

Jaguaribe e acompanhando aproximadamente a direção do eixo do açude. Instalação enterrada em vala a montante e aérea no trecho final.

- **Tubulações**

- Comprimento 793 m
- Diâmetro 2 (1 na Etapa 1) x 2 500 mm
- Pressão de serviço..... 4 a 6 bar
- Material aço

- **Obras especiais**

- Descarga de fundo (0+556)
- Blocos de ancoragem (0+186, 0+420 e 0+556).
- Travessias do leito menor do rio.

- **Equipamentos**

- Válvulas de secionamento e juntas de desmontagem DN 2200 mm (2 unidades, nenhuma na Etapa 1);
- Ventosas de triplo efeito (4 unidades, sendo 2 na Etapa 1) na secção de montante, junto à derivação;
- Ventosas de triplo efeito (4 unidades, sendo 2 na Etapa 1) na secção de jusante, junto à estação;
- Juntas de dilatação;
- Entradas de homem;

Aduutora de recalque (alta pressão)

- **Traçado** - O traçado entre a estação de bombeamento e o reservatório unidirecional segue a jusante da ombreira esquerda do açude Castanhão, acompanhando aproximadamente a direção do eixo do açude. Instalação à superfície apoiada em maciços em concreto.

- **Tubulações**

- Comprimento 556 m
- Diâmetro 2 (1 na Etapa 1) x 2 200 mm
- Pressão de serviço..... 4 à 8 bar
- Material aço

- **Obras especiais**

- Blocos de ancoragem (0+346 e 0+556)

- **Equipamentos**

- Válvulas de secionamento e juntas de desmontagem DN 2200 mm (2 unidades, nenhuma na Etapa 1);
- Medidor de vazão (2 unidades, sendo 1 na Etapa 1)
- Ventosas de triplo efeito (4 unidades, sendo 2 na Etapa 1) na seção de montante, junto à estação;
- Ventosas de triplo efeito no bloco de ancoragem M4 (2 unidades, sendo 1 na Etapa 1) e no bloco M5 (2 unidades, sendo 1 na Etapa 1);
- Juntas de dilatação;
- Entradas de homem;

Adutora de recalque (baixa pressão)

- **Traçado** - O traçado entre o reservatório uni-direcional e o canal de adução segue a jusante do dique fusível do açude Castanhão, acompanhando aproximadamente a direção do eixo do açude. Instalação enterrada em vala.
- **Tubulações**
 - Comprimento 1 954 mm
 - Diâmetro 2 (1 na Etapa 1) x 2 500 mm
 - Pressão de serviço..... 2 a 4 bar
 - Material aço ou PRFV
- **Obras especiais**
 - Descarga de fundo (1+418)
 - Blocos de ancoragem (0+790, 1+835 e 2+335)
- **Equipamentos**
 - Ventosas de triplo efeito no bloco de ancoragem M7 (2 unidades, sendo 1 na Etapa 1);
 - Juntas de dilatação;
 - Entradas de homem;

2.2.4 Derivação para tomada de água

A tomada de água da captação é constituída por um derivante na tubulação existente (DN 3 700 mm) da tomada de água do açude Castanhão, envolvido em concreto, seguido de uma câmara onde serão instaladas duas válvulas de seccionamento, a jusante da qual tem início a adutora de sucção. Toda a estrutura, exceto a instalação de equipamentos, será executada na Etapa 1.

- Dimensões do maciço do derivante
 - dimensões exteriores em planta 8,70 x 12,00 m²
 - altura máxima 10,10 m
- Dimensões da câmara
 - dimensões exteriores em planta 7,40 x 10,00 m²
 - altura máxima 9,85 m
- Equipamento principal
 - tubulações em aço 2 x DN 2 500
 - válvulas borboleta 2 (1 na Etapa 1) x DN 2 200
 - ventosas 4 (2 na Etapa 1) x DN 200

2.2.5 Reservatórios uni-direcionais

O reservatório uni-direcional encontra-se ao km 0+556 da adutora de recalque, num local onde também é prevista a construção de um maciço de ancoragem, fazendo-se aí a transição entre

o trecho em alta pressão e o trecho em baixa pressão. As dimensões máximas de toda a estrutura são de 32,00 m por 20,50 m. Apenas uma metade do reservatório será executada na Etapa 1.

- Dimensões de cada reservatório sobre as tubulações em pressão
 - Dimensões de cada reservatório8,00x12,00 m²
 - Altura máxima 4,40 m
- Cotas
 - Fundo do reservatório 106,00 m
 - Nível de água máximo..... 109,50 m
 - Soleira do vertedouro 109,60 m
 - Topo das paredes 109,80 m
- Equipamento principal
 - tubulações em aço 2 (1 na Etapa 1) x DN 2 200/2 500
 - válvulas borboleta 4 (2 na Etapa 1) x DN 1 200
 - válvulas anti-retorno 4 (2 na Etapa 1) x DN 1 200
 - ventosas..... 4 (2 na Etapa 1) x DN 200

2.2.6 Estrutura de transição para o canal adutor

A jusante da adutora de recalque encontra-se a estrutura de transição entre a captação e a adução, constituída por uma câmara de válvulas na tubulação em pressão e por uma zona de transição com escoamento em superfície livre. Toda a estrutura, exceto a instalação de equipamentos, será executada na Etapa 1.

- Dimensões da câmara sobre as tubulações em pressão
 - dimensões exteriores em planta9,40 x 15,75 m²
 - altura máxima..... 10,15 m
- Dimensões da transição em superfície livre
 - dimensões exteriores em planta 14,00 x 14,00 m²
 - altura máxima..... 6,90 m
- Equipamento principal
 - tubulações em aço2 x DN 2 500
 - comportas vagão com servomotor.....4 (2 na Etapa 1) x 1,80x2,20 m²

2.2.7 Acessos

É prevista a construção de uma estrada de acesso à estação de bombeamento, com origem na rodovia de ligação entre a cidade de Nova Jaguaribara e a BR116, cujo traçado acompanhará a adutora de recalque, com um desenvolvimento total de cerca de 2,5 km, largura de 5,0 m e pavimento de asfalto.

A área exterior de implantação da estação de bombeamento será delimitada por uma vedação, definindo um recinto com áreas para circulação, com gramado e iluminação. A sub-estação possuirá vedação e iluminação próprias.

CAPÍTULO 3

ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

3. ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

As investigações geotécnicas realizadas na área da captação e incluídas neste relatório foram realizadas especificamente para a elaboração do presente projeto. No Anexo I apresentam-se os resultados das sondagens realizadas.

As diversas fotografias a que se faz referência ao longo do texto são apresentadas no final do capítulo.

3.2. MAPEAMENTO GEOLÓGICO

A área definida para o sistema de captação e adução, logo a jusante da barragem do Açude Castanhão está inserida numa zona em que são visíveis superficialmente três unidades litoestratigráficas mapeadas geologicamente: embasamento cristalino, formado por rochas pré-cambrianas; Formação Faceira, constituída de sedimentos conglomeráticos de idade Tércio-quaternária; sedimentos aluvionares, de idade Quaternária, ao longo do leito e da planície de inundação do Rio Jaguaribe.

Na margem esquerda do Rio Jaguaribe, cuja cota topográfica é em torno de 60,00 m, ocorre uma faixa de terrenos formados por sedimentos aluvionares constituídos de areias, cascalhos e argilas com espessura média de três metros, fazendo contato com as rochas gnáissicas-migmatíticas do embasamento cristalino, conforme observa-se na Foto 3.1.

No local definido para a estação de bombeamento, onde o terreno apresenta cota topográfica em torno de 70,00 m, ocorrem afloramentos de rochas do embasamento cristalino, com migmatitos granitizados, exibindo sua estrutura bastante homogeneizada, com textura nebulítica. A camada de recobrimento é formada por um solo de formação areno-argilosa, de granulação média, contendo seixos de quartzo e fragmentos de rocha, de coloração avermelhada e espessura média de 1,00 m.

Localmente, bem próximo ao eixo locado, junto da sondagem SM-02, ocorre um grande afloramento de rocha, a nível de superfície, como se pode ver na Foto 3.2.

Seguindo ao longo do traçado, percorre-se através de uma elevação, numa extensão de aproximadamente 700 metros, onde ocorrem diversos afloramentos de grandes proporções,

ora em forma de lajedos, ora em forma de grandes blocos alinhados concordantemente com a lineação regional da foliação, segundo NE-SW, recobertos por uma vegetação mais densa, Foto 3.3.

Quando a topografia do terreno atinge a cota em torno 107,00 m a litologia muda, e as rochas do embasamento cristalino são encobertas por sedimentos conglomeráticos da Formação Faceira, contendo seixos bem rolados de quartzo em uma matriz de solo areno-argilosa de coloração variegada, onde predominam os tons vermelho e amarelo. Próximo ao contato discordante com o embasamento cristalino apresentam-se impregnados por óxido de ferro, formando um horizonte laterítico que caracteriza-se por um aumento na dureza e na coesão. Ocasionalmente é possível visualizar o contato entre as duas formações, como se vê na Foto 3.4.

A linha da adutora prossegue paralelamente à jusante do dique fusível do Açude Castanhão, onde o terreno é formado pelos sedimentos conglomeráticos da Formação Faceira, mantendo-se plano ao longo de toda a extensão do dique (Foto 3.5), sendo que, atualmente a topografia é condicionada pela dissecação mecânica feita na área, para retirada de material para o maciço compactado do Açude Castanhão, tendo sido o terreno cortado, a partir da superfície natural, até profundidades que alcançam quatro metros (Foto 3.6), restando ainda um manto com espessura média da 4,00 m.

A partir da ombreira esquerda do dique fusível, a linha da adutora prossegue ao longo de mais 800 metros de extensão, até o Km 2+500, onde acontece a interseção com a estrada de acesso a Nova Jaguaribara. Nesse trecho o terreno possui uma topografia suave em aclave, e é formado também por sedimentos da Formação Faceira, cuja espessura pode atingir profundidades além de 20,00 m.

Para uma visualização mais clara da geologia local foi elaborado um mapa geológico na escala 1:5 000 (Desenho 003), exibindo os contatos litológicos, identificados através de fotointerpretação com utilização de fotografias aéreas na escala 1:15 000, inserida na base cartográfica com sistema de coordenadas UTM, e ratificada em campo através de caminhamentos com identificação, classificação e localização, através de GPS, dos pontos caracterizados pelas ocorrências e afloramentos existentes.

Além dos contatos litológicos é possível visualizar no mapa a direção preferencial da foliação, na unidade em que ocorrem as rochas gnaissicas-migmatíticas do embasamento cristalino,

segundo NE-SW, e medidas de atitude feitas com utilização de bússola em alguns afloramentos.

Os corpos de afloramentos rochosos mais expressivos estão delimitados e localizados no mapa geológico através de achúrias. São formados por gnáisses e migmatitos com diversas estruturas bandadas e dobradas e algumas vezes bastante homogêneos sem exibição nítida da foliação, apresentando um aspecto nebulítico e uma estrutura granítica de elevada dureza, muitas vezes recortados por diques ácidos que apresentam variadas formas, texturas, espessuras e comprimentos, cujos minerais principais são feldspato e quartzo, ocorrendo como corpos graníticos filoneanos, veios de quartzo e sílica criptocristalina, e corpos pegmatíticos. Esses afloramentos (Foto 3.7) ocorrem bem próximo aos locais de implantação das estruturas de captação e adução, e caso não hajam impedimentos de ordem ambiental ou outra razão qualquer, podem ser explorados como pedreiras para atender à demanda de materiais pétreos.

3.3. INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS

No local definido para a estação de bombeamento foram executados dois furos de sondagem mista, iniciadas a percussão e prosseguidas com rotativa (SM-01 e SM-02), indicadas no mapa geológico apresentado no Desenho 003. A sondagem SM-01 (coordenadas: N-9.393.622 E-561.098) indicou um recobrimento de solo areno-argiloso até 1,40 m de profundidade, com alta resistência de SPT e foi prosseguida através de perfuração com rotativa em rocha até a profundidade de 5,40 m, com recuperação média de testemunhos de 70%. A sondagem SM-02 (coordenadas: N-9.393.625 E-561.057) evidenciou a camada de solo areno-argiloso a 1,00m de profundidade, sendo prosseguida com rotativa até 5,00 m de profundidade, com recuperação média, em rocha, de 68%. A sondagem SM-02 é apresentada em corte no perfil geológico-geotécnico apresentado desenho acima referido. Por motivo de superposição com a SM-02, não é apresentada em perfil a sondagem SM-01. Os resultados dessas sondagens indicam o topo da rocha variando entre a cota 65,00 m a 70,00 m.

Além das sondagens mistas no local da estação de bombeamento, foram executadas, ao longo da adutora de recalque, três sondagens a percussão, nas posições indicadas no mapa geológico, ou seja: SP-01 (coordenadas: N-9.394.173 E-561.116), SP-02 (coordenadas: N-9.394.316 E-561.303) e SP-03 (coordenadas: N-9.395.194 E-561.130). Os resultados dessas sondagens indicam a espessura dos sedimentos situados no trecho correspondente à extensão do dique fusível do Açude Castanhão, que em média é de 4,00 m, a partir da superfície de cota 105,00 m. Todas as sondagens à percussão estão apresentadas no perfil geológico -geotécnico do desenho acima referido.

Foram também realizadas quatro sondagens mistas ao longo da adutora de sucção, iniciadas à percussão e prosseguidas a rotativa, nas posições indicadas no mapa geológico do Desenho 003, ou seja: SMS-01 (coordenadas: N-9.393.040 E-560.914), SMS-02 (coordenadas: N-9.393.155 E-560.927), SMS-03 (coordenadas: N-9.393.271 E-560.939) e SMS-04 (coordenadas: N-9.393.325 E-560.981). Os resultados dessas sondagens indicam a espessura dos sedimentos situados no trecho correspondente à extensão do corpo em concreto do Açude Castanhão, que em média é de 10-12,00 m, a partir da superfície de cota aproximada de cerca de 55,00 m. Verifica-se contudo que na sondagem SMS-1, correspondente à zona mais próxima do leito do rio, a espessura de sedimentos é superior a 25 m. Todas as sondagens à percussão estão apresentadas no perfil geológico-geotécnico do desenho acima referido.

As condições geomecânicas da área da estação de bombeamento, através dos resultados obtidos pelas sondagens, indicam uma situação bastante favorável em termos de capacidade de suporte, permitindo a adoção de fundações rasas, tipo sapatas isoladas ou corridas, ou ainda radier.

Os perfis individuais de cada sondagem são indicados no Anexo 1, no final deste relatório, conforme a seguinte numeração: SM-01, SM-02, SP-01, SP-02, SP-03, SMS-1, SMS-2, SMS-3, SMS-4.

3.4. CONDIÇÕES DE FUNDAÇÃO DAS ESTRUTURAS

Na zona do derivante das condutas de tomada da barragem, onde se inicia a captação no primeiro trecho até junto da baixa aluvionar do rio, não se prevêem quaisquer problemas de fundação das adutoras, sendo mesmo visível, em diversos cortes de escavações já efetuadas na zona, o substrato rochoso consistente aflorando a pouca profundidade. Para assegurar a regularidade e homogeneidade do terreno de fundação poderá ser necessário o recurso pontual a desmonte por explosivo.

Os trechos seguintes do traçado das adutoras, que correspondem ao atravessamento da baixa aluvionar e da calha do rio Jaguaribe, interessam uma zona onde as formações aluvionares têm espessuras importantes que poderão dificultar a implantação da tubulação, havendo essencialmente que prevenir a ocorrência de eventuais movimentos de reajustamento. A instalação da tubulação enterrada em vala, devidamente protegida dos níveis de jusante do rio, e fixada criteriosamente, poderá ser uma solução adequada ao problema.

Na margem esquerda a instalação da adutora e a fundação da estação de bombeamento não levantarão em princípio dificuldades significativas, dado que ocorrem aí superficialmente formações rochosas consistentes. Haverá sobretudo que acautelar a necessidade de regularizar a fundação da estação, o que devido à ocorrência freqüente de blocos de grande dimensão e ao reconhecimento de algumas zonas de maior ou menor alteração do maciço, poderá obrigar a algum trabalho de desmonte a fogo e de enchimento de concreto.

O trecho da tubulação de recalque correrá num traçado topograficamente adequado, interessando essencialmente uma cava entre dois pequenos morros, numa faixa perto de onde hoje se implantam os postes de uma linha elétrica, e com o substrato aflorante ou ocorrendo, em princípio, a pequena profundidade.

O trecho final desta tubulação, e a área de implantação da estrutura de ligação ao canal de adução, interessa terrenos consistentes com um nível superficial de espessura importante de solos finos, correspondendo-lhe uma topografia muito regular. Nesta zona podem observar-se diversos cortes com alguma importância, inerentes à utilização desta área como empréstimo de solos finos para a barragem. Estas formações apresentam boa consistência e homogeneidade, pelo que, face à dimensão e solicitação moderadas das infra-estruturas a implantar, não se prevêem quaisquer dificuldades significativas de fundação ou de execução dos trabalhos respetivos de terraplenagem.

Finalmente, refira-se que a eventual utilização de explosivos para desmonte de rocha deve ser precedida de avaliação dos riscos em função da necessidade de preservação das instalações existentes, designadamente o açude Castanhão e a zona urbana da cidade de Nova Jaguaribara.



Foto 3.1 – Contato entre o sedimento aluvionar e o embasamento cristalino, na margem esquerda do Rio Jaguaribe, na Est. 31 do eixo locado, próximo ao local da captação.



Foto 3.2 – Afloramento de rocha granitizada, em forma de lajedo, próximo ao local da estação de bombeamento.



Foto 3.3 – Vista geral da área de captação na calha do Rio Jaguaribe, e da elevação onde será implantada a estação de bombeamento. Em segundo plano as obras do Açude Castanhão, vendo-se a torre da tomada d'água.



Foto 3.4 – Contato do conglomerado da Formação Faceira com o embasamento cristalino.



Foto 3.5 – Eixo da adutora no terreno plano escavado, formado por sedimentos da Formação Faceira, à jusante do dique fusível do Açude Castanhão.



Foto 3.6 – Corte do terreno sedimentar da Formação Faceira, à jusante do dique fusível do Açude Castanhão.



Foto 3.7. – Grande afloramento de rocha, próximo à área de captação.

CAPÍTULO 4

ESTUDOS HIDRÁULICOS

4. ESTUDOS HIDRÁULICOS

4.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

No presente capítulo são apresentadas as condições de funcionamento hidráulico da captação, compreendendo uma primeira parte onde se inclui uma descrição das condições de operação previstas para o reservatório Castanhão, a que se segue a descrição do funcionamento em regime permanente e do funcionamento em regime transitório, designadamente o estudo da proteção do sistema de recalque contra os efeitos do golpe de aríete.

Os cálculos hidráulicos detalhados são apresentados em anexo (Tomo 3). O estudo dos regimes transitórios (choque hidráulico) é apresentado no Anexo II e a determinação do diâmetro econômico adotado para as tubulações no Anexo III.

4.2. CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DA CAPTAÇÃO

4.2.1 Vazão de dimensionamento da transposição

A determinação da vazão de dimensionamento da transposição resultou dos estudos de simulação da operação integrada dos sistemas de reservatórios das bacias do Jaguaribe e das Bacias Metropolitanas, de forma a otimizar a utilização simultânea dos recursos hídricos de ambas as bacias hidrográficas, procurando maximizar o volume global de água fornecido para o conjunto da região e minimizar a vazão de dimensionamento da transposição.

No estudo de demandas realizado também no âmbito do presente Projeto, foi estimada a evolução anual dos volumes e das vazões captadas e aduzidas pela transposição Castanhão-Fortaleza até ao ano horizonte de projeto, que se recapitula no Quadro 4.1 e na Figura 4.1 para o Trecho 1 da adução.

Verifica-se que a evolução da vazão prevista para a transposição, permite considerar o faseamento da execução das obras da captação, embora o crescimento inicial estimado das demandas seja bastante rápido.

Destes estudos resultou que a vazão máxima (na origem) a considerar para a transposição e para o ano horizonte de projeto (2030) será de 22 m³/s, sendo 15 m³/s destinados à satisfação das demandas da RMF e 7 m³/s para irrigação ao longo da transposição. A vazão de dimensionamento da captação d'água no açude Castanhão e do Trecho 1 da adução será assim de 22,0 m³/s.

QUADRO 4.1
EVOLUÇÃO ANUAL DOS VOLUMES E DAS VAZÕES DA TRANSPOSIÇÃO CASTANHÃO-FORTALEZA

| Ano | Volumes anuais aduzidos (hm³/ano) | | | | Vazão máxima aduzida (m³/s) | | | | | Vazão por trechos (m³/s) | | | |
|--------------|--------------------------------------|-----------------|----------------|-------|--------------------------------|-----------------|----------------|---------------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| | Para a RMF | Para o Banabuiú | Para o Pirangí | Total | Para a RMF | Para o Banabuiú | Para o Pirangí | Das bacias metropolitanas | Total captação | 1 (Castanhão-Banabuiú) | 2 (Banabuiú-Pirangí) | 3 (Pirangí-Pacajús) | 4 (Pacajús Pacoti) |
| 1999 - atual | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2000 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2001 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2002 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2003 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2004 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2005 | 144,1 | 2,0 | 4,1 | 211,4 | 3,0 | 6,0 | 1,0 | -3,0 | 10,0 | 10,0 | 4,0 | 3,0 | 0,0 |
| 2006 | 155,6 | 2,6 | 4,1 | 228,3 | 3,8 | 6,0 | 1,0 | -3,0 | 10,8 | 10,8 | 4,8 | 3,8 | 0,8 |
| 2007 | 167,2 | 3,1 | 4,1 | 245,2 | 4,6 | 6,0 | 1,0 | -3,0 | 11,6 | 11,6 | 5,6 | 4,6 | 1,6 |
| 2008 | 178,7 | 3,7 | 4,1 | 262,1 | 5,4 | 6,0 | 1,0 | -3,0 | 12,4 | 12,4 | 6,4 | 5,4 | 2,4 |
| 2009 | 190,2 | 4,2 | 4,1 | 279,0 | 6,2 | 6,0 | 1,0 | -3,0 | 13,2 | 13,2 | 7,2 | 6,2 | 3,2 |
| 2010 | 201,8 | 4,8 | 4,1 | 295,9 | 7,0 | 6,0 | 1,0 | -3,0 | 14,0 | 14,0 | 8,0 | 7,0 | 4,0 |
| 2011 | 207,5 | 5,0 | 4,1 | 304,4 | 7,4 | 6,0 | 1,0 | -3,0 | 14,4 | 14,4 | 8,4 | 7,4 | 4,4 |
| 2012 | 213,3 | 5,3 | 4,1 | 312,8 | 7,8 | 6,0 | 1,0 | -3,0 | 14,8 | 14,8 | 8,8 | 7,8 | 4,8 |
| 2013 | 219,0 | 5,6 | 4,1 | 321,3 | 8,2 | 6,0 | 1,0 | -3,0 | 15,2 | 15,2 | 9,2 | 8,2 | 5,2 |
| 2014 | 224,8 | 5,9 | 4,1 | 329,7 | 8,6 | 6,0 | 1,0 | -3,0 | 15,6 | 15,6 | 9,6 | 8,6 | 5,6 |
| 2015 | 230,6 | 6,1 | 4,1 | 338,2 | 9,0 | 6,0 | 1,0 | -3,0 | 16,0 | 16,0 | 10,0 | 9,0 | 6,0 |
| 2016 | 236,3 | 6,4 | 4,1 | 346,6 | 9,4 | 6,0 | 1,0 | -3,0 | 16,4 | 16,4 | 10,4 | 9,4 | 6,4 |
| 2017 | 242,1 | 6,7 | 4,1 | 355,1 | 9,8 | 6,0 | 1,0 | -3,0 | 16,8 | 16,8 | 10,8 | 9,8 | 6,8 |
| 2018 | 247,9 | 7,0 | 4,1 | 363,5 | 10,2 | 6,0 | 1,0 | -3,0 | 17,2 | 17,2 | 11,2 | 10,2 | 7,2 |
| 2019 | 253,6 | 7,2 | 4,1 | 372,0 | 10,6 | 6,0 | 1,0 | -3,0 | 17,6 | 17,6 | 11,6 | 10,6 | 7,6 |
| 2020 | 259,4 | 7,5 | 4,1 | 380,5 | 11,0 | 6,0 | 1,0 | -3,0 | 18,0 | 18,0 | 12,0 | 11,0 | 8,0 |
| 2021 | 265,2 | 7,8 | 4,1 | 388,9 | 11,4 | 6,0 | 1,0 | -3,0 | 18,4 | 18,4 | 12,4 | 11,4 | 8,4 |
| 2022 | 270,9 | 8,0 | 4,1 | 397,4 | 11,8 | 6,0 | 1,0 | -3,0 | 18,8 | 18,8 | 12,8 | 11,8 | 8,8 |
| 2023 | 276,7 | 8,3 | 4,1 | 405,8 | 12,2 | 6,0 | 1,0 | -3,0 | 19,2 | 19,2 | 13,2 | 12,2 | 9,2 |
| 2024 | 282,5 | 8,6 | 4,1 | 414,3 | 12,6 | 6,0 | 1,0 | -3,0 | 19,6 | 19,6 | 13,6 | 12,6 | 9,6 |
| 2025 | 288,2 | 8,9 | 4,1 | 422,7 | 13,0 | 6,0 | 1,0 | -3,0 | 20,0 | 20,0 | 14,0 | 13,0 | 10,0 |
| 2026 | 294,0 | 9,1 | 4,1 | 431,2 | 13,4 | 6,0 | 1,0 | -3,0 | 20,4 | 20,4 | 14,4 | 13,4 | 10,4 |
| 2027 | 299,8 | 9,4 | 4,1 | 439,6 | 13,8 | 6,0 | 1,0 | -3,0 | 20,8 | 20,8 | 14,8 | 13,8 | 10,8 |
| 2028 | 305,5 | 9,7 | 4,1 | 448,1 | 14,2 | 6,0 | 1,0 | -3,0 | 21,2 | 21,2 | 15,2 | 14,2 | 11,2 |
| 2029 | 311,3 | 10,0 | 4,1 | 456,5 | 14,6 | 6,0 | 1,0 | -3,0 | 21,6 | 21,6 | 15,6 | 14,6 | 11,6 |
| 2030 | 317,0 | 10,2 | 4,1 | 465,0 | 15,0 | 6,0 | 1,0 | -3,0 | 22,0 | 22,0 | 16,0 | 15,0 | 12,0 |

Notas:

- Volumes (465,0 hm³/ano) e vazões (27,0 m³/s) aduzidas no horizonte de projeto (2030) obtidos da simulação da operação dos reservatórios.
- Evolução anual das vazões aduzidas obtida do balanço concentrado entre demandas e recursos ao longo do tempo.

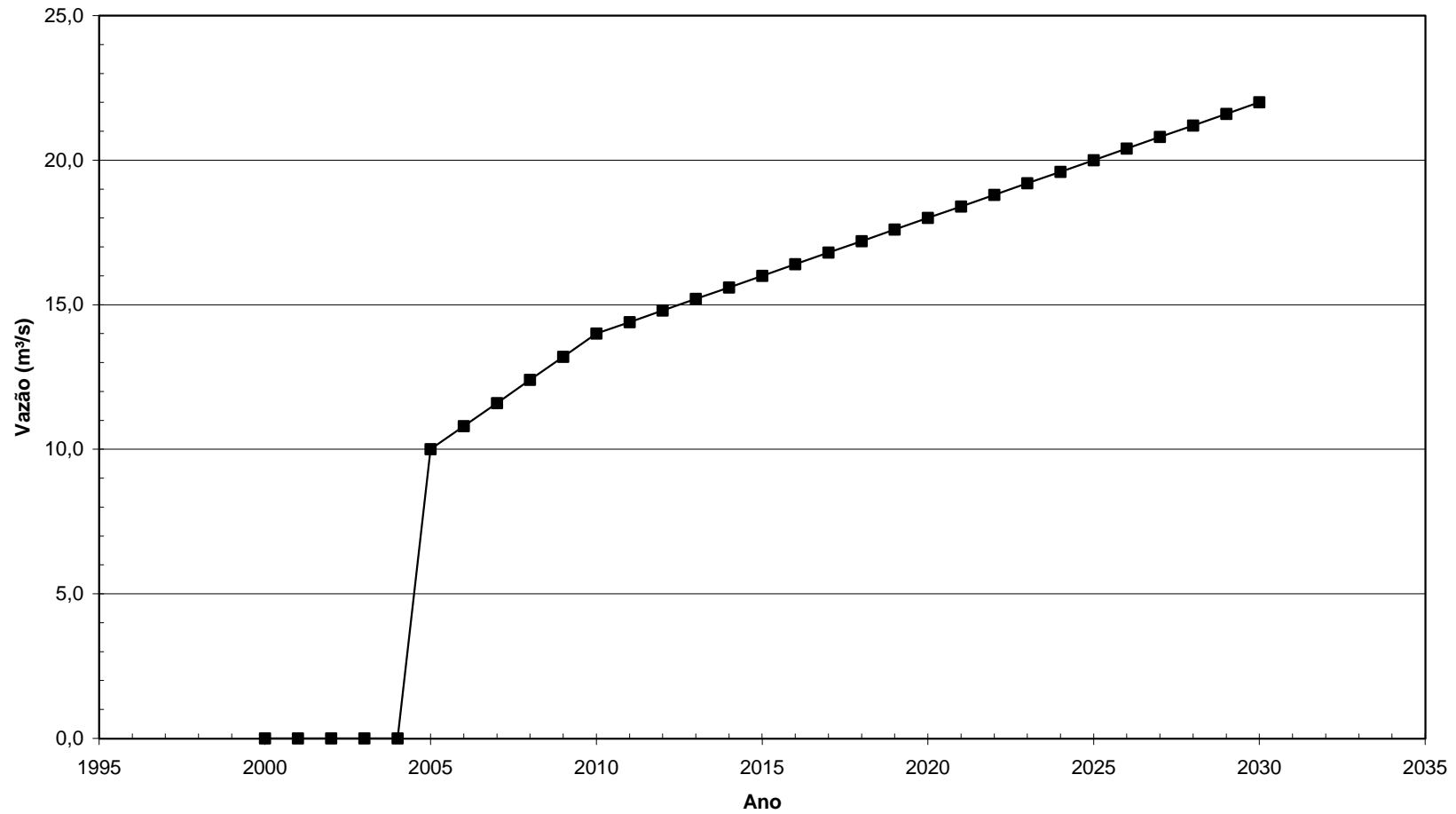


FIGURA 4.1
EVOLUÇÃO ANUAL DAS VAZÕES DERIVADAS PELA TRANSPosição CASTANHÃO-FORTALEZA

Na primeira etapa de construção serão instalados metade dos equipamentos previstos para a vazão nominal, ou seja 4 de 8 grupos; verifica-se contudo que nesse período a capacidade efetiva de vazão será superior a metade da capacidade final, ou seja será de cerca de 12,6 m³/s (superior à vazão máxima estimada necessária em 2008), dado que nos 8 grupos totais se inclui um de reserva (ver curvas dos grupos apresentadas no capítulo 6).

Na realidade a vazão máxima que poderá ser bombeada na Etapa 1 será ainda superior, dado que nesse período, em que os consumos serão menores, o reservatório do Castanhão apresentará certamente níveis de água superiores aos considerados para o dimensionamento da instalação final, havendo assim disponibilidade para aumentar a vazão elevada pelos 4 grupos disponíveis na Etapa 1 através do aumento da velocidade de rotação dos grupos. Poderá assim atingir-se a vazão máxima de cerca de 14,5 m³/s (equivalente à vazão máxima estimada necessária em 2012). Verifica-se assim que a segunda Etapa de instalação dos equipamentos deveria ocorrer cerca 8 anos após a entrada em serviço de toda a transposição, prevista para 2005, ou seja em 2013.

Para efeitos de cálculo considera-se contudo que a entrada em serviço da Etapa 2 ocorrerá 10 anos após a entrada em serviço da Etapa 1, ou seja em 2015, dado que existe alguma incerteza sobre a data em que efetivamente será necessário proceder à ampliação da capacidade do sistema.

4.2.2 Níveis de água no reservatório do açude Castanhão

Os estudos de simulação da operação integrada dos sistemas de reservatórios das bacias hidrográficas do Jaguaribe e das Bacias Metropolitanas indicam também, como dado de base para o dimensionamento da captação, a variação mensal de níveis verificada no reservatório do açude Castanhão ao longo do período de simulação.

O conhecimento da variação do nível de água no reservatório permite por um lado a seleção dos equipamentos de bombeamento mais adequados e, por outro, a estimativa da energia consumida no bombeamento.

Na Figura 4.2 é apresentada a variação dos níveis de água e dos volumes armazenados no reservatório Castanhão para o período de simulação considerado de 83 anos. Na Figura 4.3 encontra-se representada a curva de freqüências dos diferentes níveis de água no reservatório Castanhão. O nível de água médio no reservatório corresponde à cota 92,4 m, e o nível atingido com uma freqüência de 50% corresponde à cota 93,9 m. Nessa figura são também indicados os volumes fornecidos através do canal e a energia de bombeamento por metro de altura de elevação.

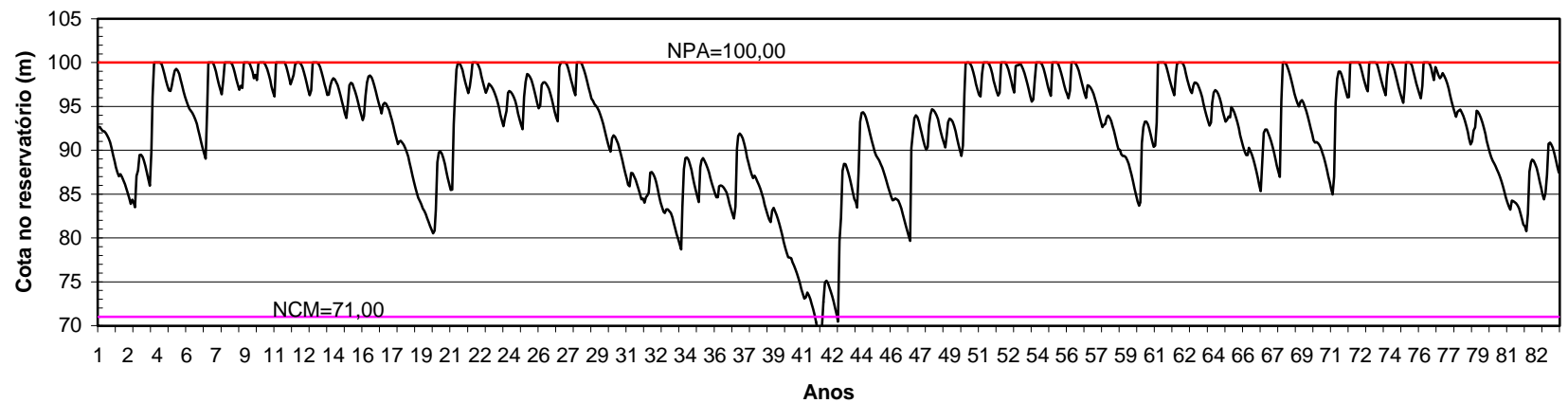
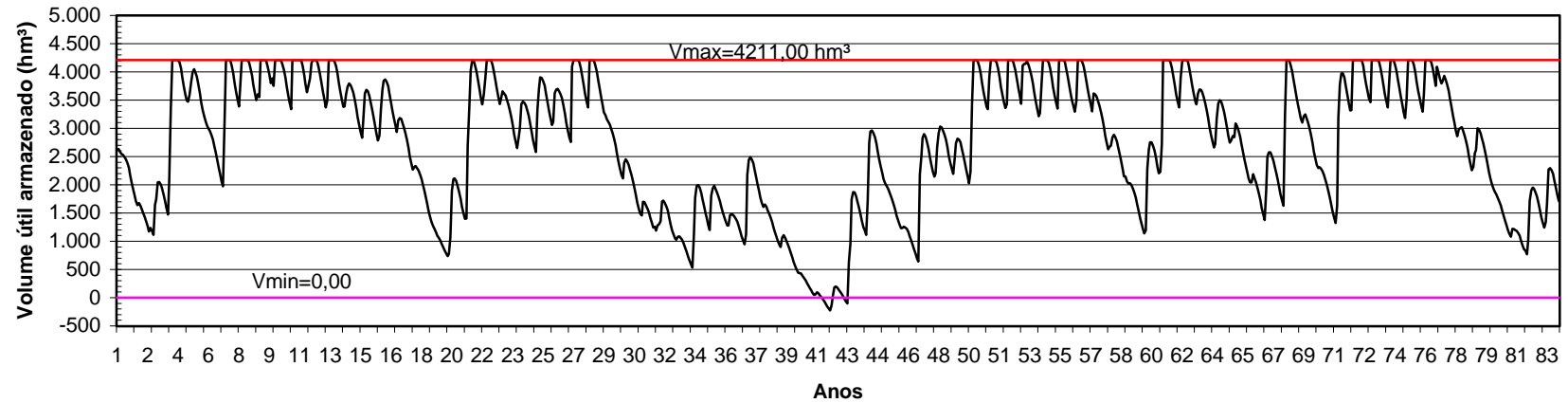


FIGURA 4.2
EXPLORAÇÃO DO RESERVATÓRIO CASTANHÃO. VOLUMES ÚTEIS ARMAZENADOS E NÍVEIS NO RESERVATÓRIO

| Frequência (-) | Cota (m) | Vol. fornecido (hm ³ /an) | Energia (GWh/ano/m) |
|----------------|-------------|--------------------------------------|---------------------|
| 1,00 | 66,7 | 1,2 | 0,004 |
| 0,95 | 80,9 | 5,0 | 0,016 |
| 0,90 | 83,7 | 6,2 | 0,020 |
| 0,85 | 85,1 | 6,7 | 0,021 |
| 0,80 | 86,8 | 9,7 | 0,031 |
| 0,75 | 88,0 | 33,1 | 0,106 |
| 0,70 | 89,2 | 47,5 | 0,152 |
| 0,65 | 90,4 | 47,6 | 0,152 |
| 0,60 | 91,7 | 48,4 | 0,155 |
| 0,55 | 93,0 | 49,6 | 0,159 |
| 0,50 | 93,9 | 50,1 | 0,160 |
| 0,45 | 95,0 | 51,5 | 0,165 |
| 0,40 | 96,1 | 53,2 | 0,170 |
| 0,35 | 96,7 | 54,5 | 0,175 |
| 0,30 | 97,3 | 54,7 | 0,175 |
| 0,25 | 98,0 | 55,1 | 0,176 |
| 0,20 | 98,6 | 55,3 | 0,177 |
| 0,15 | 99,4 | 55,3 | 0,177 |
| 0,10 | 100,0 | 56,2 | 0,180 |
| 0,05 | 100,0 | 60,4 | 0,193 |
| 0,00 | - | - | - |
| média | 92,4 | - | - |

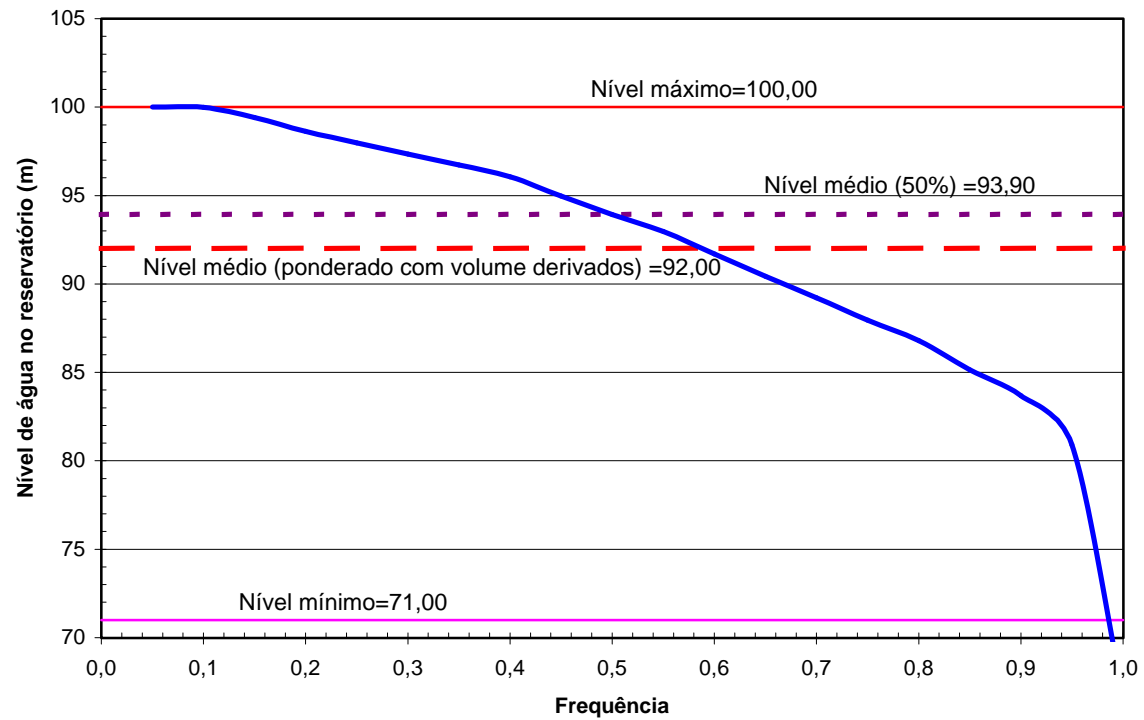


FIGURA 4.3
EXPLORAÇÃO DO RESERVATÓRIO CASTANHÃO. CURVA DE FREQUÊNCIAS DOS NÍVEIS DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO

Para a estimativa da energia consumida no bombeamento interessa o conhecimento do nível médio da água no reservatório Castanhão, ponderado com os volumes efetivamente derivados em cada instante (mês) da simulação (sem a transferência do rio São Francisco). Este valor médio corresponde à cota 92,0 m (volume armazenado de 2 500 hm³), que será considerada como nível de referência para dimensionamento.

4.2.3 Transição entre a captação e a adução

A ligação da tubulação de recalque da captação com o canal de adução situa-se num ponto alto da margem esquerda do Jaguaribe, próximo da estação de bombeamento, que permite a adução por gravidade até aos açudes do atual sistema de abastecimento da RMF.

A cota piezométrica a garantir no início do canal de adução é de cerca de 127,00 m, valor este que resulta dos estudos hidráulicos realizados para o canal de adução.

A ligação entre a captação e a adução é realizada através da construção de uma pequena câmara de transição entre o escoamento em pressão da captação e o escoamento em superfície livre no canal de adução. Esta estrutura não é utilizada para regulação do arranque e paragem dos grupos da estação de bombeamento, pelo que possui dimensões reduzidas.

4.3. DIÂMETRO ECONÔMICO DAS TUBULAÇÕES

O diâmetro adotado para as tubulações das adutoras de sucção e de recalque resultou de uma otimização entre os custos de investimento para construção da tubulação e o valor atualizado da energia consumida em perdas de carga durante o período de vida útil das tubulações. São também considerados os custos de manutenção ao longo desse período.

Foram considerados diferentes diâmetros de tubulações, número de tubulações, condições de instalação e pressões de serviço, de forma a estabelecer para cada situação específica qual o diâmetro que conduz ao menor custo global.

Foi considerada como solução base o escoamento da vazão de dimensionamento prevista de 22 m³/s, contudo os cálculos foram também realizados para diferentes valores da vazão. Considerou-se um coeficiente de perda de carga de Manning-Strickler de 90 m^{1/3}/s e um rendimento médio dos grupos de 85%.

A espessura das tubagens, considerando a sua construção em aço, foi dimensionada através da fórmula de Mariotte com pressão em regime transitório de 1,25 vezes a pressão máxima de

serviço e com um fator de segurança de 2,0 em relação à tensão limite admissível no aço. Admitiu-se um peso adicional de aço de 10% para reforços. Considerou-se um custo de 4,50 R\$/kg para o aço em tubulações e que os maciços de apoio e de ancoragem representam 20% do custo total.

O preço médio considerado para a energia consumida foi de 0,030 R\$/kWh, a que acresce o preço médio da potência disponível de 32 R\$/kW/ano. Adicionalmente considerou-se também um preço médio para a potência marginal instalada de 1 200 R\$/kW, representando a variação do custo da estação de bombeamento com a potência instalada.

Admitiu-se a taxa de atualização dos investimentos de 12% e considerou-se um período de vida útil das obras de 40 anos. Para a determinação do valor atualizado da energia consumida considerou-se a série de vazões derivadas obtidas nos estudos de simulação da operação do açude Castanhão.

Foram consideradas situações com pressões de serviço de 4 e 7 bar, correspondentes a diferentes trechos de tubulação das adutoras de sucção e de recalque e considerando a instalação de 1, 2 ou 3 tubulações (para a vazão de 22,0 m³/s). No Anexo III (Tomo 3) apresentam-se os cálculos detalhados realizados.

Em função dos resultados obtidos foram adotados para a captação os seguintes diâmetros de tubulações:

- 2 x 2 500 mm para as tubulações de sucção, resultando uma velocidade de escoamento de 2,2 m/s e perda de carga de 1,16 m/km.
- 2 x 2 200 mm para as tubulações de recalque de maior pressão (a montante do reservatório uni-direcional), resultando uma velocidade de escoamento de 2,9 m/s e perda de carga de 2,30 m/km.
- 2 x 2 500 mm para as tubulações de recalque de menor pressão (a jusante do reservatório uni-direcional), resultando uma velocidade de escoamento de 2,2 m/s e perda de carga de 1,16 m/km.

Os diâmetros adotados correspondem a diâmetros um pouco inferiores ao diâmetro ótimo de cálculo, atendendo a que o aumento no valor atualizado líquido é mínimo e que se obtém um custo de construção significativamente inferior (a curva de custos totais na região de diâmetros

próximos do ótimo é muito plana, pelo em termos de custos totais atualizados é indiferente a utilização de qualquer desses valores de diâmetro).

Embora as adutoras de sucção e de recalque apresentem pressões de serviço semelhantes, foi adotado um diâmetro superior para a adutora de sucção atendendo ao interesse em limitar as perdas de carga nesse trecho a montante da estação de bombeamento. Poderá assim implantar-se a estação a cotas mais altas (terrenos de características mais adequadas e acima do nível de cheia do rio Jaguaribe) e evita-se simultaneamente a necessidade de instalação de dispositivos de proteção contra o choque hidráulico na adutora de sucção.

Serão utilizadas duas tubulações, quer para a sucção quer para o recalque, embora em termos de custos de instalação a solução de uma única apresente sempre um custo inferior. A utilização de duas tubulações permitirá contudo o faseamento da sua construção, com o benefício econômico associado. A importante vazão prevista, de 22 m³/s, e as questões de segurança de exploração e facilidade de manutenção aconselham também a utilização de duas tubulações.

4.4. FUNCIONAMENTO EM REGIME PERMANENTE

O sistema de bombeamento da captação, destina-se à alimentação do canal de adução através de adutoras de sucção e de recalque com cerca de 3 300 m de comprimento, com origem na tomada de água existente do açude Castanhão.

A adutora de sucção entre a captação e a estação de bombeamento, com um desenvolvimento de cerca de 800 m, é constituída por duas tubulações de diâmetro constante e igual a 2 500 mm, não existindo derivações ao longo do seu desenvolvimento. Esta adutora tem início numa derivação a construir na tubulação de aço existente da tomada de água do açude Castanhão, com diâmetro de 3700 mm. O desenvolvimento dessa tubulação, no trecho entre a entrada da tomada de água e a seção de derivação, é de cerca de 200 m.

A adutora de recalque entre a estação de bombeamento e o canal de adução, tem um primeiro trecho de alta pressão com 560 m de desenvolvimento e duas tubulações de 2 200 mm, que termina no reservatório uni-direcional. O segundo trecho da adutora de recalque faz a ligação entre o reservatório uni-direcional e o canal de adução, tendo um desenvolvimento de 1 940 m e sendo constituída por duas tubulações de 2 500 mm de diâmetro.

A vazão nominal da estação de bombeamento é de 22,0 m³/s repartido por sete grupos funcionando em paralelo, sendo instalado um grupo adicional de reserva. Numa primeira fase serão instalados apenas 4 grupos para um caudal nominal de 12,6 m³/s.

A vazão máxima de projeto prevista para as adutoras é de 22,0 m³/s. A montante da derivação, no trecho comum à tomada de água do açude Castanhão, considerou-se o escoamento de uma vazão máxima adicional de 14 m³/s, libertada pelas válvulas dispersoras e destinada à irrigação no vale do rio Jaguaribe, resultando uma vazão total de projeto de 36 m³/s.

A capacidade máxima de descarga das válvulas dispersoras é bastante superior a 14 m³/s, tendo sido dimensionadas para 50 m³/s, na situação de funcionamento como descarga de fundo do açude. Verifica-se contudo que nessa situação de operação ocorrerá em períodos de tempo reduzidos, que corresponderão a ocorrências de excesso de recursos hídricos disponíveis, não sendo previsível que nessas ocasiões haja necessidade de manter a estação de bombeamento em funcionamento. Nessas situações temporárias será contudo ainda possível a operação da estação de bombeamento, resultando unicamente no aumento da altura de elevação para uma mesma vazão bombeada. Considerou-se assim para dimensionamento da captação a vazão de 14 m³/s descarregada pelas válvulas dispersoras (situação habitual), quer para o cálculo do regime permanente quer para o cálculo do regime transitório.

Os níveis de água a montante da estação de bombeamento são variáveis entre a cota 71,00 m do nível mínimo de operação do açude e a cota 100,00 m do nível de pleno armazenamento; o nível máximo poderá atingir a cota 106,00 m para controlo de cheias ou a cota 108,80 m em situação de cheia excepcional (período de retorno de 10 000 anos) - estes dados foram obtidos do projeto do açude Castanhão. Para dimensionamento das tubagens foi considerada a cota 106,00 m. O nível médio de referência adotado, ponderando os níveis de água no reservatório com os volumes derivados no período de simulação da operação do reservatório, foi de 92,0 m.

A cota piezométrica necessária a jusante, no início do canal de adução, é de 127,00 m, considerando a vazão máxima da transposição. Este valor foi considerado constante.

A diferença entre as cotas piezométricas a jusante e montante define a altura geométrica de elevação, que é variável entre 27 e 56 m, sendo o valor médio de 35 m.

O dimensionamento hidráulico das tubulações foi efetuado atendendo às perdas de carga provocadas pela vazão máxima a escoar no ano do horizonte de projeto. As perdas de carga

foram calculadas pela fórmula de Colebrook-White, tendo-se admitido uma rugosidade absoluta equivalente da conduta de 0,10 mm. Este valor permite ter em conta as perdas de carga localizadas em condutas de grande comprimento e diâmetro, provocadas pelas juntas, curvas, válvulas, etc. Para as tubagens do interior da estação de bombeamento as perdas de carga contínuas foram calculadas pela fórmula de Manning-Strickler com um coeficiente de perda de carga contínua, K_s , de $90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (equivalente a um coeficiente n de Manning de $0,011 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$). As perdas localizadas são calculadas em função da energia cinética do escoamento, $\Delta H = K V^2/(2g)$, sendo o coeficiente de perda de carga localizada, K , função do tipo de elemento.

As perdas de carga totais são calculadas em função dos comprimentos das tubulações de sucção e de recalque e das tubulações no interior da estação de bombeamento, resultando as respetivas alturas manométricas de elevação. Para a vazão máxima de $22 \text{ m}^3/\text{s}$ as perdas de carga são de 8,00 m, sendo 2,40 m na adutora de sucção e 5,60 m na adutora de recalque.

As perdas de carga no conjunto do sistema elevatório (ΔH) são dadas pelas seguintes expressões em função da vazão bombeada (Q):

- Tubulação de sucção (incluindo tomada de água): $\Delta H = 0.00496 Q^{2.0}$
- Tubulação de recalque: $\Delta H = 0.01156 Q^{2.0}$
- Total: $\Delta H = 0.01653 Q^{2.0}$

A altura manométrica de elevação varia assim entre 35 e 64 m, sendo o valor médio calculado de 43 m.

Em regime permanente, a pressão máxima na adutora de sucção é de 6 bar; na adutora de recalque a pressão máxima atinge 8 bar a montante da chaminé de equilíbrio e 4 bar a jusante. A pressão máxima para as tubagens no interior da estação elevatória é de 8 bar.

No Quadro 4.2 apresentam-se os cálculos das perdas de carga nas tubulações de sucção e de recalque, assim como as alturas de elevação na estação de bombeamento. São também indicadas as cotas piezométricas em diversos pontos ao longo do circuito hidráulico. Na Figuras 4.4 e no Desenho 002 representam-se as linhas piezométricas ao longo das adutoras de sucção e de recalque.

No Quadro 4.3 e na Figura 4.5 apresentam-se os cálculos das perdas de carga nas tubulações de sucção e de recalque e linhas piezométricas ao longo das adutoras para a vazão máxima da Etapa 1 ($12,6 \text{ m}^3/\text{s}$) e utilização de uma única adutora. Verifica-se que relativamente à situação final da Etapa 2 as diferenças existentes não são significativas, existindo um acréscimo de perda de carga total de 2,0 m.

QUADRO 4.2

COTAS PIEZOMÉTRICAS, PERDAS DE CARGA E ALTURAS DE ELEVAÇÃO DA CAPTAÇÃO (Etapa 2 - Q=22,0 m³/s; 2 adutoras)

FUNCIONAMENTO PARA A VAZÃO MÁXIMA DERIVADA:

- Transposição (RMF e Irrigação)..... 2 x 11,0 m³/s = 22,0 m³/s
 - Irrigação a jusante do açude..... 2 x 7,0 m³/s = 14,0 m³/s
 - Total..... 2 x 18,0 m³/s = 36,0 m³/s

| Trecho / Local | | Distância à origem (m) | | Comprimento do troço (m) | Diâmetro (m) | Vazão (1 tubulação) (m³/s) | Velocidade (m/s) | Perdas de carga | | | | Perda de carga total (m) | Cota piezométrica para a vazão máxima (m) | | | | | | |
|--|---------------------------------------|------------------------|-------|--------------------------|--------------|----------------------------|------------------|-----------------|-----------|-------------|-----------|--------------------------|---|---------|----------|---------|----------|---------|--------|
| | | mont. | jus. | | | | | Contínuas | | Localizadas | | | Mínima | | Média | | Máxima | | |
| | | | | | | | | Coef. Ks (-) | Valor (m) | Coef. K (-) | Valor (m) | | montante | jusante | montante | jusante | montante | jusante | |
| Sucção | Reservatório | - | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 71,00 | - | 92,00 | - | 100,00 | | |
| | Tomada de água | 0 | 10 | 10 | 1 x 3,70 | 36,0 | 3,35 | 90 | 0,02 | 0,60 | 0,34 | 0,36 | 70,66 | 70,64 | 91,66 | 91,64 | 99,66 | 99,64 | |
| | Tubulações de tomada | 10 | 178 | 168 | 1 x 3,70 | 36,0 | 3,35 | 90 | 0,26 | 0,05 | 0,03 | 0,29 | 70,61 | 70,35 | 91,61 | 91,35 | 99,61 | 99,35 | |
| | Derivação | 178 | 188 | 10 | 1 x 3,70 | 36,0 | 3,35 | 90 | 0,02 | 0,70 | 0,40 | 0,42 | 69,95 | 69,94 | 90,95 | 90,94 | 98,95 | 98,94 | |
| | Tubulação de sucção | 188 | 981 | 793 | 2 x 2,50 | 11,0 | 2,24 | 90 | 0,92 | 0,10 | 0,03 | 0,95 | 69,91 | 68,99 | 90,91 | 89,99 | 98,91 | 97,99 | |
| | Tubulações unitárias | 981 | 991 | 10 | 2 x 2,50 | 11,0 | 2,24 | 90 | 0,01 | 1,50 | 0,38 | 0,40 | 68,61 | 68,60 | 89,61 | 89,60 | 97,61 | 97,60 | |
| Estação de bombeamento | | 991 | 991 | 0 | | | | | | | | | | | 132,60 | | 132,60 | | 132,60 |
| Recalque | Tubulações unitárias | 991 | 1.001 | 10 | 2 x 2,20 | 11,0 | 2,89 | 90 | 0,02 | 4,18 | 1,79 | 1,81 | 132,60 | 132,57 | 132,60 | 132,57 | 132,60 | 132,57 | |
| | Tubulação de recalque (alta pressão) | 1.001 | 1.557 | 556 | 2 x 2,20 | 11,0 | 2,89 | 90 | 1,28 | 0,00 | 0,00 | 1,28 | 130,79 | 129,51 | 130,79 | 129,51 | 130,79 | 129,51 | |
| | Tubulação de recalque (baixa pressão) | 1.557 | 3.491 | 1.934 | 2 x 2,50 | 11,0 | 2,24 | 90 | 2,24 | 0,00 | 0,00 | 2,24 | 129,51 | 127,27 | 129,51 | 127,27 | 129,51 | 127,27 | |
| | Chegada ao canal | 3.491 | 3.501 | 10 | 2 x 2,50 | 11,0 | 2,24 | 90 | 0,01 | 1,00 | 0,26 | 0,27 | 127,27 | 127,26 | 127,27 | 127,26 | 127,27 | 127,26 | |
| | Início do canal | 3.501 | 3.501 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 127,00 | 127,00 | 127,00 | 127,00 | 127,00 | 127,00 | |
| TOTAL SUCÇÃO | | - | - | 991 | - | - | - | - | 1,22 | - | 1,18 | 2,40 | - | - | - | - | - | - | - |
| TOTAL RECALQUE | | - | - | 2.510 | - | - | - | - | 3,56 | - | 2,04 | 5,60 | - | - | - | - | - | - | - |
| TOTAL SUCÇÃO+RECALQUE | | - | - | 3.501 | - | - | - | - | 4,78 | - | 3,22 | 8,00 | - | - | - | - | - | - | - |
| Altura geométrica de elevação da estação de bombeamento | | | | | | | | | | | | máxima: | 56,00 | média: | 35,00 | mínima: | 27,00 | | |
| Altura manométrica de elevação da estação de bombeamento | | | | | | | | | | | | máxima: | 64,00 | média: | 43,00 | mínima: | 35,00 | | |

EXPRESSÕES APROXIMADAS:

| | | | |
|-------------------|-------------------------------|--|---|
| SUCÇÃO | Q = 22,00 m³/s DH = 2,40 m | $Q = a (Z - Z_0)^b$ a = 14,193 b = 2,0 | Q = 14,193 DH ^{0.5} DH = 0,00496 Q ² |
| RECALQUE | Q = 22,00 m³/s DH = 5,60 m | $Q = a (Z - Z_0)^b$ a = 9,299 b = 2,0 | Q = 9,299 DH ^{0.5} DH = 0,01156 Q ² |
| SUCÇÃO E RECALQUE | Q = 22,00 m³/s DH = 8,00 m | $Q = a (Z - Z_0)^b$ a = 7,778 b = 2,0 | Q = 7,778 DH ^{0.5} DH = 0,01653 Q ² |

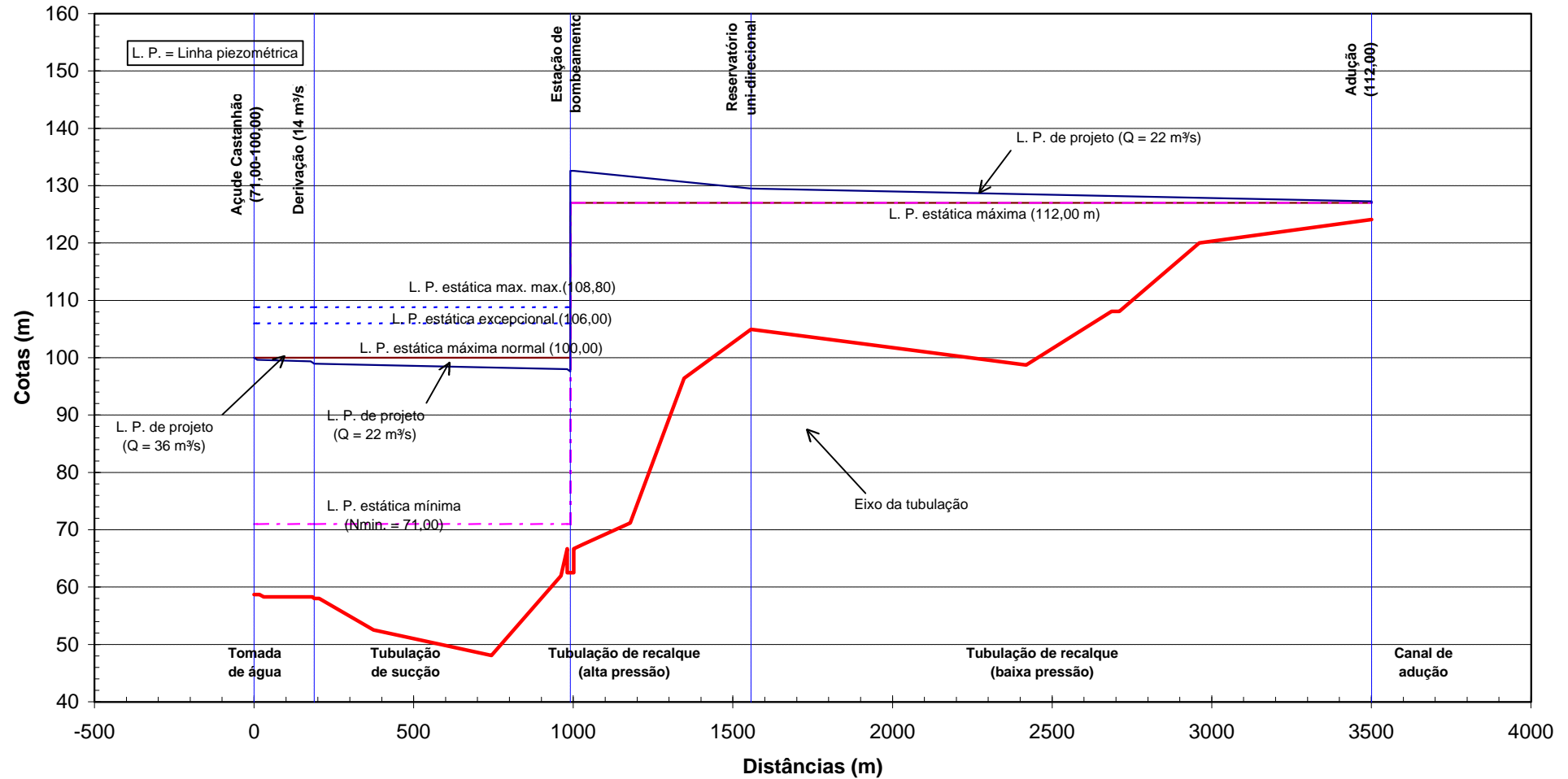


FIGURA 4.4
LINHAS PIEZOMÉTRICAS AO LONGO DAS ADUTORAS DE SUÇÃO E DE RECALQUE DA CAPTAÇÃO
(Etapa 2 - Q=22,0 m³/s; 2 adutoras)

QUADRO 4.3
COTAS PIEZOMÉTRICAS, PERDAS DE CARGA E ALTURAS DE ELEVAÇÃO DA CAPTAÇÃO
(Etapa 1 - Q=12,6 m³/s; 1 adutora)

FUNCIONAMENTO PARA A VAZÃO MÁXIMA DERIVADA:

- Transposição (RMF e Irrigação)..... 1 x 12,6 m³/s = 12,6 m³/s
 - Irrigação a jusante do açude..... 2 x 7,0 m³/s = 14,0 m³/s
 - Total..... 36,0 m³/s

| Trecho / Local | | Distância à origem (m) | | Comprimento do troço (m) | Diâmetro (m) | Vazão (1 tubulação) (m³/s) | Velocidade (m/s) | Perdas de carga | | | | Perda de carga total (m) | Cota piezométrica para a vazão máxima (m) | | | | | | |
|--|---------------------------------------|------------------------|-------|--------------------------|--------------|----------------------------|------------------|-----------------|-----------|-------------|-----------|--------------------------|---|---------|----------|---------|----------|---------|--------|
| | | mont. | jus. | | | | | Contínuas | | Localizadas | | | Mínima | | Média | | Máxima | | |
| | | | | | | | | Coef. Ks (-) | Valor (m) | Coef. K (-) | Valor (m) | | montante | jusante | montante | jusante | montante | jusante | |
| Sucção | Reservatório | - | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 71,00 | - | 92,00 | - | 100,00 | | |
| | Tomada de água | 0 | 10 | 10 | 1 x 3,70 | 36,0 | 3,35 | 90 | 0,02 | 0,60 | 0,34 | 0,36 | 70,66 | 70,64 | 91,66 | 91,64 | 99,66 | 99,64 | |
| | Tubulações de tomada | 10 | 178 | 168 | 1 x 3,70 | 36,0 | 3,35 | 90 | 0,26 | 0,05 | 0,03 | 0,29 | 70,61 | 70,35 | 91,61 | 91,35 | 99,61 | 99,35 | |
| | Derivação | 178 | 188 | 10 | 1 x 3,70 | 36,0 | 3,35 | 90 | 0,02 | 0,70 | 0,40 | 0,42 | 69,95 | 69,94 | 90,95 | 90,94 | 98,95 | 98,94 | |
| | Tubulação de sucção | 188 | 981 | 793 | 1 x 2,50 | 12,6 | 2,57 | 90 | 1,21 | 0,10 | 0,03 | 1,24 | 69,91 | 68,70 | 90,91 | 89,70 | 98,91 | 97,70 | |
| | Tubulações unitárias | 981 | 991 | 10 | 1 x 2,50 | 12,6 | 2,57 | 90 | 0,02 | 1,50 | 0,50 | 0,52 | 68,19 | 68,18 | 89,19 | 89,18 | 97,19 | 97,18 | |
| Estação de bombeamento | | 991 | 991 | 0 | | | | | | | | | | | 134,34 | | 134,34 | | 134,34 |
| Recalque | Tubulações unitárias | 991 | 1.001 | 10 | 1 x 2,20 | 12,6 | 3,31 | 90 | 0,03 | 4,18 | 2,34 | 2,37 | 134,34 | 134,31 | 134,34 | 134,31 | 134,34 | 134,31 | |
| | Tubulação de recalque (alta pressão) | 1.001 | 1.557 | 556 | 1 x 2,20 | 12,6 | 3,31 | 90 | 1,67 | 0,00 | 0,00 | 1,67 | 131,97 | 130,30 | 131,97 | 130,30 | 131,97 | 130,30 | |
| | Tubulação de recalque (baixa pressão) | 1.557 | 3.491 | 1.934 | 1 x 2,50 | 12,6 | 2,57 | 90 | 2,95 | 0,00 | 0,00 | 2,95 | 130,30 | 127,35 | 130,30 | 127,35 | 130,30 | 127,35 | |
| | Chegada ao canal | 3.491 | 3.501 | 10 | 1 x 2,50 | 12,6 | 2,57 | 90 | 0,02 | 1,00 | 0,34 | 0,35 | 127,35 | 127,34 | 127,35 | 127,34 | 127,35 | 127,34 | |
| | Início do canal | 3.501 | 3.501 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 127,00 | 127,00 | 127,00 | 127,00 | 127,00 | 127,00 | |
| TOTAL SUCÇÃO | | - | - | 991 | - | - | - | - | 1,51 | - | 1,31 | 2,82 | - | - | - | - | - | - | |
| TOTAL RECALQUE | | - | - | 2.510 | - | - | - | - | 4,66 | - | 2,68 | 7,34 | - | - | - | - | - | - | |
| TOTAL SUCÇÃO+RECALQUE | | - | - | 3.501 | - | - | - | - | 6,18 | - | 3,99 | 10,17 | - | - | - | - | - | - | |
| Altura geométrica de elevação da estação de bombeamento | | | | | | | | | | | | máxima: | 56,00 | média: | 35,00 | mínima: | 27,00 | | |
| Altura manométrica de elevação da estação de bombeamento | | | | | | | | | | | | máxima: | 66,17 | média: | 45,17 | mínima: | 37,17 | | |

EXPRESSÕES APROXIMADAS:

| | | | |
|-------------------|--------------------------------|---|--|
| SUCÇÃO | Q = 12,60 m³/s DH = 2,82 m | $Q = a (Z - Z_0)^b$ a = 7,501 b = 2,0 | Q = 7,501 DH ^{0.5} DH = 0,01777 Q ² |
| RECALQUE | Q = 12,60 m³/s DH = 7,34 m | $Q = a (Z - Z_0)^b$ a = 4,649 b = 2,0 | Q = 4,649 DH ^{0.5} DH = 0,04626 Q ² |
| SUCÇÃO E RECALQUE | Q = 12,60 m³/s DH = 10,17 m | $Q = a (Z - Z_0)^b$ a = 3,952 b = 2,0 | Q = 3,952 DH ^{0.5} DH = 0,06403 Q ² |

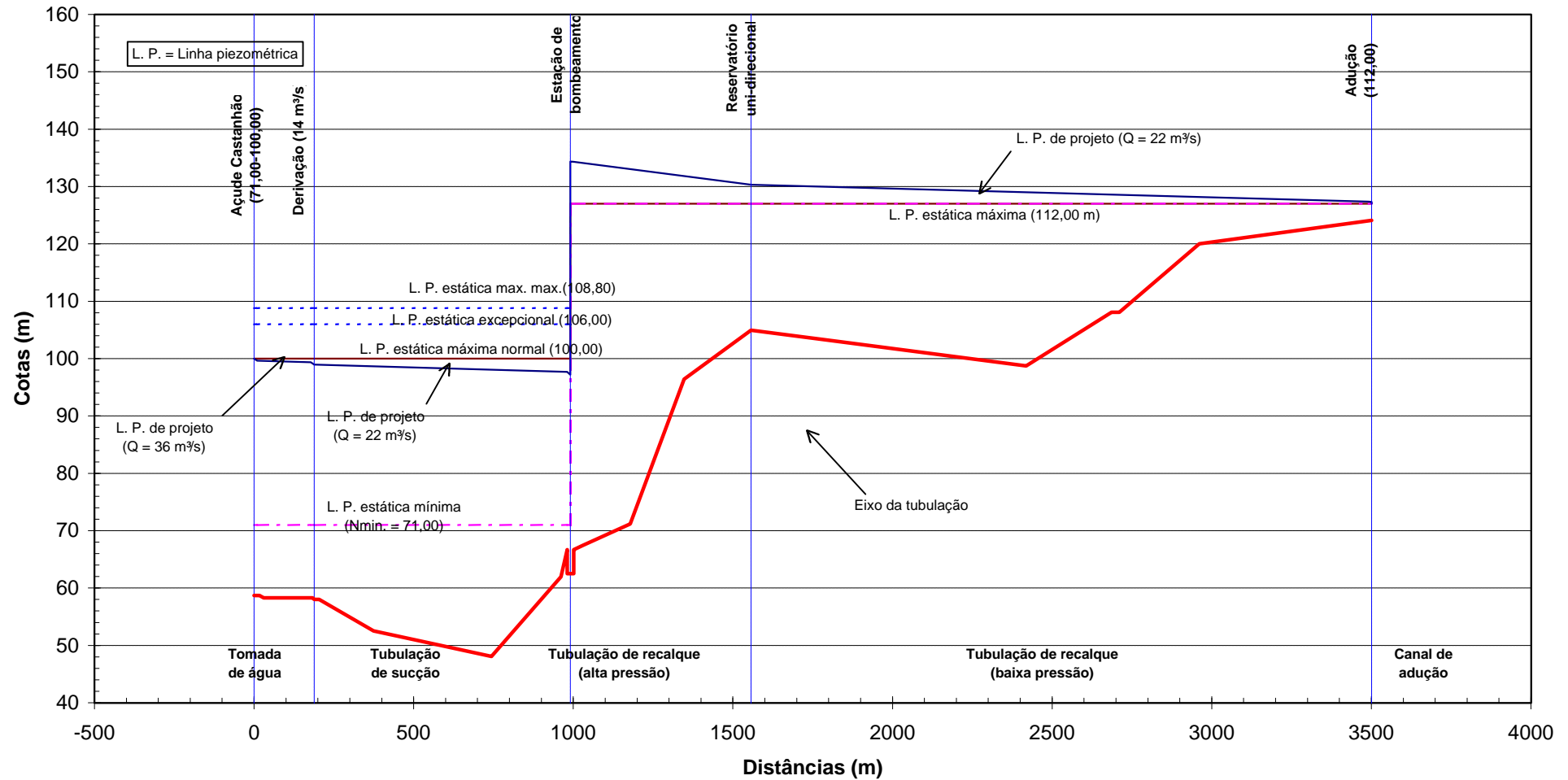


FIGURA 4.5
LINHAS PIEZOMÉTRICAS AO LONGO DAS ADUTORAS DE SUÇÃO E DE RECALQUE DA CAPTAÇÃO
(Etapa 1 - Q=12,6 m³/s; 1 adutora)

No Quadro 4.4 apresentam-se as principais características hidráulicas das adutoras de sucção e de recalque da captação.

QUADRO 4.4
PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DAS ADUTORAS
DE SUÇÃO E DE RECALQUE

| Trecho | Designação | Vazão máxima (m ³ /s) | Tubulação | | Velocidade (m) | Perda de carga (m) | Pressão máxima (bar) |
|--------|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|
| | | | Diâmetro (mm) | Comprimento (m) | | | |
| 1 | Tubulações da tomada de água do açude | 36 | 3 700 | 188 | 3,4 | 0,65 | 5 |
| 2 | Adutora de sucção | 22 | 2 x 2 500 | 793 | 2,2 | 1,75 | 6 |
| 3 | Adutora de recalque (alta pressão) | 22 | 2 x 2 200 | 556 | 2,9 | 3,00 | 8 |
| 4 | Adutora de recalque (baixa pressão) | 22 | 2 x 2 500 | 1 954 | 2,2 | 2,60 | 4 |
| - | Total | - | - | 2 691 | - | 8,00 | - |

Considerando que os níveis de água mais baixos no reservatório Castanhão, correspondentes às maiores alturas de elevação, têm uma frequência de ocorrência muito baixa, são admitidas as seguintes limitações no funcionamento da estação de bombeamento (ver Capítulo 6):

- Capacidade de fornecer a vazão máxima (22,0 m³/s) para a altura de recalque de 53,0 m (10,0 m abaixo da altura máxima).
- Capacidade de garantir a altura manométrica de recalque máxima (61,6 m) para uma vazão de 18,0 m³/s (com 7 grupos em operação).

Considerou-se ainda que o grupo de reserva poderá ser operado simultaneamente com os restantes (compatível com a capacidade da instalação elétrica), fornecendo assim uma vazão total de cerca de 20,0 m³/s para a altura de recalque máxima.

Esta restrição corresponde a limitar a vazão máxima derivada para níveis no reservatório Castanhão inferiores à cota 81,0 m, a que corresponde uma capacidade de armazenamento de 800 hm³ (20% da capacidade de armazenamento útil), sendo uma situação que ocorrerá aproximadamente 5% do tempo no ano horizonte de projeto (2030). Nesta situação é de esperar que se estabeleçam restrições nas vazões máximas derivadas quer para a RMF quer para os projetos de irrigação ao longo da transposição e no vale do rio Jaguaribe.

4.5. FUNCIONAMENTO EM REGIME TRANSITÓRIO

4.5.1 Caracterização e comportamento do sistema hidráulico

Para sistemas de bombagem deste tipo a situação mais desfavorável relativamente ao comportamento em regime transitório é geralmente a saída de serviço não programada e simultânea dos grupos eletrobomba quando estes se encontram a funcionar à máxima capacidade. Esta situação poderá ocorrer por falha de energia na estação ou por disparo inopinado dos grupos. O arranque dos grupos admite-se que é efetuado com a conduta cheia de água e contra a válvula de seccionamento fechada, abrindo esta de forma controlada, não ocorrendo conseqüentemente fenômenos transitórios importantes durante esta fase.

Efetuuou-se o estudo dos comportamento deste sistema em regime transitório, através da sua modelação do sistema hidráulico da captação em computador, para o que se utilizou o programa ERTEP, desenvolvido pela COBA, que permite o cálculo de sistemas complexos de condutas, incluindo redes de distribuição, e o dimensionamento de diversos dispositivos de proteção. Este programa recorre ao método das características para a modelação do escoamento, de utilização comum para a modelação de sistemas deste tipo em computador. Cada sistema hidráulico é discretizado num conjunto de condutas e condições de fronteira (nós) que estabelecem as ligações entre as condutas e que representam os órgãos hidráulicos do sistema.

A adutora de recalque deste sistema tem um traçado altimétrico relativamente favorável, no que diz respeito ao comportamento em regime transitório, com um alinhamento em planta sensivelmente reto. O traçado em perfil apresenta um primeiro trecho de forte inclinação, aproximadamente constante, que se desenvolve desde a estação de bombeamento (cota aproximada de 65,00 m) até se atingir um ponto alto do traçado ao km 0+550 (cota 105,00 m), e um segundo trecho com traçado inicialmente plano seguido de uma zona de reduzida inclinação que termina na estrutura de transição captação-canal ao km 2+500. A seção de maior oscilação de cotas piezométricas será a seção de montante da adutora (junto à estação), sendo simultaneamente a seção mais desfavorável em termos de pressões máximas em regime transitório. No ponto alto entre os dois trechos de adutora é de esperar a ocorrência de importantes pressões negativas.

Verifica-se assim a existência de um ponto alto no traçado da adutora de recalque, pelo que o sistema elevatório necessitará certamente da instalação de dispositivos de proteção contra o choque hidráulico.

A adutora de sucção desenvolve-se a cotas baixas, de cerca de 50-60 m, excetuando-se o trecho final junto à estação de bombeamento onde sobe para a cota 66,70 m. Atendendo ao grande desenvolvimento da adutora de sucção (800 m) verificar-se-à uma oscilação de cotas piezométricas na seção de jusante (junto à estação) que poderá originar pressões negativas para situações de nível de água baixos no reservatório Castanhão.

O sistema de bombagem composto pela estação de bombeamento, adutoras de sucção e de recalque, derivante na tomada de água e estrutura de transição para o canal de adução é caracterizado, relativamente ao comportamento em regime transitório, pelos seguintes parâmetros principais:

- Grupos eletrobomba
 - A estação elevatória é modelada como um único grupo com características equivalentes aos sete grupos em funcionamento simultâneo.
 - Cota do reservatório de aspiração, $N_m = 71,0$ m.
 - Altura de elevação nominal máxima, $H_n = 63,0$ m.
 - Caudal nominal, $Q_n = 11,0$ m³/s por tubulação (22 m³/s no total).
 - Número de rotações nominal, $N_n = 725$ rpm.
 - Rendimento máximo, $\eta = 0.85$.
 - $PD^2 = 300\ 000$ N.m².
- Adutoras
 - Pequenos troços para interligação aos dispositivos de proteção e outros órgãos hidráulicos.
 - Discretização das adutoras em cerca de 75 seções de cálculo com afastamento de aproximadamente 50 m.
 - Comprimento total, $L = 3\ 500$ m (incluindo interior da estação de bombeamento).
 - Diâmetro, $D = 2\ 200$ e $2\ 500$ mm.
 - Rugosidade absoluta, $k = 0,10$ mm.
 - Celeridade das ondas elásticas, $c = 1000$ m/s.

- Reservatório de jusante
 - Nível de água = 127,0 m.
- Intervalo de tempo de cálculo
 - Tempo total de cálculo, $\Delta t = 150$ s
 - Passo de cálculo, $\delta t = 0,05$ s

As perdas de carga são calculadas pela fórmula de Colebrook-White, utilizando uma formulação explícita. Na modelação do escoamento não se considerou a ocorrência de cavitação ou a possibilidade de separação da coluna líquida.

4.5.2 Situações analisadas

Como se indicou anteriormente será necessária a instalação de dispositivos de proteção contra o choque hidráulico no sistema da captação.

Para os dispositivos de proteção contra o choque hidráulico a instalar poderão encarar-se as seguintes alternativas:

- Instalação de reservatórios de ar comprimido imediatamente a jusante da estação de bombeamento, ou;
- Instalação de reservatórios uni-direcionais, chaminés de equilíbrio ou reservatórios de ar comprimido em pontos altos do traçado do circuito hidráulico.

Para este caso optou-se pela instalação de reservatórios uni-direcionais, dado que são dispositivos adequados às condições hidráulicas e de implantação da adutora e que apresentam reduzidas necessidades de manutenção dado que o seu funcionamento depende apenas da atuação de válvulas de retenção. Refira-se que a proteção oferecida por estes dispositivos é limitada a um trecho de tubulação relativamente curto.

A solução de reservatórios de ar comprimido é também considerada adequada, embora seja uma estrutura/equipamento mais complexo e com exigências particulares de manutenção (detetores de nível, compressores de ar, etc.).

A solução de chaminés de equilíbrio situadas no ponto alto do traçado não é considerada viável, atendendo à grande altura que teria de apresentar uma estrutura deste tipo.

Para o estudo e dimensionamento da solução a adotar para o controle dos regimes transitórios que se desenvolvem neste sistema foram consideradas as seguintes configurações:

- Situação sem dispositivos de proteção.
- Situação com reservatórios uni-direcionais.

Nas simulações realizadas considerou-se a situação mais desfavorável de altura de recalque máxima (63,0 m), correspondente ao nível mínimo no reservatório de montante à cota 71,00 m, e de funcionamento para a vazão máxima (22,0 m³/s). Para a situação com dispositivos de proteção analisaram-se também as duas situações limite de operação admitidas para os grupos: i) vazão máxima e altura de recalque limitada a 53,0 m e ii) altura de elevação máxima e vazão limitada a 18,0 m³/s.

No Anexo II apresenta-se a representação esquemática da topologia do sistema hidráulico, para cada uma das configurações estudadas, e os respectivos ficheiros de dados e de resultados, com indicação detalhada dos valores dos diversos parâmetros que caracterizam os diferentes elementos.

A análise do comportamento do sistema para cada uma destas situações é apresentada nas alíneas seguintes, assim como o dimensionamento dos dispositivos de proteção adoptados.

Refira-se que nesta fase dos estudos procedeu-se a um análise detalhada dos regimes transitórios no circuito hidráulico, contudo esta análise necessita de ser revista após a seleção dos equipamentos de bombeamento a instalar em função das características reais apresentadas pelos grupos, designadamente do parâmetro PD². Também a utilização de materiais diferentes do previsto para as adutoras exigirá a revisão do presente estudo.

4.5.3 Sistema sem dispositivos de proteção

Após a saída de serviço dos grupos verificar-se-á uma apreciável e rápida redução da pressão imediatamente a jusante dos grupos, que se propagará para jusante. A extensão relativamente grande da conduta elevatória, de cerca de 2 500 m, a não muito grande inércia dos grupos e a existência de um ponto alto no traçado da adutora, conduz a que ocorram pressões negativas ao longo de grande parte do traçado da adutora.

Com a reflexão desta onda de depressão no reservatório de jusante a pressão junto aos grupos voltará a aumentar, verificando-se a inversão do sentido de escoamento através dos

grupos 14,5 s após a saída de serviço destes, com o conseqüente fecho das válvulas de retenção, mantendo-se caudal nulo nesta seção ao longo de todo o período de simulação.

Após o fecho das válvulas verifica-se a oscilação no tempo dos valores das cotas piezométricas e das vazões nas diferentes seções da conduta. Estas oscilações tenderão a dissipar-se lentamente no tempo, até se atingir a pressão estática e caudal nulo.

Na seção da adutora de recalque junto aos grupos (a jusante das válvulas de retenção) as cotas piezométricas mínimas e máximas atingidas são de respectivamente 58,8 e 152,5 m, resultando uma pressão mínima de $-3,7$ m e máxima de 91,0 m.

As pressões mínimas ao longo de praticamente toda a adutora de recalque são negativas, atingindo valores que ocasionariam cavitação e a ruptura da coluna líquida. As pressões máximas são relativamente baixas, não apresentando inconvenientes.

Na seção da adutora de sucção junto aos grupos as cotas piezométricas mínimas e máximas atingidas são de respectivamente 56,6 e 99,3 m, resultando uma pressão mínima de $-10,1$ m e máxima de 32,6 m.

Verifica-se assim a necessidade de instalação de dispositivos no ponto alto da adutora de recalque, que promovam o controlo da pressões durante o regime transitório, situação que é analisada na alínea seguinte.

No Quadro 4.5 indicam-se as envolventes das cotas piezométricas e vazões máximas e mínimas. Nas Figuras 4.6 e 4.7 apresentam-se as envolventes das cotas piezométricas máximas e mínimas ao longo das adutoras, a variação no tempo dos parâmetros característicos das bombas e a variação no tempo das cotas piezométricas e caudais na seção de montante da conduta.

4.5.4 Sistema com reservatórios uni-direcionais

Como se referiu na seção 4.5.2, para a proteção deste sistema elevatório optou-se por considerar a instalação de reservatórios uni-direcionais no ponto alto do traçado da adutora de recalque (km 0+560).



Envolventes das cotas piezométricas

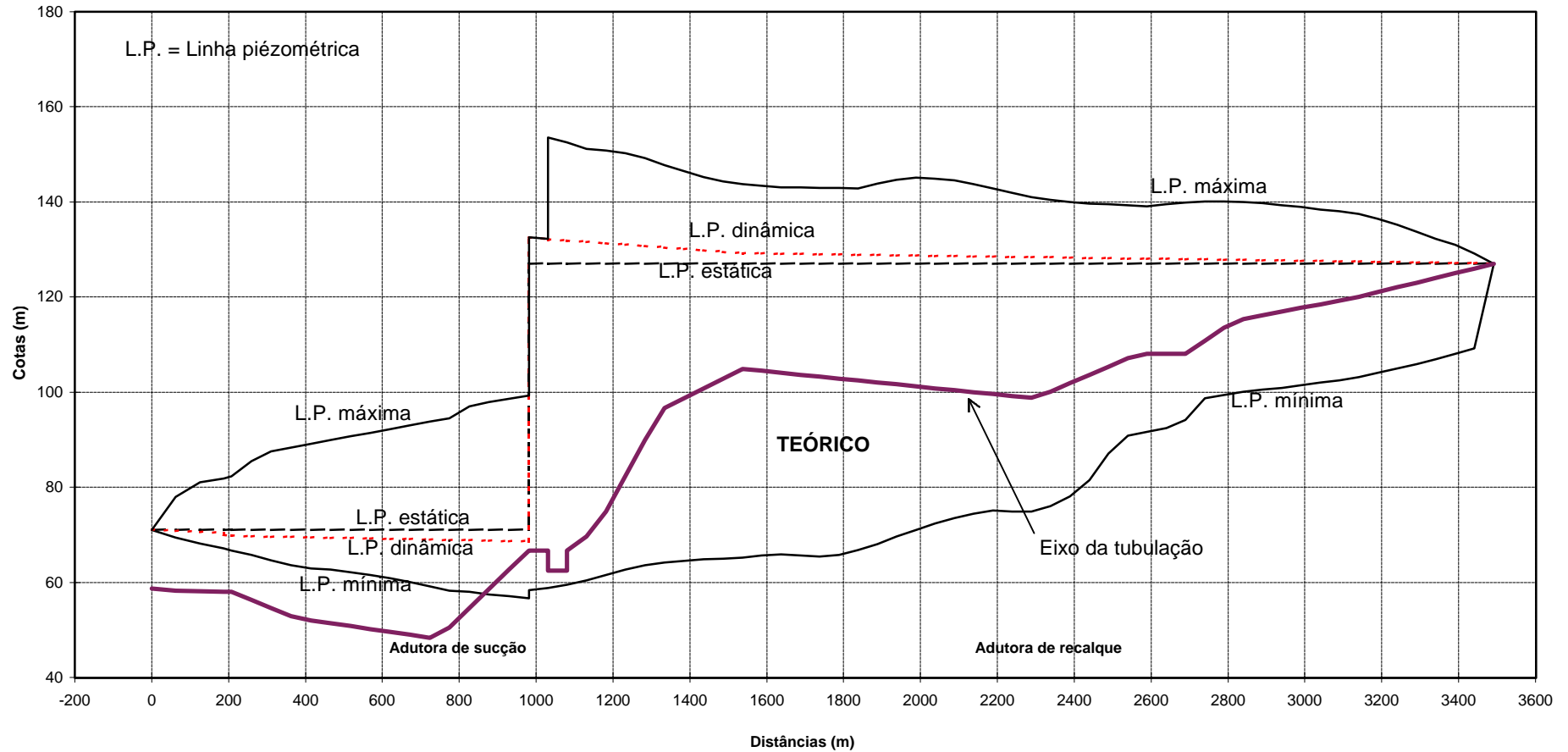
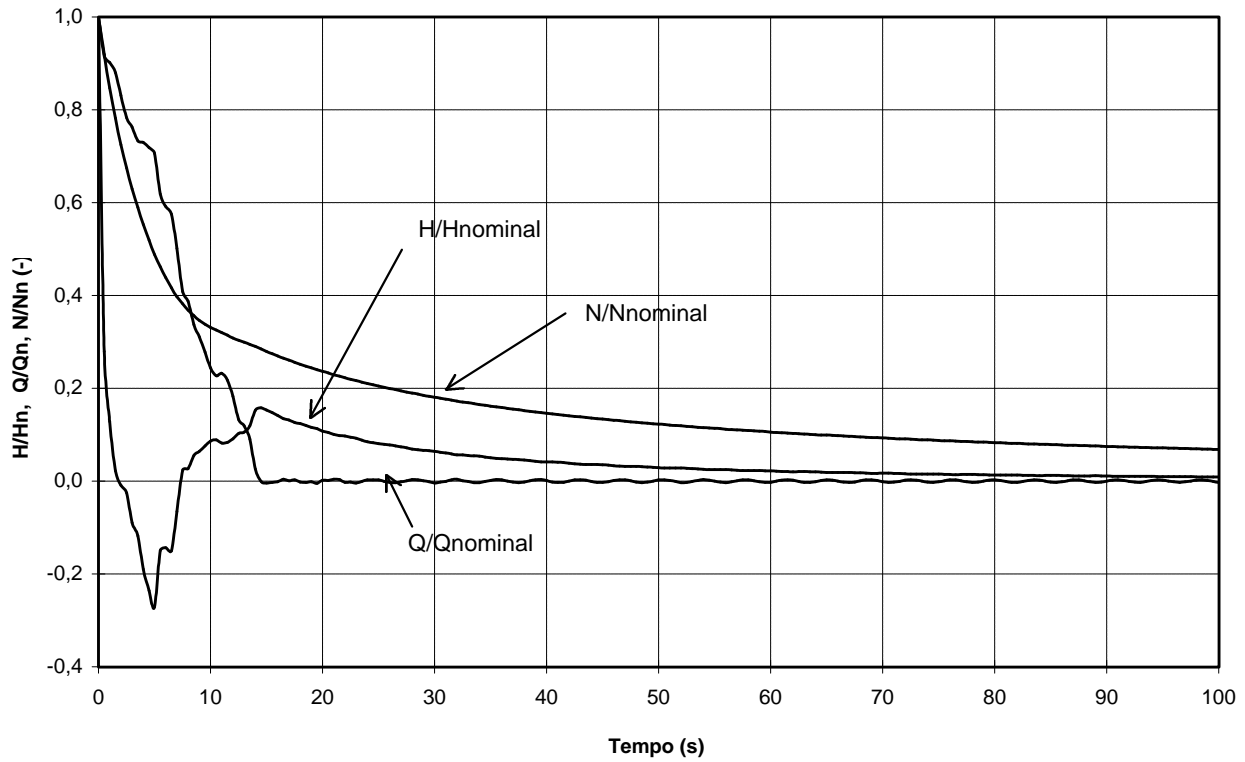


FIGURA 4.6
COMPORTAMENTO EM REGIME TRANSITÓRIO DO SISTEMA DA CAPTAÇÃO
SISTEMA SEM DISPOSITIVOS DE PROTECÇÃO

Parâmetros característicos dos grupos



Cotas piezométricas e vazões na seção de montante da adutora de recalque

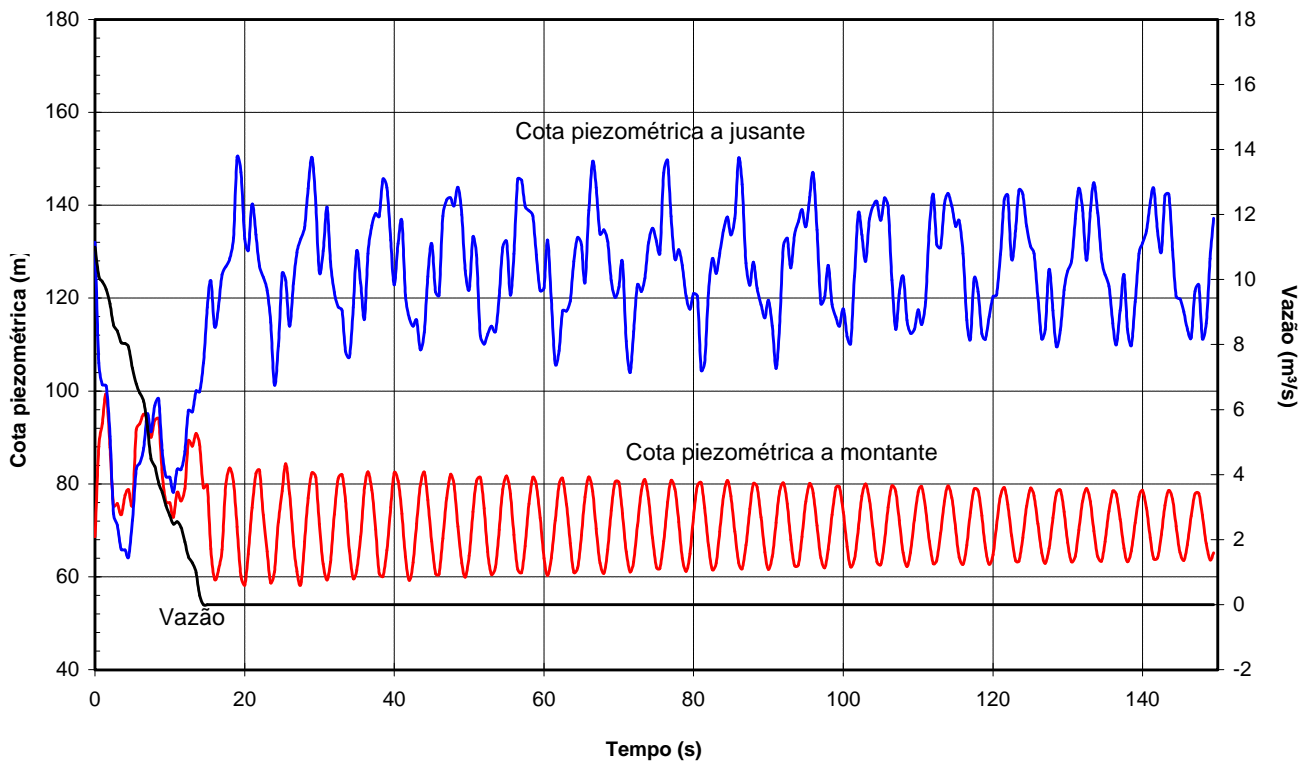


FIGURA 4.7
COMPORTAMENTO EM REGIME TRANSITORIO DO SISTEMA DA CAPTAÇÃO
SISTEMA SEM DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

Um reservatório uni-direcional contém água separada da adutora por uma válvula anti-retorno, permitindo a rápida alimentação da adutora quando a pressão que se verifica na seção da tubulação é inferior ao nível de água no reservatório a que está ligado. A entrada de água no reservatório faz-se lentamente através de uma tubulação de “by-pass” à válvula de retenção, munida de uma válvula de flutuador e uma válvula de seccionamento. Deste modo consegue-se o controlo e o amortecimento das variações de pressão máximas e mínimas.

Este dispositivo de proteção foi modelado como um único reservatório com a capacidade total, sendo caracterizado pelos seguintes parâmetros principais:

- Seção transversal, S , m^2 .
- Coeficientes de vazão para entrada e saída de caudal, C_e e C_s .
- Cota máxima/inicial da água, $Z_{máx}$.
- Cota mínima da água, $Z_{mín}$.

O dimensionamento deste dispositivo de proteção consiste na determinação de cada um dos quatro primeiros parâmetros acima referidos, de forma a cumprir as restrições impostas relativamente a pressões máximas e mínimas admissíveis. Admitiram-se os seguintes valores extremos:

- Pressão máxima de 95 m na seção de montante da adutora de recalque (seção mais desfavorável com eixo à cota aproximada de 65 m) a que corresponde uma cota piezométrica máxima de 160 m e a uma sobrepressão de 40% relativamente à pressão de regime permanente.
- Pressão mínima de -5 m na seção do ponto alto da adutora de recalque junto à chaminé de equilíbrio (seção mais desfavorável) a que corresponde uma cota piezométrica mínima de 99 m.
- Pressão mínima de -5 m na seção de jusante da adutora de sucção (seção mais desfavorável) a que corresponde uma cota piezométrica mínima de 60 m.

As pressões mínimas mencionadas representam uma segurança em relação ao valor limite que conduz à rotura da coluna líquida (pressão relativa de -10 m).

Para o dimensionamento do reservatório uni-direcional efetuaram-se simulações do comportamento do sistema para diferentes valores da seção transversal e do nível de água inicial, o que permitiu dimensionar a altura e dimensões em planta a adotar.

Por forma a garantir o cumprimento dos limites de pressão fixados será necessário dispor de uma seção transversal útil de cerca de 100 m² em cada reservatório, e considerando o nível máximo de água à cota 109,50 m. Admite-se que a ligação do reservatório uni-direcional à adutora não conduz a perdas de carga significativas e que o reservatório não poderá esvaziar completamente de forma a não entrar ar para a conduta.

O comportamento da instalação em regime transitório para esta situação é inicialmente semelhante ao descrito na alínea anterior, no entanto assim que a pressão na seção de ligação ao reservatório fica inferior ao nível inicial de água no reservatório haverá alimentação de água a partir do reservatório. A inversão do sentido de escoamento junto aos grupos e o fecho das válvulas de retenção ocorrerá um pouco mais cedo, após 12,0 s. O período de oscilação das cotas piezométricas e dos caudais é semelhante à da situação sem proteção, sendo as respectivas amplitudes também semelhantes. A vazão máxima saída da chaminé é de 6,8 m³/s. No interior do reservatório a cota do nível de água oscilará entre os valores mínimos e máximos de 108,43 e 109,50 m, respetivamente.

Com a instalação de reservatórios uni-direcionais, com as características acima indicadas, a cota piezométrica máxima atingida a montante da adutora de recalque é de 160,0 m, a que corresponde uma pressão máxima de 95,0 m, que é considerado aceitável. A cota piezométrica mínima é de 82,0 m a que corresponde uma pressão de 17,0 m.

No ponto alto da conduta a cota piezométrica mínima é de 108,2 m, correspondendo a uma pressão mínima de cerca de 3,3 m.

Na adutora de recalque a montante do reservatório uni-direcional a pressão mínima atingida é de -4,0 m, ocorrendo a uma distância de cerca de 200 m do reservatório. Esta situação não apresenta inconvenientes dado que a pressão é inferior à que originaria a rotura da veia líquida. Previu-se contudo a instalação de ventosas de triplo efeito (entrada e saída de ar em grande quantidade e saída de ar dissolvido) no ponto alto junto aos reservatórios.

Na adutora de recalque a jusante do reservatório a pressão mínima atingida é superior a -10 m, o que originará a entrada de ar nas tubulações e a rotura da veia líquida, sem contudo se atingirem valores de pressão negativa muito elevados o que poderia ocasionar a rotura da coluna líquida. Esta situação não têm conseqüências de maior já que se verifica em zonas onde o ar tem facilidade de entrar e sair pela câmara de transição para o canal de adução. As baixas pressões nesta zona conduzem também a que eventuais cavidades de ar que se formem não colapsem.

Na adutora de sucção, na seção junto aos grupos, as cotas piezométricas máximas e mínimas atingidas são de respectivamente 62,6 e 99,8 m, resultando uma pressão mínima de -4,1 m e máxima de 33,1 m. Nesta seção da adutora é prevista a instalação de ventosas de triplo efeito (entrada e saída de ar em grandes quantidade e saída de ar dissolvido) como medida de segurança adicional, embora se possa considerar que a ocorrência do nível mínimo no reservatório a montante é pouco freqüente e que para essas situações a vazão máxima bombeada será inferior ao valor máximo considerado na simulação em regime transitório.

No Quadro 4.6 indicam-se as envolventes das cotas piezométricas e vazões máximas e mínimas. Nas Figuras 4.8, 4.9 e 4.10 apresentam-se as envolventes das cotas piezométricas máximas e mínimas ao longo das adutoras, a variação no tempo dos parâmetros característicos das bombas e a variação no tempo das cotas piezométricas e caudais na seção de montante da conduta.

Envolventes das cotas piezométricas



LIARZA-HIDROBRASILEIRA
ENGENHARIA E PROJETOS LTDA.

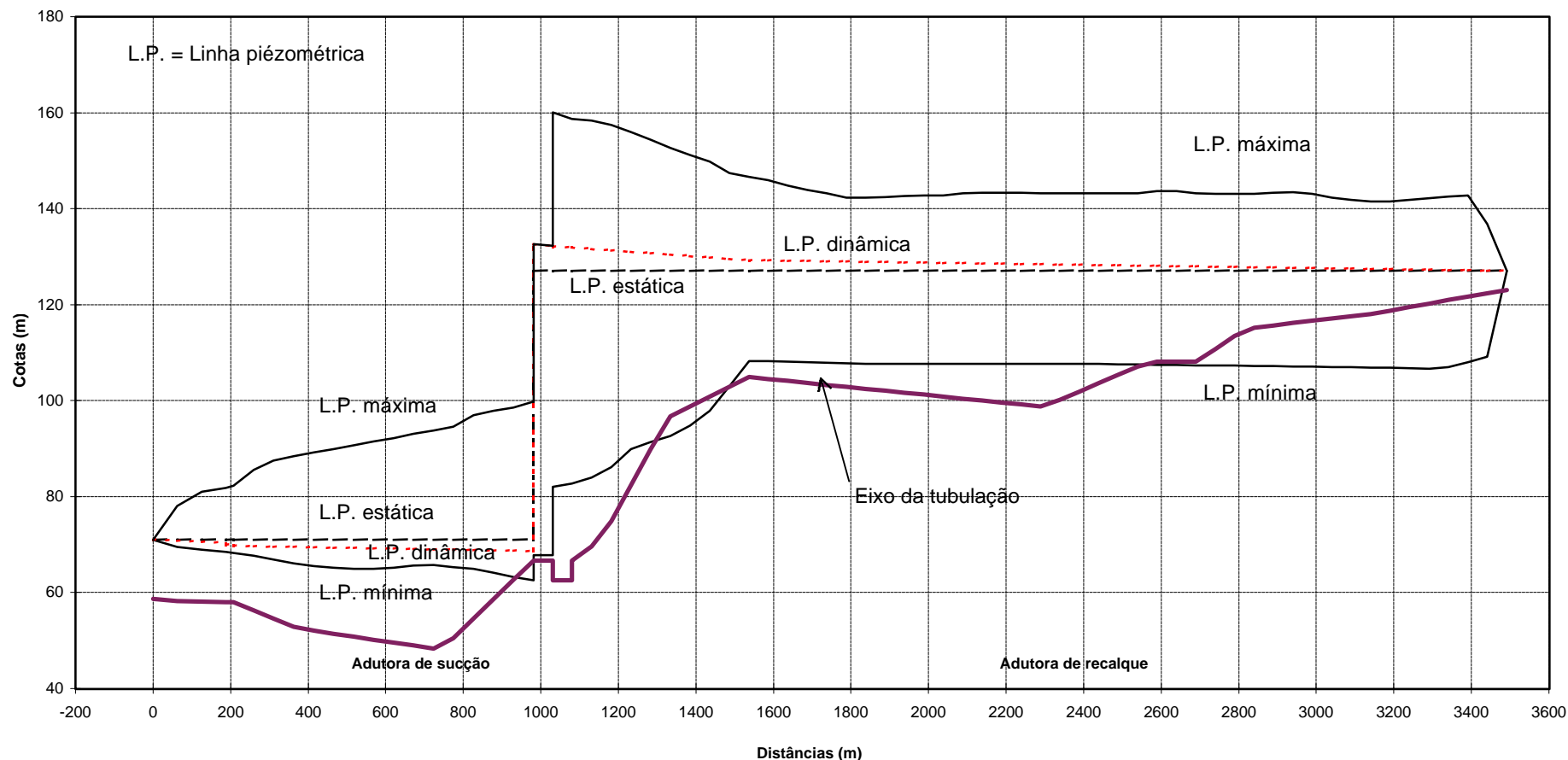
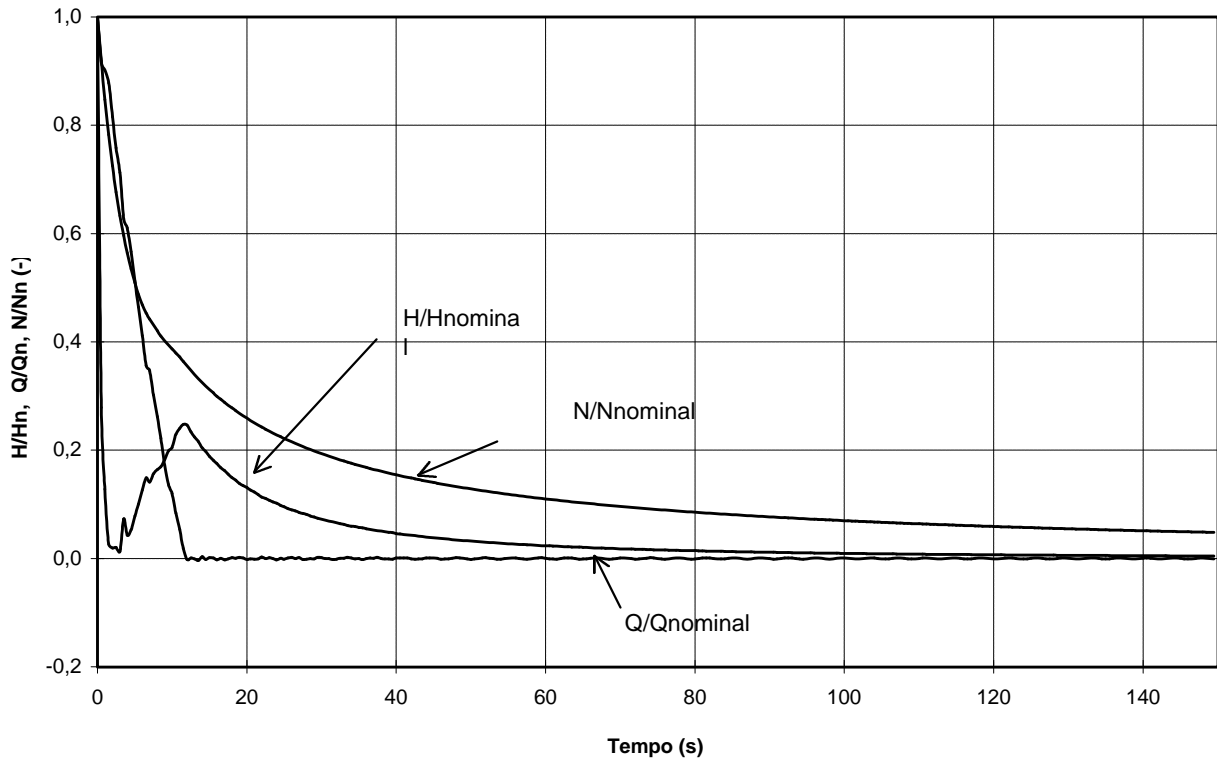


FIGURA 4.8
COMPORTAMENTO EM REGIME TRANSITÓRIO DO SISTEMA DA CAPTAÇÃO
SISTEMA COM RESERVATÓRIO UNI-DIRECIONAL

Parâmetros característicos dos grupos



Cotas piezométricas e vazões na seção de montante da adutora de recalque

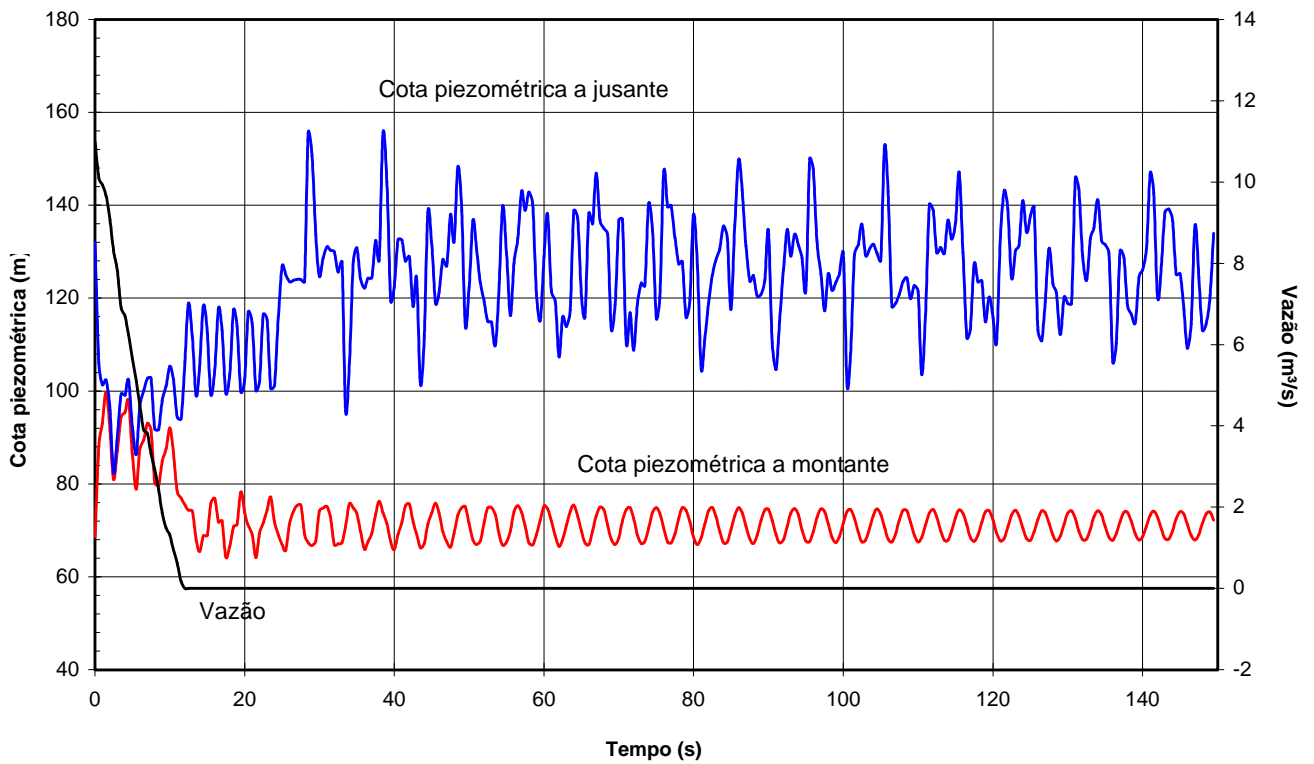
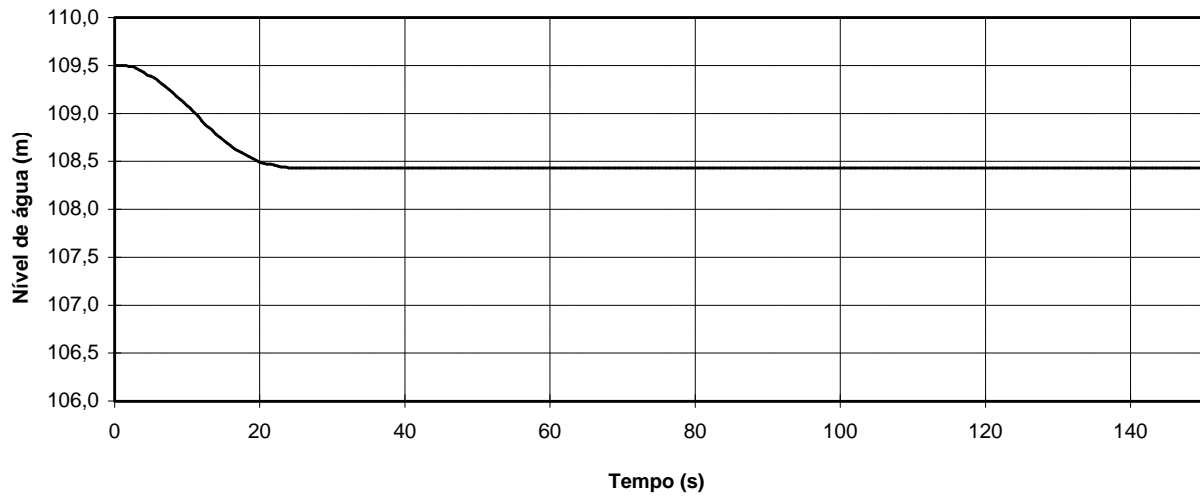
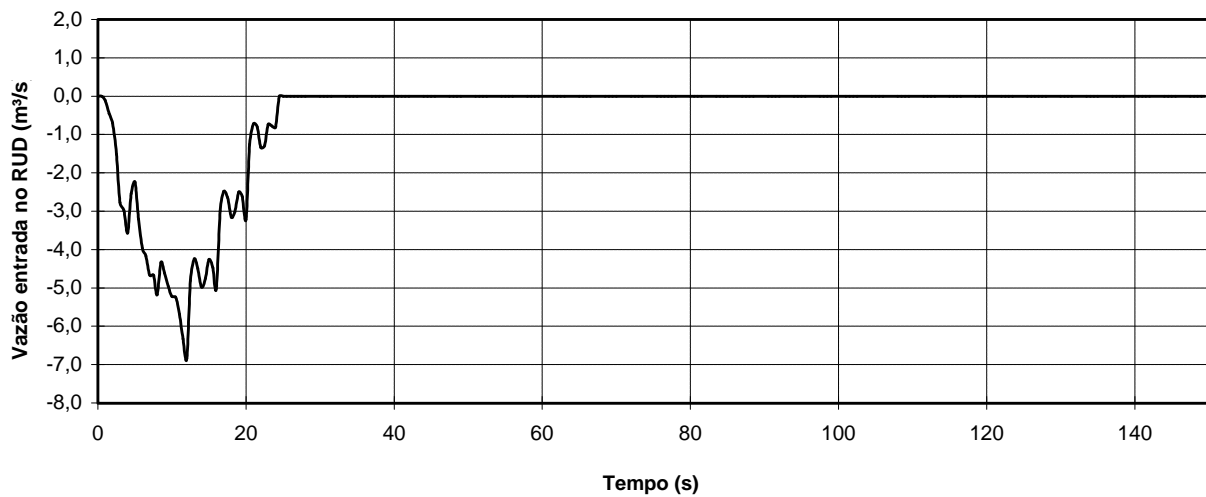


FIGURA 4.9
COMPORTAMENTO EM REGIME TRANSITORIO DO SISTEMA DA CAPTAÇÃO
SISTEMA COM RESERVATÓRIO UNI-DIRECIONAL

Nível de água no reservatório uni-direcional



Vazão entrada no reservatório uni-direcional



Cotas piezométricas e vazões na seção de ligação

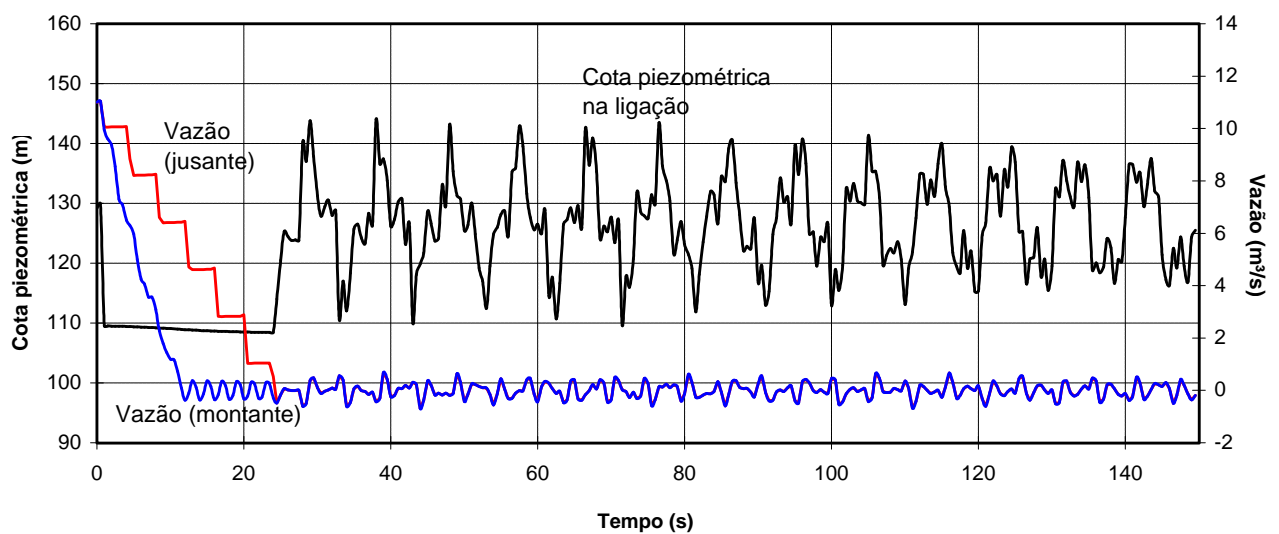


FIGURA 4.10
COMPORTAMENTO EM REGIME TRANSITORIO DO SISTEMA DA CAPTAÇÃO
SISTEMA COM RESERVATORIO UNI-DIRECIONAL

CAPÍTULO 5

DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS

5. DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS

5.1. DESCRIÇÃO GERAL DA CAPTAÇÃO

A transposição de águas da bacia do Jaguaribe para a Região Metropolitana de Fortaleza – Sistema Adutor Castanhão-Fortaleza – terá como origem o açude Castanhão, onde ficará localizada a estrutura de captação d'água (Desenho 001).

Atendendo às condições topográficas do vale do Jaguaribe, à cota dos reservatórios existentes na bacia receptora (sistema de açudes Pacajús-Pacoti-Riachão-Gavião) e à morfologia da região atravessada, a captação d'água exigirá a montante o bombeamento das vazões derivadas. Este bombeamento será realizado para uma zona alta situada a curta distância na margem esquerda do rio Jaguaribe, a partir da qual será possível prever a adução por gravidade até ao ponto final de entrega da água na região metropolitana de Fortaleza, sem a necessidade de bombeamentos intermédios ao longo da adução. O bombeamento inicial será realizado numa única etapa.

A concepção geral prevista para a captação integrará as seguintes obras componentes principais:

- Tomada de água na tubulação (do lado esquerdo) da estrutura existente de tomada de água do açude Castanhão;
- Estação de bombeamento implantada na margem esquerda do rio Jaguaribe;
- Adutoras de sucção e de recalque, fazendo a ligação entre a tomada de água, a estação de bombeamento e um ponto alto na margem esquerda do rio Jaguaribe, junto à cidade de Nova Jaguaribara.
- Reservatório uni-direcional para proteção contra os efeitos dos regimes transitórios.
- Estrutura de transição entre as adutoras de recalque em pressão e a adução por gravidade em superfície livre.

Será assim utilizada a tomada de água existente do açude Castanhão, que servirá em simultâneo as necessidades da transposição e as demandas do vale do Jaguaribe. A captação

da transposição ficará assim hidráulicamente dependente da tomada de água atualmente existente no açude.

No presente capítulo apresenta-se e justifica-se a concepção adotada para as obras que integram a captação, sendo indicados os critérios e características de dimensionamento. É efetuada a descrição da instalação, designadamente dos edifícios, tubulações, estruturas anexas, arranjos exteriores, etc.

Os cálculos estruturais detalhados são apresentados em anexo, no Tomo 3. No Anexo IV é apresentado o cálculo dos blocos de ancoragem das adutoras de sucção e de recalque e no Anexo V os cálculos estruturais relativos às obras que integram a captação. O cálculo das tubulações das adutoras de sucção e de recalque é apresentado no Anexo VI.

5.2. ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO

5.2.1 Concepção e características gerais

A estação de bombeamento ficará implantada na margem esquerda a jusante da barragem, numa plataforma aproximadamente à cota 65,00 m, ficando assim acima do nível máximo de água a jusante da barragem, estimada em 63,40 m para a enchente de dimensionamento do vertedouro (valor indicado no projeto do açude Castanhão). A cota fixada para a plataforma da estação de bombeamento é semelhante à cota das plataformas da margem direita que envolvem as estruturas hidráulicas anexas ao açude Castanhão. A sub-estação foi implantada a uma cota cerca de 3,0 m superior.

As condições topográficas do local selecionado a jusante da barragem do lado da margem esquerda, garantem amplo espaço para a implantação do edifício da estação, da sub-estação e áreas de circulação envolventes. O acesso a partir das rodovias existente na margem esquerda é também relativamente fácil de executar.

A estação de bombeamento foi implantada de forma a garantir o NPSH mínimo a montante dos grupos, proporcionando condições de funcionamento adequadas, sem cavitação. Este condicionamento, a cumprir para a situação de nível mínimo de exploração no reservatório de montante (cota 71,00 m), definirá a cota máxima de instalação das bombas e em consequência do piso dos grupos.

O número e tipo de grupos foi determinado em função das regras de operação previstas para a transposição, da variação dos níveis de água a montante e a jusante, e do custo de aquisição, instalação, operação e manutenção dos equipamentos.

Atendendo à grande variação sazonal do nível de água no açude Castanhão, foi necessário recorrer a grupos de velocidade variável. Os equipamentos de variação de velocidade, embora de elevado custo, têm a vantagem de otimizar o rendimento dos grupos para cada situação de bombeamento, adequando-se à variação de nível no reservatório.

Considerando que os níveis mais baixos de operação do reservatório ocorrem com uma frequência muito reduzida, admite-se para essa situação a operação dos grupos fora dos parâmetros ótimos de funcionamento, com rendimento menor. Para as situações em que os níveis de água no reservatório se encontram a cotas mais baixas, próximo do nível mínimo de exploração previsto (71,00 m), a que corresponde um aumento da altura geométrica, aceita-se a redução da vazão máxima derivada (ver capítulo 4).

Foram selecionados grupos de fabrico corrente, de forma a reduzir prazos de entrega, fixar custos e possibilitar a concorrência do maior número possível de fabricantes. É assim prevista a utilização de um maior número de grupos de menor capacidade para atender à vazão máxima prevista, possibilitando também o funcionamento em diversas condições de operação.

Considerou-se a instalação dos grupos abrigados no interior de um edifício e previram-se instalações para pessoal de exploração.

Como anteriormente se referiu, prevê-se a possibilidade de faseamento da instalação dos grupos de bombeamento, considerando a instalação numa primeira fase de metade dos grupos e respetivas instalações elétricas (inversores de frequência, transformadores, etc.), do lado Oeste. O edifício da estação de bombeamento será construído numa única fase.

5.2.2 Implantação e acessos

Os Desenhos 004, 005 e 006 mostram a implantação da estação de bombeamento e o arranjo da plataforma exterior. Nos Desenhos 007 a 014 encontram-se representadas as plantas e perfis de escavações e aterros.

Nesta solução a estação de bombeamento ficará implantada imediatamente a jusante da barragem, numa plataforma estabelecida à cota 64,85 m na margem esquerda do rio Jaguaribe, onde o terreno apresenta as cotas aproximadas de 65 a 75 m. A zona mais

profunda da escavação para implantação da estação de bombeamento situa-se à cota 59,00 m.

A cota de implantação fixada para a estação, ficando o eixo das bombas à cota 62,50 m, é também compatível com a necessidade de garantir uma cota piezométrica mínima na sucção dos grupos electrobomba, compatível com o NPSH mínimo requerido, considerando as perdas de carga no circuito hidráulico de sucção e o reservatório ao nível mínimo de operação previsto (71,00 m). Existe uma segurança de cerca de 5 m relativamente ao NPSH mínimo requerido pelos grupos.

O local de implantação selecionado conduz também ao desenvolvimento mínimo do circuito hidráulico entre o local de captação e a ligação ao canal adução. Nesse local existe amplo espaço disponível para a implantação do edifício da estação, da sub-estação e áreas de circulação envolventes, sem exigir escavações importantes (máximo de cerca de 14 m, em zonas localizadas, e na generalidade inferior a 10 m). Para a execução destas escavações, a realizar em rocha, deverá atender-se à proximidade do maciço da barragem Castanhão, contudo a distância relativamente ao corpo em concreto da barragem é de cerca de 250 m.

A sub-estação ficará implantada do lado norte da estação de bombeamento, numa plataforma cerca de 3,0 m acima da plataforma da estação de bombeamento, fazendo-se a entrada da linha de suprimento de energia do lado da encosta e ficando os transformadores situados próximo da zona dos equipamentos elétricos do edifício da estação.

São previstas estradas de circulação e parqueamentos no interior do recinto da estação de bombeamento, que será delimitado por uma vedação. Uma segunda vedação independente delimitará a zona reservada à sub-estação.

O acesso ao recinto da estação de bombeamento será realizado através de uma rodovia asfaltada com origem na estrada que liga a cidade de Nova Jaguaribara à rodovia BR116, possuindo um desenvolvimento total de cerca de 2,5 km, acompanhando o traçado da adutora de recalque.

5.2.3 Disposição dos equipamentos

Os Desenhos 015 a 023 mostram a concepção e dimensões do edifício e os Desenhos 024 a 029 mostram a disposição dos diferentes equipamentos da estação de bombeamento.

Considerou-se a instalação de grupos eletrobomba de eixo vertical protegidos no interior de um edifício convencional de estrutura em pórticos. O tipo de grupos selecionado permite também a instalação com eixo horizontal, contudo a disposição vertical permitirá limitar a dimensão longitudinal do edifício.

Para o apoio dos motores dos grupos eletrobomba admitiram-se duas soluções alternativas:

- Apoio do motor sobre uma estrutura metálica integrada com o corpo da bomba, minimizando a altura do veio;
- Apoio do motor sobre uma estrutura em concreto; esta situação poderá minimizar o custo da estrutura de apoio, contudo a manobra da bomba com a ponte rolante ficará dificultada.

O custo da estrutura de apoio dos grupos, seja metálica seja em concreto, considera-se como fazendo parte integrante do fornecimento dos grupos. Os apoios representados nos desenhos são apresentados a título indicativo, devendo ser definidos pelo fornecedor dos equipamentos.

Os grupos, em número total de 8 dos quais 4 serão instalados na primeira Etapa de construção (do lado Oeste), serão instalados num piso enterrado, à cota 60,85 m, dispostos simetricamente a um eixo definido pelas tubulações de sucção e de recalque. Foi adotada uma distância entre eixos de 4,50 m, resultando numa instalação relativamente compacta, mas permitindo a adequada circulação de pessoas no piso dos grupos para acesso aos diferentes equipamentos, para o que se previu escadas com origem no piso principal.

Os grupos serão ligados aos barriletes de sucção e de recalque através de tubulações individuais. Nesta tubulações serão instaladas duas válvulas de secionamento tipo borboleta, uma a montante e a outra a jusante, permitindo a desmontagem de qualquer grupo, com manutenção da estação em funcionamento. Nas tubulações individuais, a jusante dos grupos e a montante da válvula de secionamento, serão também instaladas válvulas de retenção, impedindo a passagem de vazões em sentido inverso através dos grupos.

As tubulações unitárias terão o eixo a uma cota cerca de 4,20 m abaixo do eixo das tubulações de sucção e de recalque adjacentes ao edifício da estação, com alinhamento do seu eixo perpendicular ao eixo dos barriletes. Estas tubulações unitárias ligam-se à parte inferior dos barriletes através de trechos fazendo curvas com ângulos de 90°, quer na sucção quer no recalque, permitindo absorver os efeitos de variações de temperatura. Os barriletes possuirão diâmetro variável, adequados à vazão a transportar em cada trecho.

Previram-se diâmetros para as tubulações que garantem velocidades de escoamento suficientemente baixas na ligação entre as diferentes tubulações de forma a limitar as perdas de carga.

Existirá um by-pass às bombas, ligando os barriletes de sucção e de recalque, constituído por duas tubulações DN 500 mm, munidas de válvula de retenção e de duas válvulas de secionamento. Este by-pass possibilitará o enchimento parcial da adutora de recalque (até à cota do nível de água no reservatório Castanhão) e evitará que durante os regimes transitórios, a pressão a jusante da estação seja significativamente inferior à pressão a montante.

O piso principal da estação é implantado à cota 65,00 m, semelhante à da plataforma exterior, possuindo acesso de nível com essa plataforma. Do lado este dos grupos ficará o hall de descarga e de montagem, e do lado oeste uma zona com dois pisos que compreenderá as instalações do pessoal de exploração e os equipamentos auxiliares. No piso inferior dessa zona existirão salas para oficina e armazém, instalações sanitárias, uma sala de baterias, uma sala para o grupo diesel auxiliar e um compartimento para o transformador de baixa tensão, ficando o quadro de baixa tensão e de comando instalado no hall de entrada. No piso superior, à cota 69,25 m, ficará a sala de comando, um escritório, um quarto e sanitários.

Numa ala do edifício à cota 65,00 m do piso térreo, do lado norte do piso dos grupos, serão instalados os equipamentos elétricos principais, compreendendo os conversores de frequência, os transformadores dos grupos e as celas de alta tensão.

Uma ponte rolante dará acesso aos grupos, todas as válvulas dos grupos e hall de descarga, possibilitando o acesso aos equipamentos a partir do exterior do edifício.

Para ventilação são previstos exaustores de teto e venezianas de admissão de ar na parede lateral sudeste.

No exterior do edifício da estação de bombeamento, imediatamente junto à ligação das adutoras (de sucção e de recalque) aos barriletes, é prevista a instalação (apenas na Etapa 2)

de válvulas de seccionamento em cada tubulação, num total de 4, possibilitando isolar independentemente uma das duas adutoras, quer do lado da sucção quer do lado do recalque, juntamente com a manobra dos equipamentos de seccionamento previstos na derivação (a montante) e na estrutura de transição (a jusante). Será assim possível utilizar apenas uma das adutoras para o transporte da vazão bombeada por qualquer um dos grupos da estação de bombeamento, contudo esta situação é apenas relevante para a segunda Etapa de construção.

Estas válvulas, de grande diâmetro (DN 2 200 mm), serão assim instaladas apenas na segunda Etapa de construção da captação, mesmo as da adutora a executar na primeira Etapa, quando forem instalados os quatro grupos restantes e a segunda adutora, dado que enquanto existir apenas uma única adutora não desempenhariam qualquer função.

Ainda no exterior do edifício da estação de bombeamento, mas no interior do recinto vedado, serão instalados medidores de vazão, um em cada adutora de recalque.

5.2.4 Descrição das estruturas

Nos Desenhos 030 a 073 representam-se as estruturas de concreto armado da estação de bombeamento.

A estação de bombeamento é constituída por um edifício retangular estruturado com um entramado em concreto armado, com os pórticos principais afastados de 4,5 m e 5,8 m. As dimensões do edifício em planta são de aproximadamente 65 m por 28 m.

A construção desenvolve-se em três pisos, sendo o piso inferior ocupado com os grupos eletrobombas e outros dois, pelo piso técnico, e pelas sala de comando e escritórios que ocuparão o piso superior. A altura da construção atinge aproximadamente os 13 m em relação à laje de soleira inferior do edifício.

As lajes dos pisos serão em concreto armado e a da cobertura será isolada e impermeabilizada numa solução do tipo terraço.

Anexo à estrutura principal e contíguo à mesma desenvolve -se um piso térreo onde se localiza o piso técnico. A estrutura deste anexo, será também em concreto armado.

As paredes das fachadas e as das divisórias serão em alvenaria de blocos de concreto ou de tijolo, não tendo função resistente.

A fundação da estrutura será constituída por um ensoleiramento geral no corpo principal do edifício e por meio de sapatas na parte restante. A espessura da laje de fundo será de 1,80 m, incluindo 0,80 m de concreto de 2ª fase para instalação de caleiras de cabos, de drenagem e execução do apoio dos grupos.

Para auxiliar às montagens dos equipamentos e à sua operação na fase de exploração, está prevista a montagem de uma ponte rolante com uma capacidade de 20 ton. As vigas de caminho de rolamento apoiam em vigas de concreto armado que contribuem também para o travamento longitudinal dos pórticos.

Os equipamentos e tubagens metálicas serão fixas aos elementos de suporte em concreto armado através de peças fixas que serão seladas por concretagens em segunda fase. Os apoios dos grupos serão detalhados em função das especificações a definir pelo fornecedor dos grupos.

Nos Desenhos 074 e 075 são indicados respectivamente os mapas de vãos e de acabamentos da estrutura da estação de bombeamento, e nos Desenhos 76, 77 e 78 os detalhes dos vãos e da vedação.

No interior do recinto da estação de bombeamento é previsto o atravessamento de uma estrada de acesso por cima das tubulações, tendo-se previsto nesse local o envelopamento em concreto (Desenhos 090 e 091).

5.2.5 Sistema de abastecimento de água potável e de serviço

5.2.5.1 Considerações gerais

Nos Desenhos 80, 88 e 89 encontra-se representada a rede de abastecimento de água potável e de serviço prevista para as instalações da estação de bombeamento. São indicados os respectivos traçados e detalhes de instalação.

5.2.5.2 Origem de água

O abastecimento de água potável será feito a partir de ligação à rede pública, admitindo -se que a correspondente ligação ficará situada junto ao portão de entrada no recinto da estação de bombeamento.

5.2.5.3 Rede de água potável exterior

A rede de abastecimento de água potável exterior será instalada sob os arruamentos em vala e constará de tubagem em material PEAD DN 50 mm.

Na entrada do recinto serão instalados os seguintes acessórios: registro de montante em ferro fundido dúctil, hidrômetro, registro de jusante em ferro fundido dúctil. Após saber a pressão na rede pública no ponto de entrega poderá existir a necessidade de instalar uma válvula redutora de pressão.

QUADRO 5.1
CAUDAIS NOS DISPOSITIVOS DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA

Caudais mínimos nos dispositivos de utilização de água fria ou quente

| dispositivo a utilizar | sigla | abastecimento caudais mínimos (l/s) |
|--|-------|---|
| lavatório individual | Lvi | 0,1 |
| lavatório colectivo (/bica) | Lvc | 0,05 |
| bidé | Bd | 0,1 |
| banheira | Ba | 0,25 |
| chuveiro principal | Ch | 0,15 |
| pia de despejo com torneira de fi 15mm | Pd | 0,15 |
| autoclismo de bacia de retrete | Br1 | 0,1 |
| mictório com toneira individual | Mi1 | 0,15 |
| pia lava-louça | LI | 0,2 |
| bebedouro | MI | 0,1 |
| maquina de lavar louça | Mr | 0,15 |
| maquina ou tanque de lavar roupa | Tq | 0,2 |
| bacia de retrete com fluxómetro | Br2 | 1,5 |
| mictório com fluxómetro | Mi2 | 0,5 |
| boca de rega ou de lavagem com fi 15mm | | 0,3 |
| idem de fi 20mm | | 0,45 |

A inclinação mínima da tubulação instalada em vala é de 0,5%.

5.2.5.4 Rede de água potável interior

A rede de abastecimento de água potável interior está definida, quanto ao traçado, material e diâmetro, nos desenhos anexos.

A rede de água potável interior constará de tubagem em material aço inoxidável, instalada à vista e fixa às paredes por abraçadeiras. A tubulação principal será instalada junto ao tecto de cada piso. A inclinação mínima da tubulação é de 0,5%.

No dimensionamento da rede usaram-se os seguintes critérios:

- Caudal máximo provável: correspondente ao consumo de todos os aparelhos afetado de coeficiente de simultaneidade de acordo com o Regulamento.
- Q dimensionamento = 1,45 l/s
- Velocidade máxima = 1 m/s
- Pressão mínima = 10 m.c.a. no aparelho hidráulico mais desfavorável

5.2.5.5 Rede de água de serviço

A rede de água de serviço será instalada no piso das bombas para responder fundamentalmente às operações de limpeza desse piso e constará, resumidamente, de tubagem em material aço inoxidável dotada de bocas de lavagem.

A tubulação ficará instalada à vista, fixa às paredes por abraçadeiras. A tubulação principal será instalada ao nível do piso da sala de comando. Quatro bocas de limpeza serão instaladas na zona das bombas e uma quinta será instalada na zona de acesso das viaturas.

A ligação da rede de água de serviço será efetuada no tê DN 100 / 40 mm previsto para o efeito, instalado a jusante da picagem nas adutoras de sucção que serve a rede de rega. Nesta derivação deverá ser instalado um trecho de aço inoxidável, no qual serão montados os seguintes acessórios: válvula de secionamento manual DN 40 mm em ferro fundido dúctil, tê DN 40 / 40 mm roscado, tubulação em aço inox DN 40 mm e bocas de lavagem DN 40 mm em ferro fundido dúctil.

5.2.6 Sistema de drenagem e tratamento de águas residuais

5.2.6.1 Rede de drenagem interior

A rede de drenagem interior de águas residuais está definida, quanto ao traçado, material, diâmetro e detalhes de instalação e construção nos Desenhos 81 a 86.

A rede de drenagem interior serve as instalações de WC dos dois pisos e recolhe as águas de lavagem da oficina.

O material constará de tubagem em PVC e a rede será dotada de sifões e caixas de passagem do mesmo material. A tubulação ficará embebida nas lajes com os tubos de queda instalados em galeria. Se ficar instalada à vista, sob a laje do piso superior e fixa com abraçadeiras às vigas e pilares, o material será ferro fundido dúctil.

A inclinação mínima das tubagens é de 1%.

A rede disporá de ventilação por prolongamento das colunas de queda até 1 m acima do nível da cobertura.

O esgoto será coletado numa caixa de visita e daí conduzido para a rede de drenagem de águas residuais exterior.

No Quadro 5.2 indicam-se os caudais de descarga e diâmetros mínimos nos dispositivos de utilização de água.

Os principais critérios de dimensionamento adotados foram os seguintes.

- Capacidade da tubulação correspondente a um escoamento a 1/6 da seção.
- Caudais de cálculo correspondentes ao equipamento ligado às diversas tubagens.
- Taxa de ocupação do tubo de queda de 1/6.

QUADRO 5.2
CAUDAIS DE DESCARGA E DIÂMETROS MÍNIMOS
NOS DISPOSITIVOS DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA

Caudais de descarga e diâmetro mínimo nos dispositivo de utilização

| dispositivo a utilizar | sigla | Caudal de descarga (l/min) | Diâmetro mínimo (mm) |
|--|--------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| lavatório individual | Lvi | 30 | 40 |
| lavatório colectivo (/bica) | Lvc | 30 | 40 |
| bidé | Bd | 30 | 40 |
| banheira | Ba | 60 | 40 |
| chuveiro principal | Ch | 30 | 40 |
| pia de despejo com torneira de fi 15mm | Pd | | |
| autoclismo de bacia de retrete | Br1 | 90 | 90 |
| mictório com toneira individual | Mi1 | 90 | 75 |
| pia lava-louça | LI | 30 | 50 |
| bebedouro | MI | | |
| maquina de lavar louça | Mr | 60 | 50 |
| maquina ou tanque de lavar roupa | Tq | 60 | 50 |
| bacia de retrete com fluxómetro | Br2 | 90 | 90 |
| mictório com fluxómetro | Mi2 | 60 | 50 |

5.2.6.2 Rede de drenagem exterior

A rede de drenagem exterior de águas residuais será instalada em vala, sob os passeios e zona de estacionamento, coletando os esgotos da estação e conduzindo-os ao tanque séptico.

A rede será em DN 110 mm PVC PN6 e será dotada de caixas de inspeção. A inclinação mínima da tubulação em vala é de 2%.

5.2.6.3 Tratamento dos esgotos

A solução adotada para o sistema de tratamento dos esgotos provenientes da estação de bombeamento é a seguinte:

- a) Tanque séptico de grande capacidade unitária, dois compartimentos e sistema de ventilação;
- b) Rede instalada em trincheira filtrante, ligando o tanque séptico ao local de disposição final;
- c) Poço absorvente para a disposição do efluente líquido no terreno por infiltração

Dimensionamento do tanque séptico

Os principais parâmetros de dimensionamento do tanque séptico são:

| | |
|--|-------------------|
| - Contribuição de esgotos : | 100 l/dia.pessoa |
| - Período de detenção mínimo (grande capacidade unitária): | 10 dias |
| - Volume de lodo : | 45 l/ano.pessoa |
| - Período de tempo entre limpezas | 2 anos |
| - Número de pessoas : | 20 pessoas |
| - Volume de esgotos | 18 m ³ |

Adotaram-se assim as seguintes dimensões para o tanque séptico :

| | |
|-------------------------------------|--------|
| - Comprimento do 1º compartimento : | 5 m |
| - Comprimento do 2º compartimento : | 2,5 m |
| - Largura : | 1,8 m |
| - Altura do líquido : | 1,5 m |
| - Altura total : | 1,95 m |

Dimensionamento da trincheira filtrante

A ligação entre o tanque séptico e o poço absorvente será em Ø110PVC corrugado perfurado de superfície interior lisa, instalado em trincheira filtrante (areia de 0,25 a 0,50 mm com coeficiente de uniformidade inferior a 4), tendo-se considerado:

- Taxa de aplicação: 50 l/m².dia
- Largura da vala : 0,75 m
- Comprimento da vala : 55 m

Adota-se uma vala dupla com um comprimento de 2 x 55 m. A caixa de inspeção a jusante do tanque séptico terá também as funções de repartidor de caudal.

Poço absorvente

A presença de rocha abaixo das cotas de cerca de 65,00 m torna impraticável a solução de infiltração do efluente por utilização de um poço absorvente. Preconiza-se a sua execução apenas para coleta e disposição final dos efluentes da trincheira filtrante.

Adotam-se as seguintes dimensões para o poço absorvente:

- Diâmetro do poço . 1,2 m
- Profundidade do poço : 3,0 m

5.2.7 Rede de rega

Os espaços verdes exteriores da Estação de Bombeamento do Castanhão terão um coberto de grama composto por espécies com boa adaptação às características da região.

O sistema de rega a implantar nos espaços verdes exteriores da Estação fornece água a uma área aproximada de 2680 m², tendo sido prevista a instalação de um sistema totalmente automático.

No Desenho 87 apresenta-se o traçado da rede de rega prevista. No Anexo VII (Tomo 3) apresenta-se o cálculo detalhado da referida rede de rega.

5.3. ADUTORAS DE SUCÇÃO E DE RECALQUE

5.3.1 Concepção das adutoras de sucção e de recalque

O circuito hidráulico da captação compreenderá adutoras de sucção e de recalque fazendo a ligação entre a tomada de água, a estação de bombeamento e a estrutura de ligação ao canal de adução. A localização da estação de bombeamento, o traçado das adutoras e a localização da estrutura de transição tubulação-canal, definem o comprimento total do circuito hidráulico.

Para as dimensões de tubulação exigidas pela importante vazão a transportar, o material a utilizar na construção das tubulações de sucção e de recalque deverá ser o aço, que se considera corresponder à solução mais econômica, sendo simultaneamente uma solução tecnicamente adequada e permitindo grande flexibilidade de traçado e facilidade de ligação aos diferentes componentes da captação. Poderá contudo admitir-se a utilização de outro material para as adutoras que garanta condições de funcionamento, instalação e fiabilidade equivalentes.

Serão utilizadas duas tubulações, quer na sucção quer no recalque, sendo que apenas uma será executada na primeira Etapa de construção (a do lado esquerdo).

De seguida enunciam-se outros aspetos de concepção considerados no projeto das adutoras de sucção e de recalque:

- Construção de maciços de ancoragem em todas as mudanças de direção em planta e em perfil.
- Instalação de dispositivos de secionamento das adutoras, e de dispositivos de medição da vazão bombeada.
- Dimensionamento dos órgãos de proteção contra os efeitos do choque hidráulico (golpe de aríete) e definição das manobras de válvulas.
- Definição das características de acessórios como sejam juntas de desmontagem, juntas de dilatação, ventosas, descargas de fundo, etc.
- Sistemas de pintura e proteção catódica a utilizar (ver capítulo 6).

Seguidamente descrevem-se os traçados das adutoras de sucção e de recalque.

5.3.2 Descrição das adutoras de sucção e de recalque

A localização da tomada de água existente, da estação de bombeamento, e da estrutura de transição captação-adução, definem o traçado do circuito hidráulico, que terá um desenvolvimento total de aproximadamente 3,3 km (Desenhos 092, 093 e 094).

As duas tubulações de sucção de diâmetro 2 500 mm terão um desenvolvimento de 800 m, sendo os restantes 2 500 m correspondentes a duas tubulações de recalque com 2 200 mm de diâmetro no trecho de montante de maior pressão (560 m) e de 2 500 mm no trecho de menor pressão (1 940 m). Como se referiu, na primeira Etapa de construção apenas será instalada uma conduta.

A adutora de sucção inicia-se na câmara de válvulas a jusante do derivante das tubulações da tomada de água do açude, próximo da câmara das válvulas dispersoras, atravessando o rio Jaguaribe a jusante da barragem e terminando na estação de bombeamento situada na outra margem.

O atravessamento do rio Jaguaribe será efetuado com um traçado em planta próximo do pé de jusante do paramento em concreto, de forma a passar por terrenos com cotas mais elevadas, não seguindo assim o traçado mais direto entre os pontos de ligação a montante e a jusante.

Admitiu-se a instalação enterrada em vala, e considerou-se a proteção da tubulação para as sub-pressões. Nos trechos de atravessamento das calhas do rio Jaguaribe previu-se um traçado em perfil a uma cota inferior e o envelopamento em concreto de forma a garantir adequadas condições de fundação; essa situação ocorre em diversos pequenos trechos com um desenvolvimento total de cerca de 200 m.

Relativamente à possibilidade de flutuação da tubulação para níveis altos do rio Jaguaribe a jusante do açude (funcionamento do vertedouro), em que grande parte da adutora ficará submersa, considera-se que nessas situações excepcionais e previsíveis (abertura das comportas do vertedouro) ambas as tubulações se encontrarão cheias de água. Deverá, se necessário, proceder-se à abertura das válvulas da derivação para garantir o enchimento dessas tubulações.

A relativamente longa extensão da adutora de sucção poderá resultar na necessidade de instalação de dispositivos para controle das variações de pressão. Da análise realizada do funcionamento em regime transitório (ver capítulo 4) previu-se nestas adutoras apenas a

instalação de ventosas de tripla função (entrada e saída de ar em grande quantidade e saída de ar dissolvido no escoamento) junto da estação de bombeamento.

A adutora de recalque desenvolve-se desde a estação de bombeamento até um ponto alto onde se localizam os reservatórios uni-direcionais, situado junto à ombreira direita do dique fusível. Este trecho da adutora de recalque tem um traçado sempre ascendente atravessando um terreno com pendente aproximadamente constante, intersetando ao longo do seu trajeto uma pequena linha de água. O traçado deste trecho foi definido ao longo de uma linha de cumeada, de forma a evitar o atravessamento de linha de água importantes e as zonas adjacentes de topografia mais irregular, facilitando assim a execução da vala e da estrada de acesso.

Para jusante do reservatório uni-direcional, a adutora de recalque atravessa terrenos de reduzida pendente, terminando na ligação ao canal de adução junto à estrada de ligação entre a BR116 e a cidade de Nova Jaguaribara.

5.3.3 Materiais e instalação das tubulações

Materiais das tubulações

Como se referiu anteriormente é prevista a construção das tubulações em aço, que se considera a solução tecnicamente mais adequada e economicamente mais vantajosa.

Admite-se contudo que possam ser utilizados outros materiais alternativos, como seja o PRFV (polietileno reforçado com fibra de vidro), concreto pré-esforçado ou outro.

No dimensionamento das tubulações deverão ser consideradas as pressões máximas de funcionamento em regime permanente e em regime transitório e respetivas vazões transportadas. O dimensionamento terá ainda de considerar a pressão de vácuo interior e os esforços associados ao transporte e à instalação das tubulações.

As pressões de serviço e máximas em regime transitório a que deve obedecer o dimensionamento das tubagens são indicadas nos Desenhos 092, 093 e 094.

Instalação das tubulações

Para a instalação das tubulações foram utilizadas duas soluções: instalação aérea e instalação enterrada em vala, como representado nos Desenhos 119, 120 e 121. Seguidamente descrevem-se essas duas soluções complementares:

- Instalação enterrada em vala

A tubulação será assente no interior de uma vala escavada, sobre uma camada inferior em areia com cerca de 0,40 m de espessura. A vala será aterrada com materiais compactados selecionados, em princípio provenientes da escavação, até uma altura de 0,60 m acima do topo da tubulação. A altura restante da vala será aterrada com materiais compactados provenientes da escavação, ficando o topo da tubulação a uma profundidade mínima de 1,50 m. Nas zonas de atravessamentos de rodovias a tubulação deverá ser protegida, prevendo-se o seu envolvimento em concreto.

- Instalação aérea ao ar livre, apoiada sobre maciços em concreto.

A tubulação ficará apoiada sobre maciços em concreto a uma altura mínima de 0,80 m acima do solo. Os maciços envolvem a parte inferior da tubulação num ângulo de 120°. A face do maciço em contato com a tubulação será revestido por uma chapa de aço, sendo a tubulação na zona do apoio reforçada também com uma chapa de aço. Interpondo-se entre a tubulação e o apoio será aplicada uma tela de proteção de forma a minimizar o atrito entre as duas superfícies.

A solução de instalação enterrada foi adotada para a adutora de sucção no atravessamento do rio Jaguaribe e para a adutora de recalque de menor pressão, no atravessamento em face do dique fusível do açude Castanhão e no traçado para jusante até à estrutura de transição adutora-canal. Nos restantes trechos será adotada a instalação aérea (à superfície).

Nos trechos de instalação aérea será aberta uma vala de reduzida altura, de forma a definir diversos trechos de inclinação constante, limitando assim o número de curvas no traçado em perfil, dado que nesses locais será necessário prever a construção de maciços de ancoragem. O fundo desta vala será revestido por uma laje em concreto de reduzida espessura e fracamente armada, de forma a garantir a estabilidade da fundação.

Deverá ser instalada proteção catódica nas tubulações enterradas, a definir em função das características do terreno encontradas (ver esquemas de princípio nos Desenhos 122 e 123 e capítulo 6).

Nos Desenhos 106 a 111 representam-se os maciços de ancoragem previstos e nos Desenhos 113 e 114 a solução tipo para as travessias de entradas e linhas de água. O Desenho 112 é relativo às descargas de fundo.

Critérios do traçado

A inclinação mínima admitida para as tubulações será de 0,5% nos trechos descendentes e de 0,2% nos trechos ascendentes, de forma a garantir a saída do ar em direção aos pontos altos do traçado.

Nas mudanças de direção da tubulação, quer em planta quer em perfil (significativas), serão construídos blocos de ancoragem em concreto, devendo assim procurar fazer-se coincidir essas duas curvas numa mesma seção de tubulação.

Equipamentos e acessórios

Nos pontos altos do traçado e de forte mudança de inclinação serão instaladas ventosas para saída de ar dissolvido no escoamento, permitindo simultaneamente a entrada e saída de ar em grande quantidade para enchimento e esvaziamento da tubulação e proteção em regimes transitórios. As ventosas serão instaladas no interior de caixas, protegidas dos elementos.

Nos pontos baixos do traçado existirão descargas de fundo DN 300 mm para permitir o esvaziamento da tubulação. Estas descargas de fundo serão munidas de duas válvulas gaveta em série, servindo a de montante de ensecadeira da válvula de jusante.

A montante de cada maciço de amarração será instalada uma junta de dilatação, permitindo deslocamentos axiais da tubulação.

Serão ainda previstas entradas de homem, com um afastamento de cerca de 200 m, para possibilitar a inspeção interior das adutoras.

5.4. TOMADA D'ÁGUA

5.4.1 Concepção da tomada d'água

A tomada de água deverá garantir a captação do caudal máximo previsto para as diferentes condições de exploração do reservatório Castanhão consideradas, designadamente deverá considerar as variações do nível de água no reservatório, de cerca de 30 m, desde o nível mínimo de exploração previsto até ao nível máximo em situação de enchente. Deverão também ser considerados os níveis máximos normais de operação e níveis médios, havendo eventualmente também a necessidade de definir outros níveis mínimos de operação a que correspondem determinadas condicionantes de operação da captação.

Outros aspetos considerados na concepção e no projeto da tomada de água, foram a garantia de adequadas condições hidráulicas na entrada da tomada de água, designadamente uma

submersão suficiente para evitar a entrada de ar e formação de vórtices, e a utilização de transições graduais nas formas hidráulicas das estruturas para limitar as perdas de carga.

Os equipamentos hidromecânicos a instalar deverão proporcionar segurança da operação e possibilitar a inspeção e manutenção periódica dos equipamentos e estruturas.

5.4.2 Descrição da tomada de água

A tomada de água será realizada através de uma bifurcação a construir nas tubulações existentes da tomada de água da barragem (Desenhos 95 a 100), próximo da estrutura das válvulas dispersoras do açude.

A tubulação da tomada de água do açude, com diâmetro de 3 700 mm, possui capacidade adequada para o transporte simultâneo das vazões destinadas aos projetos de irrigação a jusante do açude e à transposição para a RMF.

O derivante será executada na tubulação esquerda (tomada de água prevista para os projetos de irrigação do vale do Jaguaribe), dado que a tubulação direita (tomada de água prevista para uma futura central hidroelétrica) não será construída a curto prazo. A utilização da tubulação esquerda facilita também a ligação à estação de bombeamento, contudo nessa tubulação circularão simultaneamente as vazões dos referidos projetos de irrigação originando assim maiores perdas de carga. A tubulação direita ficará obturada no início da galeria até que seja construída a central hidrelétrica.

Por questões de segurança na operação da captação foi considerada a execução de dois derivantes DN 2500 mm, um para cada tubulação de sucção.

A solução adotada para a derivação consiste na demolição de um pequeno trecho da tubulação existente DN 3700 mm, compreendendo a demolição do concreto envolvente e o corte da tubulação de aço, situado num local entre a saída da galeria da tomada de água e a câmara das válvulas dispersoras existentes. Nesta zona o eixo da tubulação encontra-se à cota aproximada de 58,00 m.

Este trecho de tubulação DN 3700 mm, será substituído pela peça do derivante. Este derivante fará um ângulo de cerca de 90° relativamente ao eixo da tomada de água, tomando a direção da adutora de recalque. Na seção de ligação é previsto um cone DN 3000 mm de forma a reduzir as perdas de carga e limitar eventuais cavitações localizadas.

A possibilidade de execução do derivante numa junta cega de uma tubulação de derivação existente aproximadamente no mesmo local não foi considerada vantajosa, dado que esta se situa do lado direito da tomada de água, dificultando o traçado do trecho inicial da adutora, quer em planta (curva a 180°) quer em perfil (necessidade de atravessamento por cima da galeria de tomada de água). Obteve-se também a informação que essa tubulação teria sido executada para outra utilização, pelo que poderia ocasionar conflito de utilização.

No interior da câmara de derivação é prevista a instalação de duas válvulas de seccionamento DN 2200 mm tipo borboleta, uma por tubulação, de forma a possibilitar a inspeção e manutenção de cada uma das tubulações sem comprometer a operacionalidade da tomada de água. Para jusante desta câmara as duas tubulações de sucção serão instaladas enterradas em vala. Apenas uma dessas válvulas será instalada na Etapa 1 de construção, sendo contudo a obra civil da câmara do derivante executada integralmente nessa Etapa.

O acesso à câmara de derivação é realizado através das estradas de acesso à câmara de válvulas do açude Castanhão, sendo o acesso ao seu interior realizado pela cobertura. O eventual manuseio das válvulas é previsto ser realizado através de equipamento móvel a mobilizar especificamente para o efeito.

Apesar da necessidade de realização da derivação na tomada existente, com demolição de estruturas existentes, poderá considerar-se que a interferência da captação com as estruturas do açude Castanhão não é muito significativa, podendo ser realizada facilmente mesmo após a conclusão da barragem.

5.5. RESERVATÓRIO UNI-DIRECIONAL

Ao km 0+556 da adutora de recalque será construído um reservatório uni-direcional, uma estrutura independente por tubulação, num local que corresponde a um ponto alto do traçado, que divide os trechos de alta e de baixa pressão (Desenhos 101 a 105). Na primeira Etapa de construção apenas será executado um dos reservatórios.

Cada reservatório possuirá uma seção interior de 12,00 x 8,00 m², e uma altura máxima de cerca de 4 m acima do nível do terreno na zona. Esta estrutura será construída em concreto, integrada com o maciço M5 da adutora de recalque. As dimensões máximas em planta de toda estrutura são de 32,00 m por 20,50 m.

A ligação a cada adutora será realizada através de duas tubulações metálicas de 1200 mm de diâmetro (duas por reservatório) envolvidas em concreto, servindo uma das linhas como segurança da outra.

Estas tubulações serão equipadas com válvulas anti-retorno DN 1200 mm, sendo permitido escoamento apenas na direção reservatório-adutora. Para enchimento do reservatório é prevista uma tubulação de by-pass DN200, munida de uma válvula de secionamento e de uma válvula de flutuador. Neste local serão também instaladas ventosas nas tubulações da adutora.

O nível inicial de água no reservatório é previsto à cota 109,50 m e o fundo à cota 106,00 m. O reservatório não esvaziará totalmente durante o regime de escoamento transitório, tendo sido considerada um fator de segurança relativamente ao esvaziamento superior a 2,0.

5.6. ESTRUTURA DE TRANSIÇÃO PARA O CANAL ADUTOR

5.6.1 Concepção da estrutura de ligação ao canal adutor

A ligação entre a captação e a adução é realizada através da construção de uma pequena câmara de transição, fazendo a dissipação de energia do escoamento em pressão e proporcionando adequadas condições para o escoamento em superfície livre à entrada no canal de adução.

Como se referiu anteriormente a cota do nível máximo de água no canal foi fixada em 127,00 m, definindo a localização em planta da estrutura que deverá ser compatível com a altimetria do terreno e o traçado do canal.

A transição entre as tubulações de recalque e o canal de adução deverá proporcionar o controlo do funcionamento dos grupos da estação de bombeamento e garantir adequadas condições hidráulicas para a admissão da vazão aduzida.

O regime de funcionamento previsto para a transição, com operação a nível mensal, semanal ou diária, em que é fixado um valor constante de vazão a transferir em cada momento, não exige a criação de dispositivos de controlo da operação do sistema com capacidade de regulação do arranque e paragem dos grupos em função dos níveis de água a jusante.

O arranque e paragem de grupos será assim uma decisão de exploração, em função da vazão desejada a transferir, não dependendo do nível de água na seção inicial do canal adutor. Será apenas necessário efetuar o controlo da segurança do funcionamento (ver capítulo 6),

estabelecendo níveis máximos e mínimos de água na estrutura de transição tubulação-canal, para alarme e indicação de paragem aos grupos, em caso de ocorrência de situações de emergência (transbordamento do canal ou rotura das tubulações ou do canal).

Verifica-se também que a reduzida inclinação do canal adutor (da ordem de 0,02%), com regime de escoamento lento, proporciona um adequado controlo por jusante do nível de água e da dissipação de energia na transição entre o escoamento em pressão (rápido) e em superfície livre (lento).

As condições de funcionamento hidráulico descritas possibilitam a adoção de uma concepção simplificada para a estrutura de transição entre o recalque (tubulações) e a adução (canal), dispondo de uma capacidade de armazenamento de água mínima e sem dispositivos específicos para controlo do nível de água; a capacidade de armazenamento e o controlo de nível de água são assegurados pelo volume de água no canal.

As características do sistema de bombeamento não exigem também a construção de reservatórios de regulação do arranque e paragem dos grupos ou de regulação das vazões bombeadas para minimizar o consumo de energia ao longo do dia (parando o bombeamento em horas de ponta, período no qual o custo de energia é significativamente mais elevado). Efetivamente, de acordo com as conclusões dos estudos de simulação da operação da transposição, a vazão indicada de 22 m³/s considera o funcionamento da adução 24 horas por dia por períodos longos (meses) contudo em grande parte do tempo a transposição funcionará com uma vazão inferior, sendo possível estabelecer períodos de bombeamento e paragem ao longo do dia de forma a fornecer a vazão média diária desejada sem necessidade de funcionamento em horas de ponta.

Os principais aspetos adicionais a considerar na concepção e dimensionamento da estrutura de transição tubulação-canal serão os seguintes:

- Submersão da entrada em todos os regimes de funcionamento da adução de forma a melhor controlar a dissipação de energia, limitando a ondulação no canal, e evitar a entrada de ar na tubulação de recalque.
- Redução gradual da velocidade na transição entre o escoamento em pressão e o escoamento em superfície livre (abertura da secção de escoamento), limitando a ondulação no canal sem necessidade de criação de dispositivos específicos para o efeito.

- Possibilidade de secionamento, para esvaziamento das tubulações sem esvaziamento do canal, através da instalação de equipamentos motorizados, com funcionamento automático e com possibilidade de comando à distância. Deverá ser instalado um secionamento independente para cada tubulação de recalque.

Na primeira Etapa de construção serão apenas instalados os equipamentos relativos à adutora a ser executada, sendo contudo as obras civis integralmente executadas nessa primeira Etapa.

5.6.2 Descrição

A descrição efetuada desta componente da captação é válida para todas as variantes consideradas, mudando apenas a sua localização em planta.

A estrutura de ligação entre as tubulações de recalque e o canal de adução será constituída por uma pequena câmara a jusante das tubulações e a montante do canal, cuja função é a dissipação de energia e transição do escoamento para superfície livre e para a geometria do canal (Desenhos 115 a 118).

Nesta câmara serão instaladas quatro comportas de secionamento com dimensões 1,80x2,20 m², duas por tubulação, permitindo o isolamento entre as tubulações e o canal, e garantindo a possibilidade de esvaziamento de uma das tubulações mantendo a captação operacional. A comporta de montante serve de ensecadeira da de jusante, possibilitando a manutenção desta última. Um tubo desde a superfície e com ligação a montante das comportas garantirá o arejamento do escoamento, durante o esvaziamento das tubulações.

As comportas da estrutura de transição permitem, em conjunto com as válvulas de secionamento situada junto à central, isolar uma tubulação mantendo-se a outra tubulação em operação e podendo ser alimentada por qualquer um dos grupos da estação de bombeamento. Esta última situação é contudo apenas relevante para a segunda Etapa de construção.

As tubulações de recalque à entrada da câmara serão envolvidas em concreto, numa zona de curva em perfil e de transição entre as seções circular e retangular.

Para jusante das comportas a seção das tubulações alarga gradualmente até atingir o máximo de 2,60x3,00 m², reduzindo as perdas de carga e garantindo uma velocidade de escoamento suficientemente baixa na transição para o escoamento em superfície livre, de forma a garantir condições adequadas na seção inicial do canal. Esta saída ficará permanentemente afogada para os valores de vazão previstos.

A estrutura fechada que envolve as tubulações terá dimensões de 9,40x15,75 m², a que acresce a zona de transição para a seção trapezoidal do canal, com escoamento em superfície livre, com um desenvolvimento adicional de 14,00 m e largura máxima de 16,25 m. A altura máxima dos muros laterais nesta zona final é de 6,90 m.

5.7. SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

5.7.1 Considerações gerais

Este capítulo apresenta o sistema de drenagem de águas pluviais projetado para a estação elevatória do Castanhão, e que se representa no Desenho 79. No Desenhos 124 e 125 apresenta-se a drenagem ao longo da estrada de acessos à estação de bombeamento.

Os estudos hidrológicos realizados para determinar as vazões de projeto das estruturas de drenagem, são apresentados no Volume 2 – Canais e Sifões do presente Projeto Executivo.

5.7.2 Dimensionamento dos coletores e canaletes de proteção

Para o dimensionamento dos coletores e canaletes de proteção – valas de crista e de pé de talude - foram utilizadas as vazões de projeto obtidas após a delimitação das sub-bacias de contribuição e aplicação do método racional, com as seguintes premissas:

- Tempo de concentração – fórmula de Kirpich (com o tempo de concentração mínimo adotado de 5 minutos)

$$t_c = \frac{0.0078 (L / 0.3048)^{0.77}}{(J^{0.385})}$$

em que : t_c = Tempo de concentração da bacia hidrográfica (minutos);

L = Comprimento da linha de água principal (m);

J = Declive médio da linha de água principal (m/m).

- Altura da chuva – obtido com a equação da interpolação entre chuvas de 6 minutos e 1 hora da tabela 3 do relatório hidrológico:

$$P = 0,959 \times t_c + 18,04 \quad (\text{mm})$$

- Coeficiente de run-off – foram utilizados os valores de 0,8 para as zonas semi-impermeáveis da estação elevatória e com J superior a 50%, para os restantes áreas foi usado o valor de 0,6.

Para o dimensionamento hidráulico dos coletores e canaletes de proteção considerou-se as seguintes premissas:

- Altura do escoamento inferior a 0.5 D
- Cálculo da lâmina líquida (altura uniforme) com base na Fórmula de Manning:

$$Q = \frac{A \times Rh^{2/3} \times J^{1/2}}{n}$$

em que : Q = vazão de projecto (m³/s);

Rh = Raio hidráulico (m);

J = Declive médio da linha de água principal (m/m);

N = Coeficiente de rugosidade de Manning

- Coeficiente de rugosidade de Manning admitido igual a 0,015
- Tensão de arrastamento (poder de transporte) >2 KN/m²
- Diâmetro mínimo do tubo ou da meia-cana: 200 mm
- O cálculo da velocidade média do escoamento foi feito com base na equação da continuidade.

Considerando a altura hidrostática inferior a 0,5xD, a superfície livre fica submetida à pressão hidrostática. Neste caso o declive do coletor e o atrito ocasionado pela água contra a superfície das paredes determinam as condições do escoamento. Foram previstas obras de dissipação de energia nas estruturas desemboque dos coletores projetados e dos canaletes de proteção.

Na Figura 5.1 apresenta-se seguinte as curvas de vazão obtidas em função do diâmetro, considerando um coeficiente de vazão de 0.8.

Nos Quadros 5.3 e 5.4 apresentam-se os quadros de dimensionamento dos coletores e das vala de crista de drenagem pluvial, respetivamente.

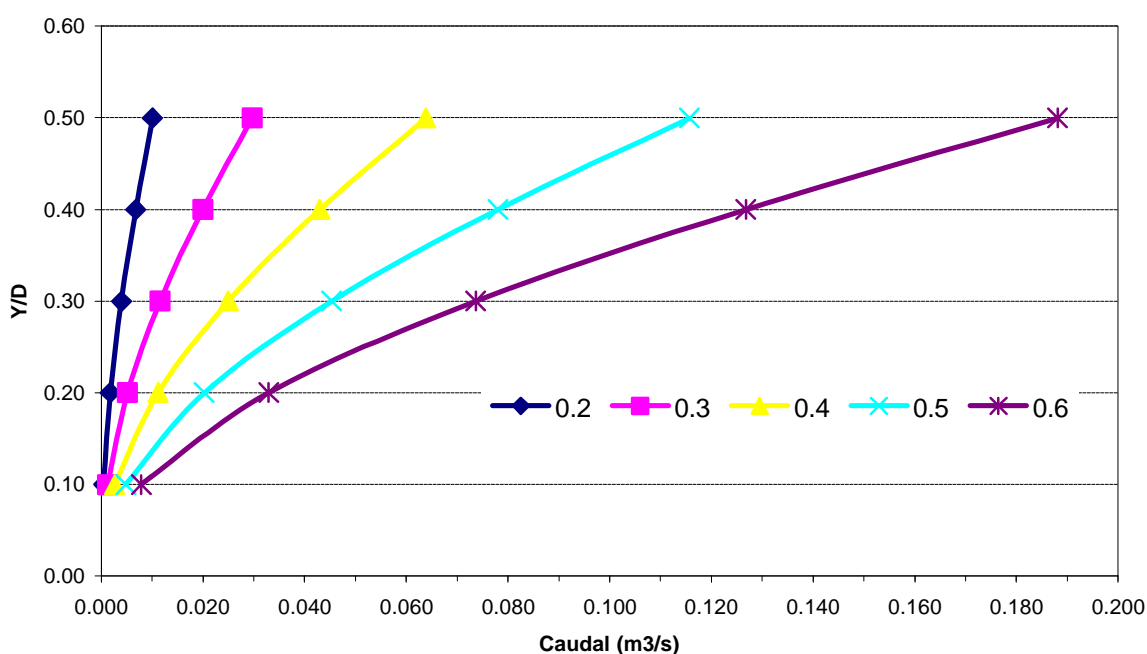
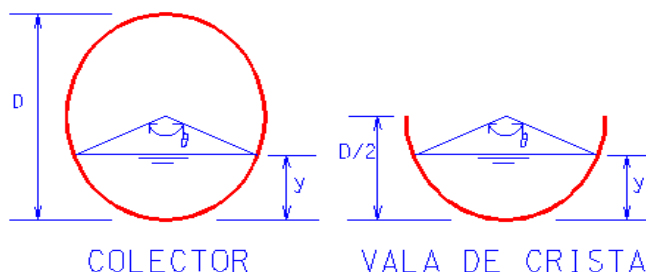


FIGURA 5.1
CURVAS DE VAZÃO EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO

QUADRO 5.3
DIMENSIONAMENTO DOS COLETORES DA ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO

| Identificação do colector | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 |
|----------------------------------|---------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| nó montante | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| nó jusante | | 2 | 3 | 4 | 7 | 6 | 7 | 8 | |
| Características da área drenante | Ctmontante (m) | 65,5 | 67 | 64,9 | - | 68,35 | 68,2 | 64,8 | - |
| | Ctjusante (m) | 64,8 | 64,8 | 64,8 | - | 66,5 | 64,8 | 64,7 | - |
| | ΔH (m) | 0,7 | 2,2 | 0,1 | - | 1,85 | 3,4 | 0,1 | - |
| | J (m/m) | 0,032 | 0,055 | 0,002 | - | 0,053 | 0,085 | 0,002 | - |
| | L (m) | 22 | 40 | 45 | - | 35 | 40 | 50 | - |
| | tc (min) | 5,00 | 5,00 | 5,00 | - | 5,00 | 5,00 | 5,00 | - |
| | P (mm) | 23,20 | 23,20 | 23,20 | - | 23,20 | 23,20 | 23,20 | - |
| | Área (m ²) | 890 | 1015 | 1372 | - | 760 | 1290 | 1462 | - |
| | C (-) | 0,8 | 0,8 | 0,8 | - | 0,8 | 0,8 | 0,8 | - |
| | Q (m ³ /s) | 0,009 | 0,015 | 0,022 | 0,022 | 0,004 | 0,008 | 0,038 | 0,003 |
| Características do colector | Extensão (m) | 20 | 33 | 30 | 52 | 22 | 35 | 25 | 25 |
| | Diâmetro (m) | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,2 |
| | Ctmontante (m) | 66,5 | 64,8 | 64,75 | 64,8 | 66,5 | 64,8 | 64,75 | 68 |
| | Ctjusante (m) | 64,8 | 64,75 | 64,8 | 64,75 | 64,8 | 64,75 | 60,0 | 66,6 |
| | Inclinação do terreno | 0,085 | 0,002 | -0,002 | 0,001 | 0,077 | 0,001 | 0,190 | 0,056 |
| | Csmontante (m) | 65,3 | 63,6 | 63,4 | 63,3 | 65,3 | 63,6 | 63,0 | 66,8 |
| | hmontante (m) | 1,20 | 1,20 | 1,32 | 1,52 | 1,20 | 1,20 | 1,73 | 1,20 |
| | Csjusante (m) | 63,6 | 63,4 | 63,3 | 63,0 | 63,6 | 63,4 | 60,0 | 65,4 |
| | hjusante (m) | 1,20 | 1,32 | 1,52 | 1,73 | 1,20 | 1,33 | 0,00 | 1,20 |
| | Inclinação adoptada | 0,085 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,077 | 0,005 | 0,121 | 0,056 |
| Características do escoamento | Y/D | 0,22 | 0,35 | 0,42 | 0,43 | 0,15 | 0,25 | 0,24 | 0,12 |
| | auxiliar | 0,22 | 0,35 | 0,42 | 0,43 | 0,15 | 0,25 | 0,24 | 0,12 |
| | auxiliar | 0,22 | 0,35 | 0,42 | 0,43 | 0,15 | 0,25 | 0,24 | 0,12 |
| | Y (m) | 0,044 | 0,105 | 0,125 | 0,131 | 0,030 | 0,075 | 0,073 | 0,024 |
| | θ (rad) | 2,0 | 2,5 | 2,8 | 2,9 | 1,6 | 2,1 | 2,1 | 1,4 |
| | K (m ^{1/3} /s) | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 |
| | n | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 |
| | Q (m ³ /s) | 0,009 | 0,016 | 0,021 | 0,023 | 0,004 | 0,008 | 0,038 | 0,002 |
| | Q (m ³ /s) | 8,8 | 15,6 | 21,4 | 23,2 | 3,8 | 8,1 | 37,7 | 2,0 |
| | Qf (m ³ /s) | 0,083 | 0,059 | 0,059 | 0,059 | 0,079 | 0,059 | 0,292 | 0,067 |
| | V (m/s) | 0,22 | 0,17 | 0,24 | 0,26 | 0,10 | 0,09 | 0,42 | 0,05 |
| | Vf (m/s) | 2,64 | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 2,52 | 0,84 | 4,13 | 2,14 |
| | Poder Transporte (kn/m ²) | 21,86 | 2,84 | 3,24 | 3,35 | 14,07 | 2,16 | 50,90 | 8,22 |



Características geométricas do colector e valas de crista

QUADRO 5.4
DIMENSIONAMENTO DAS VALAS DE CRISTA DA ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO

| Identificação da Vala de Crista | | VC1 | VC2 | VC3 | VC4 | VC5 | VC6 | VC7 | VC8 | VC9 | VC10 | VC11 | VC12 | VC13 | VC14 | VC15 | VC16 | VC17 | VC18 | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------|---|
| Características da área drenante | Cimontante (m) | 75 | 70 | 72 | 66,7 | 65 | 65 | 65 | 80 | 68 | 68,2 | 68,2 | 75 | 78 | 80 | 80 | 80 | 80 | 66 | 68 | |
| | Ctjusante (m) | 67 | 65 | 68 | 65 | 60 | 60 | 60 | 75 | 65 | 64,9 | 64,9 | 65 | 65 | 75 | 75 | 75 | 75 | 64 | 67,95 | |
| | ΔH (m) | 8 | 5 | 4 | 1,7 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3,3 | 3,3 | 10 | 13 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 0,05 | |
| | J (m/m) | 0,889 | 0,667 | 0,400 | 0,425 | 0,667 | 0,667 | 0,667 | 0,167 | 0,300 | 0,440 | 0,440 | 0,625 | 0,650 | 0,167 | 0,167 | 0,167 | 1,000 | 0,003 | | |
| | L (m) | 9 | 7,5 | 10 | 4 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 30 | 10 | 7,5 | 7,5 | 16 | 20 | 30 | 30 | 30 | 30 | 2 | 1,7 | |
| | lc (min) | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | P (mm) | 23,20 | 23,20 | 23,20 | 23,20 | 23,20 | 23,20 | 23,20 | 23,20 | 23,20 | 23,20 | 23,20 | 23,20 | 23,20 | 23,20 | 23,20 | 23,20 | 23,20 | 23,20 | 23,20 | |
| | Área (m ²) | 735 | 412,5 | 217,5 | 20 | 225 | 131,3 | 75 | 900 | 2025 | 262,5 | 262,5 | 880 | 400 | 600 | 360 | 600 | 60 | 60 | 578 | |
| | C (-) | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,8 | 0,8 | |
| | Q (m ³ /s) | 0,007 | 0,022 | 0,001 | 0,000 | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 0,003 | 0,011 | 0,001 | 0,001 | 0,018 | 0,020 | 0,002 | 0,001 | 0,002 | 0,022 | 0,003 | | |
| Características da vala de crista | Extensão (m) | 45 | 45 | 65 | 16 | 60 | 35 | 29 | 30 | 30 | 35 | 35 | 50 | 20 | 20 | 12 | 50 | 30 | 34 | | |
| | Diâmetro (m) | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | | |
| | Cimontante (m) | 72 | 64,9 | 68,4 | 67 | 65 | 65 | 65 | 75 | 64 | 64,9 | 64,9 | 67 | 64,9 | 76 | 76 | 77 | 64,8 | 68 | | |
| | Ctjusante (m) | 67 | 64,8 | 68 | 64 | 60 | 60 | 60 | 74 | 60 | 64,8 | 64,8 | 64,9 | 64,9 | 74 | 75 | 75 | 65 | 68 | | |
| | Inclinação do terreno (m/m) | 0,111 | 0,002 | 0,006 | 0,188 | 0,083 | 0,143 | 0,172 | 0,033 | 0,133 | 0,003 | 0,003 | 0,042 | 0,000 | 0,100 | 0,083 | 0,040 | -0,007 | 0,000 | | |
| | Csmontante (m) | 71,9 | 64,6 | 68,3 | 66,9 | 64,9 | 64,9 | 64,23 | 74,9 | 63,85 | 64,8 | 64,8 | 66,9 | 64,8 | 75,9 | 75,9 | 76,9 | 64,38 | 67,9 | | |
| | hmontante (m) | 0,10 | 0,30 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,77 | 0,10 | 0,15 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,42 | 0,10 | | |
| | Csjusante (m) | 66,9 | 64,38 | 67,4 | 63,9 | 59,9 | 59,9 | 59,9 | 73,9 | 59,85 | 64,45 | 64,45 | 64,8 | 64,7 | 73,9 | 74,9 | 74,9 | 64,23 | 67,66 | | |
| hjusante (m) | 0,10 | 0,42 | 0,60 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,15 | 0,35 | 0,35 | 0,10 | 0,20 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,77 | 0,34 | | | |
| Inclinação adoptada | 0,111 | 0,005 | 0,014 | 0,188 | 0,083 | 0,143 | 0,149 | 0,033 | 0,133 | 0,010 | 0,010 | 0,042 | 0,005 | 0,100 | 0,083 | 0,040 | 0,005 | 0,007 | | | |
| Características do escoamento | Y/D | 0,19 | 0,43 | 0,14 | 0,03 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,17 | 0,13 | 0,19 | 0,19 | 0,37 | 0,39 | 0,09 | 0,07 | 0,11 | 0,42 | 0,27 | | |
| | auxiliar | 0,19 | 0,43 | 0,14 | 0,03 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,17 | 0,13 | 0,19 | 0,19 | 0,37 | 0,39 | 0,09 | 0,07 | 0,11 | 0,42 | 0,27 | | |
| | auxiliar | 0,19 | 0,43 | 0,14 | 0,03 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,17 | 0,13 | 0,19 | 0,19 | 0,37 | 0,39 | 0,09 | 0,07 | 0,11 | 0,42 | 0,27 | | |
| | Y (m) | 0,038 | 0,129 | 0,028 | 0,006 | 0,013 | 0,01 | 0,008 | 0,034 | 0,039 | 0,037 | 0,037 | 0,074 | 0,117 | 0,018 | 0,014 | 0,022 | 0,125 | 0,055 | | |
| | θ (rad) | 1,8 | 2,9 | 1,5 | 0,7 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 1,7 | 1,5 | 1,8 | 1,8 | 2,6 | 2,7 | 1,2 | 1,1 | 1,4 | 2,8 | 2,2 | | |
| | K (m ^{1/3} /s) | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | | |
| | n | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | | |
| | Q (m ³ /s) | 0,007 | 0,023 | 0,001 | 0,000 | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 0,003 | 0,011 | 0,002 | 0,002 | 0,017 | 0,019 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,021 | 0,004 | | |
| | Q (m ³ /s) | 7,5 | 22,9 | 1,4 | 0,2 | 0,7 | 0,5 | 0,3 | 3,3 | 11,2 | 2,2 | 2,2 | 17,0 | 19,1 | 1,4 | 0,8 | 1,5 | 21,4 | 3,9 | | |
| | Qf (m ³ /s) | 0,095 | 0,059 | 0,033 | 0,123 | 0,082 | 0,108 | 0,110 | 0,052 | 0,306 | 0,028 | 0,028 | 0,058 | 0,059 | 0,090 | 0,082 | 0,057 | 0,059 | 0,024 | | |
| | V (m/s) | 0,19 | 0,25 | 0,04 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,08 | 0,12 | 0,05 | 0,05 | 0,42 | 0,21 | 0,04 | 0,02 | 0,04 | 0,24 | 0,10 | | |
| | Vf (m/s) | 3,02 | 0,84 | 1,07 | 3,92 | 2,61 | 3,42 | 3,50 | 1,65 | 4,33 | 0,91 | 0,91 | 1,85 | 0,84 | 2,86 | 2,61 | 1,81 | 0,84 | 0,76 | | |
| | Poder Transporte (kn/m ²) | 25,08 | 3,32 | 2,36 | 7,25 | 6,86 | 9,29 | 7,84 | 6,81 | 32,11 | 2,23 | 2,23 | 16,63 | 3,09 | 11,02 | 7,27 | 5,50 | 3,24 | 2,18 | | |

5.7.3 Rede de drenagem pluvial da estrada de acesso

Os critérios de traçado e dimensionamento são em tudo semelhantes aos expostos para o sistema de drenagem de águas pluviais da estação de bombeamento.

No Quadros 5.5 e 5.6 apresenta-se o dimensionamento e características da rede de drenagem pluvial da estrada de acesso.

QUADRO 5.5
DIMENSIONAMENTO DOS COLETORES DA ESTRADA DE ACESSO

| Identificação do coletor | | C1 | C2 | C4 | C5 | C6 |
|----------------------------------|---------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Características da área drenante | Ctmontante (m) | - | - | - | - | - |
| | Ctjusante (m) | - | - | - | - | - |
| | ΔH (m) | - | - | - | - | - |
| | J (m/m) | - | - | - | - | - |
| | L (m) | - | - | - | - | - |
| | tc (min) | - | - | - | - | - |
| | P (mm) | - | - | - | - | - |
| | Área (m ²) | - | - | - | - | - |
| | C (-) | - | - | - | - | - |
| | Q (m ³ /s) | 0,039 | 0,130 | 0,175 | 0,222 | 0,077 |
| | Características do coletor | Extensão (m) | 70 | 110 | 45 | 10 |
| Diâmetro (m) | | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,4 |
| Ctmontante (m) | | 116 | 102 | 74 | 73,775 | 105 |
| Ctjusante (m) | | 115,65 | 101,15 | 73,775 | 70 | 103,75 |
| Inclinação do terreno | | 0,005 | 0,008 | 0,005 | 0,378 | 0,125 |
| Csmontante (m) | | 114,8 | 101,7 | 72,8 | 70,7 | 103,8 |
| hmontante (m) | | 1,20 | 0,30 | 1,20 | 3,08 | 1,20 |
| Csjusante (m) | | 115,65 | 101,15 | 72,6 | 70 | 103,75 |
| hjusante (m) | | 0,00 | 0,00 | 1,20 | 0,00 | 0,00 |
| Inclinação adoptada | | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,070 | 0,005 |
| Características do escoamento | Y/D | 0,59 | 0,54 | 0,65 | 0,34 | 0,56 |
| | auxiliar | 0,59 | 0,54 | 0,65 | 0,34 | 0,56 |
| | auxiliar | 0,59 | 0,54 | 0,65 | 0,34 | 0,56 |
| | Y (m) | 0,176 | 0,268 | 0,325 | 0,173 | 0,222 |
| | θ (rad) | 3,5 | 3,3 | 3,8 | 2,5 | 3,4 |
| | K (m ^{1/3} /s) | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 |
| | n | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 |
| | Q (m ³ /s) | 0,039 | 0,130 | 0,175 | 0,222 | 0,076 |
| | Q (m ³ /s) | 38,6 | 129,9 | 175,0 | 221,5 | 76,1 |
| | Qf (m ³ /s) | 0,059 | 0,232 | 0,232 | 0,867 | 0,128 |
| | V (m/s) | 0,43 | 0,52 | 0,70 | 0,89 | 0,48 |
| | Vf (m/s) | 0,84 | 1,18 | 1,18 | 4,41 | 1,02 |
| | Poder Transporte (kn/m ²) | 4,04 | 6,39 | 7,06 | 65,62 | 5,22 |

QUADRO 5.6
DIMENSIONAMENTO DAS VALAS DE CRISTA DA ESTRADA DE ACESSO

| Identificação da Vala de Crista | | VC1 | VC2 | VC3.1 | VC3.2 | VC3.3 | VC4 | VC5 | VC6 |
|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Características da área drenante | Ctmontante (m) | 121,5 | 116,5 | 110 | 110 | 110 | 105 | 75 | 65 |
| | Ctjusante (m) | 120 | 100 | 105 | 103 | 102 | 75 | 73 | 60 |
| | ΔH (m) | 1,5 | 16,5 | 5 | 7 | 8 | 30 | 2 | 5 |
| | J (m/m) | 0,033 | 0,066 | 0,100 | 0,140 | 0,160 | 0,150 | 0,050 | 0,031 |
| | L (m) | 45 | 250 | 50 | 50 | 50 | 200 | 40 | 160 |
| | tc (min) | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | P (mm) | 23,20 | 23,20 | 23,20 | 23,20 | 23,20 | 23,20 | 23,20 | 23,20 |
| | Área (m ²) | 10200 | 44110 | 19840 | 14000 | 5500 | 43200 | 2000 | 12250 |
| | C (-) | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| | Q (m ³ /s) | 0,039 | 0,171 | 0,077 | 0,054 | 0,075 | 0,167 | 0,008 | 0,047 |
| Características da vala de crista | Extensão (m) | 320 | 620 | 430 | 280 | 110 | 460 | 250 | 430 |
| | Diâmetro (m) | 0,3 | 0,45 | 0,45 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,2 | 0,25 |
| | Ctmontante (m) | 124 | 116 | 108 | 105 | 103 | 108 | 96 | 108 |
| | Ctjusante (m) | 116 | 102 | 105 | 103 | 102 | 74 | 74 | 74 |
| | Inclinação do terreno (m/m) | 0,025 | 0,023 | 0,007 | 0,007 | 0,009 | 0,074 | 0,088 | 0,079 |
| | Csmontante (m) | 123,9 | 115,8 | 107,8 | 104,8 | 102,8 | 107,8 | 95,9 | 107,9 |
| | hmontante (m) | 0,15 | 0,22 | 0,22 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,10 | 0,13 |
| | Csjusante (m) | 115,9 | 101,8 | 104,8 | 102,8 | 101,8 | 73,8 | 73,9 | 73,88 |
| | hjusante (m) | 0,15 | 0,22 | 0,22 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,10 | 0,13 |
| | Inclinação adoptada | 0,025 | 0,023 | 0,007 | 0,007 | 0,009 | 0,074 | 0,088 | 0,079 |
| Características do escoamento | Y/D | 0,37 | 0,48 | 0,42 | 0,41 | 0,47 | 0,40 | 0,21 | 0,40 |
| | auxiliar | 0,37 | 0,48 | 0,42 | 0,41 | 0,47 | 0,40 | 0,21 | 0,40 |
| | auxiliar | 0,37 | 0,48 | 0,42 | 0,41 | 0,47 | 0,40 | 0,21 | 0,40 |
| | Y (m) | 0,111 | 0,214 | 0,189 | 0,166 | 0,186 | 0,161 | 0,042 | 0,099 |
| | θ (rad) | 2,6 | 3,0 | 2,8 | 2,8 | 3,0 | 2,7 | 1,9 | 2,7 |
| | K (m ^{1/3} /s) | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 | 66,67 |
| | n | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 |
| | Q (m ³ /s) | 0,039 | 0,171 | 0,076 | 0,055 | 0,076 | 0,167 | 0,008 | 0,048 |
| | Q (m ³ /s) | 38,7 | 170,6 | 76,3 | 54,7 | 75,9 | 166,9 | 8,2 | 48,2 |
| | Qf (m ³ /s) | 0,133 | 0,372 | 0,207 | 0,153 | 0,172 | 0,491 | 0,084 | 0,145 |
| | V (m/s) | 0,43 | 0,84 | 0,38 | 0,34 | 0,47 | 1,04 | 0,21 | 0,77 |
| | Vf (m/s) | 1,88 | 2,34 | 1,30 | 1,21 | 1,37 | 3,91 | 2,69 | 2,95 |
| | Poder Transporte (kn/m ²) | 14,85 | 24,11 | 6,84 | 6,15 | 8,49 | 62,30 | 21,81 | 41,27 |

CAPÍTULO 6

EQUIPAMENTOS HIDRO E ELETROMECÂNICOS

6. EQUIPAMENTOS HIDRO E ELETROMECAÑICOS

6.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

No presente capítulo apresentam-se as características dos equipamentos hidromecânicos e eletromecânicos previstos para a captação, quer para a estação de bombeamento quer para as adutoras de sucção e de recalque.

Na estação de bombeamento são previstos equipamentos mecânicos e electromecânicos principais, equipamentos auxiliares e instalações de utilização geral ou segurança. Os equipamentos principais são os grupos electrobomba, e as válvulas principais da estação elevatória, dentro dos limites da empreitada respectiva. Os equipamentos auxiliares serão a ponte rolante, instrumentação, drenagem, ventilação e sistemas anti-intrusão / anti-incêndio.

Nos capítulos a seguir são indicadas as características dos equipamentos da estação de bombeamento (Desenhos 024 a 029). São também referidos os aspetos de comando e de operação da estação de bombeamento e sistema de captação.

Na adutora de sucção e de recalque são previstos como equipamentos principais válvulas de seccionamento a montante e comportas a jusante. É ainda considerada a instalação de ventosas junto à estação de bombeamento, de juntas de dilatação ao longo da adução, de descargas de fundo nos pontos baixos e de entradas de homem.

6.2. EQUIPAMENTOS DA ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO

6.2.1 Bombas e motores

A vazão total final da estação de bombeamento é, como descrito anteriormente, de 22,0 m³/s, sendo que na primeira Etapa serão instalados metade dos grupos previstos.

A altura manométrica total varia com o nível de água a montante no reservatório do Castanhão, o nível na entrada do canal adutor, e a vazão total recalçada. O nível à entrada no canal adutor será praticamente constante a cota 127,00. O nível no reservatório do Castanhão varia entre as cotas 71,00 e 100,00. A altura geométrica de recalque varia assim entre 27,0 e 56,0 m.

As perdas de carga totais nas tubulações de montante e jusante a estação são de 8,0 m para a vazão máxima de projeto e de 5,6 m para a vazão de 18,0 m³/s.

A altura manométrica máxima é assim de 61,6 m e a altura manométrica mínima é de 32,6 m para a vazão de 18,0 m³/s.

Para a vazão de 22,0 m³/s limita-se a altura manométrica máxima a 54,0 m (nível a montante de 81,0 m) e a altura manométrica mínima é de 35,0 m.

Em virtude de se preverem duas etapas na instalação dos equipamentos de bombeamento se adotou por uma instalação com quatro grupos eletrobomba (na primeira fase) e com mais quatro (na segunda fase) perfazendo assim oito (7 + 1 de reserva) grupos eletrobomba de 3,15 m³/s e uma altura manométrica nominal de 54,0 m, no entanto a altura manométrica média mais freqüente será a de 43,0 m. O rendimento das bombas estará entre cerca de 90 a 85%.

Tendo em conta as curvas características das bombas e as curvas limites da instalação e prevendo que os grupos irão operar em regime de velocidade variável poderão ser determinadas as vazões de recalque (Figura 6.1), em função do número de grupos em funcionamento.

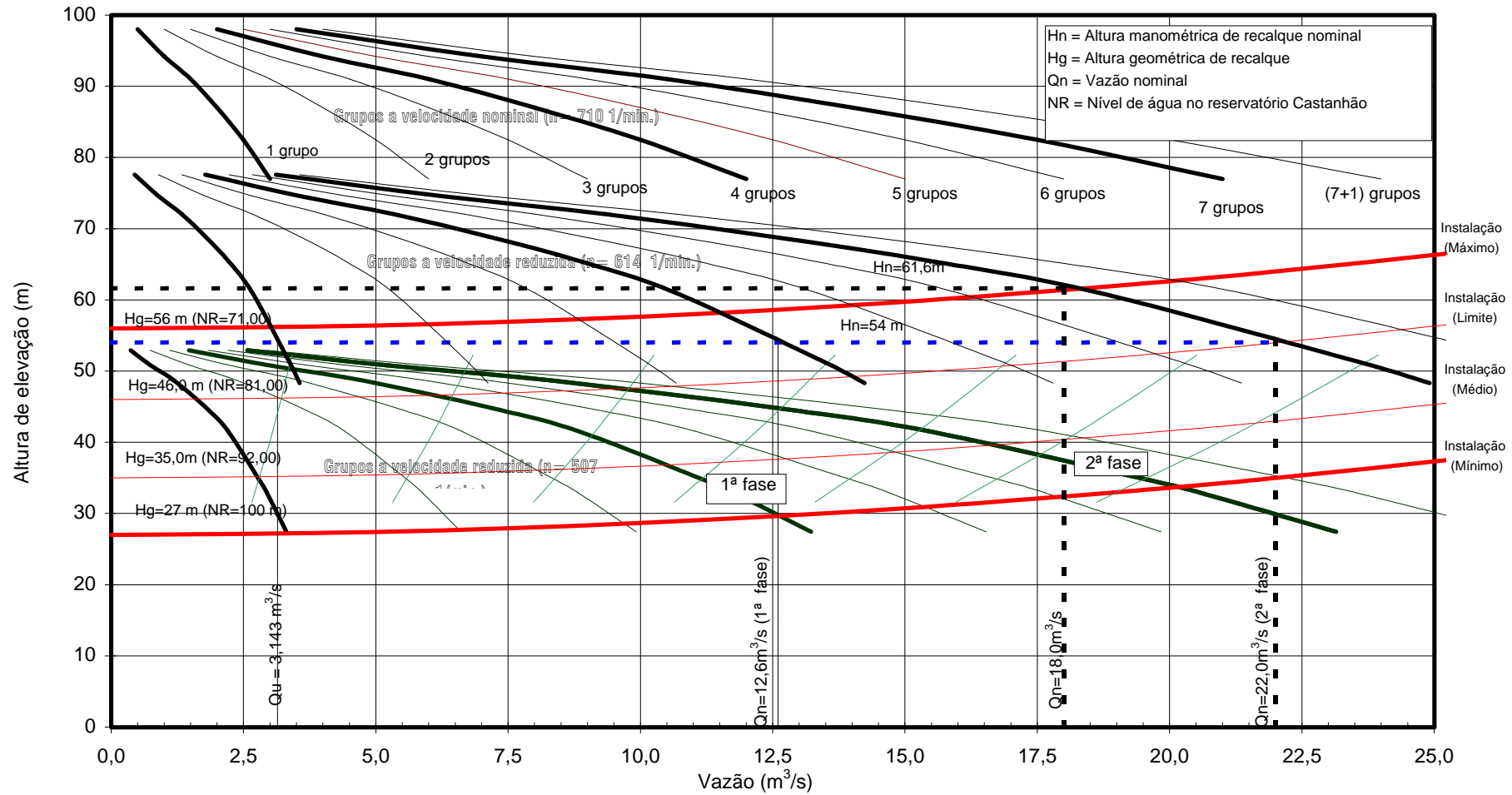
No Quadro 6.1 indicamos, em função do número de grupos em operação as vazões recalçadas e as alturas manométricas correspondentes para as condições extremas de níveis no reservatório do Castanhão. Entre parênteses é indicada a velocidade de rotação respetiva.

QUADRO 6.1
VAZÕES RECALCADAS EM FUNÇÃO DO NUMERO DE BOMBAS

| NUMERO DE BOMBAS | NÍVEL MÁXIMO NO RESERVATÓRIO (100,00) | | NÍVEL MÍNIMO NO RESERVATÓRIO (71,00) | |
|------------------|--|-----------------|---|----------------|
| | Vazão (m ³ /s) | Altura (m) | Vazão (m ³ /s) | Altura (m) |
| 1 | 3,21 (n = 507) | 27,43 (n = 600) | 2,9 (n = 614) | 53,8 (n = 614) |
| 4 | 12,6 (n = 507) | 30,00 (n = 507) | 11,4 (n = 614) | 58,0 (n = 614) |
| 7 | 22,0 (n = 507) | 34,50 (n = 507) | 20,3 (n = 614) | 61,6 (n = 614) |

Caso a cota do reservatório se encontre abaixo da cota 81.00 na segunda fase (com sete grupos) ou abaixo da cota 76.00 na primeira fase (com quatro grupos) deverá ser reduzida a vazão de acordo com as curvas características das bombas e de modo que a potência absorvida por cada grupo em operação não supere a potência nominal especificada para os motores elétricos que está fixada em 2200 kW. Os alarmes de níveis serão controlados automaticamente pelo autômato da estação.

**FIGURA 6.1 - CURVAS VAZÕES-ALTURAS DE RECALQUE E CARACTERÍSTICAS DA INSTALAÇÃO
ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO DO CASTANHÃO**



As condições menos favoráveis para o NPSH serão provavelmente para uma só bomba em funcionamento. Considerando que as perdas de carga nas tubulações de sucção são de 1,9 m, o NPSH disponível é de 18 m o que é suficiente para este tipo de bombas.

As bombas são do tipo centrífugo de dupla aspiração com rotor radial, montadas com o eixo vertical. Os motores elétricos a velocidade variável serão concebidos para funcionar eficazmente em toda a faixa de operação de alturas manométricas de recalque e de vazões previstas.

As características principais dos grupos são as seguintes:

- Bomba

| | |
|-----------------------------|--|
| - Número | 8 (7 + 1 de reserva) |
| - Tipo | Centrífuga, de dupla aspiração rotor simples, câmara bipartida |
| - Montagem | Vertical |
| - Alturas manométricas | 54,0 m a 61,6 m |
| - Vazões correspondentes | 3,14 m ³ /s a 2,65 m ³ /s |
| - Velocidade em carga | 614 l/min |
| - Potência máxima absorvida | 1 960 kW |

- Motor elétrico

| | |
|-----------------------|-----------------------|
| - Número | 8 (7 + 1 de reserva) |
| - Tipo | Trifásico assíncrono |
| - Montagem | Vertical |
| - Tensão nominal | 3,3 kV |
| - Potência nominal | 2 200 kW |
| - Velocidade síncrona | 900 l/min |
| - Proteção mecânica | IP 54 (CEI 529) |

Os grupos serão comandados manualmente através do quadro de comando local ou de acordo com uma programação preestabelecida através do autômato de comando da central. O autômato de comando recebe a indicação de funcionamento e de consumo de energia de cada grupo.

6.2.2 Válvulas

Para cada grupo eletrobomba serão montadas, na conduta individual de sucção uma válvula de seccionamento do tipo borboleta DN 1400 com motor elétrico e a jusante no recalque da bomba uma válvula de retenção do tipo “Clasar” DN 1200 e uma válvula de seccionamento tipo borboleta DN 1200 com motor elétrico. Estas válvulas serão com comando local ou automático.

O autômato de comando terá a indicação a respeito da posição de abertura das válvulas.

6.2.3 Instrumentação

A instrumentação previstas a instalar consiste em indicadores de nível, em medidores de vazão, e em um sistema de monitoramento dos grupos eletrobomba.

Indicadores de nível

Um indicador de nível do tipo sonda de pressão será instalado no reservatório do Castanhão e dois outros do tipo ultrasônico na estrutura de transição para o canal adutor, e enviarão as informações do nível de água ao autômato de comando.

Medidor de vazão

Um medidor de vazão do tipo ultra-sônico será instalado em cada conduta geral de recalque.

Os medidores de vazão estarão localizados nas tubulações de recalque conforme indicado no desenho nº 777-T1-1-04. O modo de fixação dos medidores às tubulações será de acordo com as instruções do fabricante dos medidores de vazão.

Monitoramento dos grupos eletrobomba

Para cada grupo eletrobomba está previsto um sistema de monitoramento permanente de fenômenos de vibração e de temperatura de aquecimento dos mancais do motor e da bomba e da temperatura dos enrolamentos do motor

O sistema será constituído por sensores (acelerômetros e sondas Pt 100) ligados a unidades eletrônicas próprias, pra alarme e com saída a 4-20 mA. Estas unidades serão instaladas em racks montadas em quadro em que existam módulos de seleção e visualização de canais e

com saída normalizada para ligação de dados, O sistema, do tipo da MONITRAN ou equivalente, será alimentado a 220 V, 60 Hz.

O equipamento a instalar nos grupos eletrobomba será o seguinte:

- a) por cada um dos motores e para cada uma das bombas

acelerômetros: 2 do lado do ataque; 2 do lado oposto ao ataque; 1 (axial);

sondas Pt 100: 1 do lado do ataque e 1 do lado oposto ao ataque.

- b) por cada um dos motores

sondas Pt 100: 1 por fase.

As sondas instaladas no interior dos motores serão protegidas por descarregadores de sobretensões.

Por cada um dos motores existirá uma caixa de reunião dos cabos de ligação aos sensores, donde partirão para o quadro de monitoramento cabos com os condutores necessários.

O quadro será para montagem no solo, devendo poder dispor de espaço para instalação de quatro unidades eletrônicas adicionais.

Complementarmente serão instalados, junto de cada um dos rolamentos do motor e da bomba, pernos destinados à medição do nível do ruído dos rolamentos; estes pernos serão iguais ou equivalentes aos do sistema de teste SPM-43, devendo ser rigorosamente instalados de acordo com as indicações do fabricante.

6.2.4 Tubulações

Todas as tubulações individuais e gerais de sucção e de recalque ou de “by-pass” serão em aço ASTM A-120.

Na estação de bombeamento serão instaladas duas tubulações de by-pass de DN 500 entre a sucção e o recalque das bombas para o arranque inicial da estação, ou em caso de esvaziamento da tubulação de recalque.

6.2.5 Equipamento de elevação e transporte

Para a montagem, desmontagem e manutenção dos equipamentos instalados está prevista uma ponte rolante de 20 t com o caminho de rolamento fixado a cota 70.85 com todos os movimentos acionados eletricamente por meio de caixa suspensa com botões de comando.

A ponte rolante terá as seguintes características:

| | |
|---|----------------|
| - Tipo | biviga caixão |
| - Capacidade de carga | 20 t |
| - Vão(distância entre eixos de carris | 9,8 m |
| - Altura de elevação | 0,5/3,1 m/min. |
| - Velocidade de direcção | 4/16 m/min. |
| - Velocidade de translação da ponte | 8/32 m/min. |
| - Comprimento do caminho de rolamento | 52,0 m |
| - Serviço | interior |

As velocidades são dadas apenas a título indicativo.

Todas as características técnicas acima referidas serão a confirmar pelo Adjudicatário de acordo com as características do equipamento a ser instalado na estação elevatória.

A ponte será essencialmente construída por estrutura, translação e caminho de rolamento, carro diferencial e equipamento elétrico.

6.2.6 Equipamentos de ventilação e ar condicionado

Sistema de ventilação

Para a sala dos grupos prevendo que a refrigeração dos motores elétricos e dos conversores de frequência seja do tipo ar-ar e os transformadores para os grupos arrefecidos naturalmente a ar, está previsto um sistema de ventilação.

Os equipamentos de ventilação a fornecer são os seguintes:

- dezoito exaustores de teto centrifugos de topo de conduta para uma vazão de ar de 18000 m³/h a uma pressão estática de 5mm c.a.
- seis exaustores de teto centrifugos de topo de conduta para uma vazão de ar de 9000 m³/h a uma pressão estática de 5mm c.a.
- vinte e quatro venezianas para uma velocidade de ar de aproximadamente 2,0 m/s, com dimensões nominais de 1650 x 1485 mm e mais oito venezianas com dimensões nominais de 1385 x 1485 mm dotadas com alhetas horizontais contra a chuva, para uma velocidade de ar de cerca de 0,9 m/s, dotadas de filtro lavável e rede mosquiteira metálica posterior, e executadas em perfis de alumínio anodizado em cor natural.
- Dois termostatos de ambiente do tipo capilar e bolbo de 1 escalão tipo A 19 da Penn ou similar.

. O comando do sistema de ventilação será realizado ou manualmente ou automaticamente por meio do autômato da central auxiliado pelos dois termostatos de ambiente.

Aparelhos de ar condicionado

Os aparelhos de ar condicionado previstos para a estação são os seguintes:

- um aparelho de ar condicionado tipo “split” com capacidade frigorífica de 1,5 TR para a sala de comando ;
- um aparelho de ar condicionado tipo “split” com capacidade frigorífica de 1,0 TR para o escritório ;

6.2.7 Drenagem

Para a drenagem das águas eventuais dentro da estação serão instalados dois grupos elétricos submersíveis num poço de drenagem interior . As águas assim drenadas para uma fossa no exterior do edifício da estação, retornarão ao rio por gravidade.

O equipamento de drenagem a fornecer é o seguinte:

- dois grupos eletrobomba de drenagem submersíveis para instalação em poço para uma vazão unitária de 5 l/s e uma altura manométrica de 4 m, com motor elétrico de 0,7 kW de potência instalada para alimentação trifásica 415 V, 60 Hz, isolamento classe F, e proteção mecânica IP 68(CEI 529), dotado de sonda PT 100;
- um interruptor de nível de boia tipo ecológico;
- duas tubulações individuais de recalque DN 80, e uma tubulação geral de recalque DN 150, e acessórios em aço:
- uma válvula de seccionamento tipo borboleta com actuador flangeada DN 150, PN10;
- duas válvulas de retenção de portinhola basculante de DN 80, PN 10;
- quadro elétrico de alimentação com os automatismos de comando das duas bombas e relés de proteção dos motores contra sobreaquecimento.

6.2.8 Comando da estação

O sistema de comando da estação de bombeamento permitirá a adequação das características dos grupos em serviço (vazão unitária – altura manométrica) em função da vazão total pedida pelo sistema e dos níveis de água no reservatório do Castanhão e no reservatório a jusante, na estrutura de transição para o canal adutor.

No canal de adução a Fortaleza, bem como em todas as tomadas de água laterais, serão instalados sistemas de medição de nível/medição de vazão cujos valores medidos serão recolhidos no autômato da estação permitindo a correção da velocidade dos grupos em serviço e adequando a vazão total e conseqüentemente a vazão unitária a que está a ser solicitada a jusante.

O comando dos grupos será feito pelo autômato central que controlará o arranque e a paragem das bombas em função dos níveis de água nos dois reservatórios e outros dados do sistema.

Para o arranque de um grupo da estação se deverá observar simultaneamente as condições seguintes:

- O nível de água no reservatório do Castanhão está acima da cota 71,00 m;

- O nível de água no reservatório da estrutura de transição está abaixo da cota 127,00 m.
- As válvulas das condutas individuais de sucção estarão na posição de “abertas”

Para a paragem dos grupos basta a ocorrência de pelo menos uma das seguintes condições:

- O nível no reservatório do Castanhão descer abaixo da cota 71,00;
- O nível no reservatório da estrutura de transição atingiu a cota 127,50 m;
- O nível mínimo de alarme na estrutura de transição a jusante é de 124,00.

O funcionamento manual permitirá também a exploração da estação de bombeamento por um operador, que será responsável por ter em conta os dados hidráulicos disponíveis no quadro de comando da estação.

Em caso de manutenção ou reparação eventual de um ou mais grupos será possível ter os outros grupos em operação.

6.3. ADUTORAS DE SUCÇÃO E DE RECALQUE

6.3.1 Tubulações

As adutoras de sucção e de recalque da captação d’água apresentam as seguintes características gerais simples:

- Número de condutas..... 2
- Zona de sucção de cada conduta:
 - Comprimento aproximado 780 m
 - Diâmetro 2 500 mm
- Zona de recalque de cada conduta:
 - Comprimento aproximado 1 730 m
 - Diâmetro 2 200 mm

A adutora foi prevista em chapa de aço reforçada por cantoneiras de abas desiguais. A chapa deverá ser enrolada no sentido da laminagem.

Tendo em consideração os respectivos diâmetros, as pressões incluindo o golpe de aríete (choque hidráulico) para as condições desfavoráveis e ainda o fabrico, o transporte e o aprovisionamento do material, entendeu-se que a adutora devia ser executada com uma espessura uniforme de 7 mm. Este aço deverá ter as exigências mínimas correspondentes à especificação S 235 JRG 2 da norma europeia EN 10025+A1, equivalente à RSt 37 -2 da norma DIN 17100.

A distância entre reforços será a seguinte:

- Para a zona de sucção com diâmetro igual a 2 500 mm 2 500 mm
- Para a zona de recalque com diâmetro igual a 2 200 mm..... 3 000 mm

Este afastamento entre reforços corresponde a um coeficiente de segurança de 2,15 e 1,79 respectivamente, em relação à pressão teórica de achatamento com o vazio absoluto.

Os reforços serão em cantoneira “L” e todos iguais com 150 mm de altura 90 mm de largura e 10 mm de espessura; ou dimensões aproximadas por excesso. Estas cantoneiras serão soldadas ao extradorso da conduta pela extremidade da aba maior.

Grande parte do trecho em sucção será enterrado. O trecho de recalque desenvolve-se a céu aberto a montante da chaminé de equilíbrio e enterrado para jusante.

A adutora vai funcionar com juntas de dilatação montadas imediatamente a jusante de cada maciço. Em cada vértice que faz a junção de dois trainéis consecutivos fica instalado um maciço.

A conduta assentará entre berços distanciados de 12 m. Para estes optou-se pela solução mais económica que corresponde a um pequeno maciço blindado superiormente onde assenta a conduta num comprimento correspondente a um ângulo ao centro do tubo de 120°.

Todos os 100 m aproximadamente haverá um postigo de visita montado no quarto inferior para maior facilidade de entrada e saída.

A conduta será protegida contra a corrosão em princípio de acordo com o seguinte esquema:

- **Interiormente:**
 - decapagem a jacto abrasivo de grau Sa3 conforme Norma Sueca SIS 055900;

- metalização a zinco segundo Norma AFNOR A 91-201 com uma espessura mínima de 120 μ ;
 - uma demão de primário epoxi, rico em pó de zinco, com uma espessura mínima de 45 μ ;
 - três demãos de tinta epoxi – poliamida – alcatrão de hulha, com uma espessura mínima por demão de 130 μ .
- **Exteriormente:**
- 1 – Zona enterrada
 - decapagem a jacto abrasivo de grau Sa 21/2;
 - enfitamento com fita tipo Poliken;
 - enfitamento com fita embebida em alcatrão.
 - 2 – Zona a céu aberto
 - decapagem a jacto abrasivo de grau Sa 21/2;
 - uma demão de primário rico em cromato de zinco com uma espessura mínima de 50 μ m;
 - primer epoxi-betuminoso com pigmento de alumínio em uma demão com 125 μ m.
 - acabamento epoxi com pigmento de alumínio em uma demão com 125 μ m.
 - primer epoxi-betuminoso com pigmento de alumínio em uma demão com 150 μ m.
 - acabamento epoxi-“hard-top” em uma demão com 100 μ m.

O peso total da Adutora será de aproximadamente 2 600 toneladas.

6.3.2 Tomada de água

Na tomada de água, realizada por derivação das tubulações do açude Castanhão, é prevista a instalação de um válvula de seccionamento em cada tubulação da adutora de sucção.

As válvulas serão do tipo borboleta e terão o diâmetro nominal de 2 200 mm, inferior ao da tubulação, sendo instaladas no interior de uma câmara enterrada.

Estas válvulas serão manobradas por servomotor e disporão de contrapesos, prevendo-se a possibilidade do seu funcionamento para corte de caudal. É prevista uma tubulação de by-pass à válvula para enchimento da tubulação de recalque.

6.3.3 Estrutura de transição para o canal de adução

Na estrutura de transição da adução para o canal de adução é prevista a instalação de duas comportas vagão em cada tubulação, servindo uma como segurança da outra.

O tabuleiro terá dimensões de 1,80x2,20 m², sendo a estanqueidade da comporta de montante realizada a montante e a da comporta de jusante realizada a jusante.

O accionamento será realizado por servomotor a partir do topo da estrutura, sendo previsto o funcionamento para corte total da vazão no sentido canal-tubulações.

6.3.4 Outros equipamentos das adutoras

Descargas de fundo

São previstas duas descargas de fundo em pontos baixos da adutora, uma na sucção e outra no recalque. Estas descargas de fundo serão munidas de duas válvulas de seccionamento por tubulação de descarga.

Ventosas

São também previstas ventosas para cada adutora a montante (4 unidades) e a jusante (2 unidades) da estação de bombeamento.

Outras ventosas são previstas para as adutoras de sucção (4 unidades) e de recalque (6 unidades).

As ventosas são de tripla função universais DN200, PN10, da Barbara ou marca similar, previstas com válvulas de isolamento, incorporada ou fornecida em separado, para permitir a sua manutenção.

Juntas de dilatação

São ainda previstas juntas de dilatação onde fôr necessário (duas juntas em cada ligação a estruturas de concreto) para as tubulações enterradas e a montante de cada maciço de amarração para as tubulações aéreas.

As juntas de dilatação a fornecer para as adutoras e para as tubagens de grande diâmetro serão do tipo Viking-Johnson ou similares e obedecerão às especificações AWWA.

6.4. PROTEÇÃO CATÓDICA DAS ADUTORAS

6.4.1 Generalidades

O solo permite a condução de cargas elétricas, formando correntes elétricas perdidas. Estas têm origem em diferenças de potencial instaladas no terreno, criadas por canalizações enterradas, trilhos, linhas de alta tensão, fios terras de instalações elétricas ou naturalmente entre solos de diferentes características.

Ao atingirem uma tubulação metálica, escoam-se por esta, abandonando-a quando a resistividade do meio exterior é menor. Neste ponto de descarga de corrente o metal funciona como ânodo, formando-se cargas positivas à custa do ferro do tubo, principalmente Fe^{2+} e Fe^{3+} , que se escoam para o solo, diminuindo a massa e por isso a espessura do tubo. Nesse ponto a tubulação sofre externamente corrosão.

Nos Desenhos 122 e 123 apresenta-se o esquema de princípio da instalação da proteção catódica.

6.4.2 Proteção passiva

Revestimentos da tubulação

Em geral a proteção passiva é feita com revestimento da tubulação com um material apresentando propriedades isoladoras, isto é, alta resistividade elétrica, alta inércia química e boas características mecânicas. Os revestimentos mais utilizados são:

- à base de piche ou de asfalto
- fitas ou bandas de materiais plásticos auto-adesivas
- polietileno aplicado por extrusão
- mangas termo-retráteis – polimerização pelo calor

Para o presente projeto preconiza-se a utilização de polietileno aplicado por extrusão. A tubulação será fornecida com o revestimento aplicado em fábrica, sendo transportados e

instalados na vala já revestidos. As zonas de soldadura serão envolvidas com bandas de materiais plásticos auto-adesivas ou mangas termo-retráteis.

Juntas isoladoras

As juntas isoladoras permitem secionar eletricamente a tubulação. Coloca-se a necessidade de isolar a tubulação na transição dos troços enterrados para os troços aéreos e para se proceder à medição de potencial da tubulação.

Neste caso a junta isoladora mantém-se “shuntada” por intermédio de dois cabos de cobre soldados (soldadura “thermit”) à tubulação, de um lado e do outro da junta. Sempre que se proceder à medição do potencial da tubulação, desmonta -se a ligação.

Na transição entre os troços enterrados e os troços aéreos as juntas isoladoras não são “shuntadas”.

6.4.3 Proteção ativa – proteção catódica

Na proteção catódica provoca-se uma polarização do metal da tubulação a um potencial inferior a um valor limite característico de cada metal. Para o aço esse valor é de -850 mV medidos com um eléctrodo de referência cobre-sulfato de cobre. Para valores inferiores não se verifica a passagem de electrões do metal para o meio exterior e, conseqüentemente, o metal mantém-se imune, ficando protegido contra a corrosão.

Todos os pontos da superfície da tubulação têm de estar, no máximo, àquele potencial. Utiliza-se um dos seguintes processos:

- Proteção por ânodos reativos ou de consumo
- Proteção por corrente imposta

a) Ânodos reativos

Na proteção por ânodos reativos liga-se o metal a proteger a um outro de potencial mais electronegativo. A pilha formada desenvolve uma corrente muito fraca, alguns décimos de miliampere. Este processo não permite qualquer regulação, pelo que não é recomendável para elementos a proteger extensos.

b) Corrente imposta

Neste processo, que se preconiza para a proteção da tubulação, utiliza-se um gerador de corrente contínua, ligando-se o polo positivo a um leito enterrado independente. A regulação da corrente de saída pode ser realizada atuando no gerador de corrente contínua.

Este sistema permite ajustar a corrente imposta em função da evolução ao longo do tempo das características do local e da qualidade do revestimento da tubagem.

A cada troço da tubulação isolado eletricamente corresponde uma instalação de corrente imposta, a qual deve situar-se próximo da rede de distribuição de corrente e em local em que o solo apresente baixa resistividade, de modo a proporcionar um bom escoamento da corrente elétrica.

O leito enterrado pode ser composto pelos seguintes materiais condutores, com os seguintes consumos aproximados:

- Ferro-silício: 0,5 kg / A . ano
- Grafite: 1kg/A . ano
- Ferro: 10 kg/A . ano

CAPÍTULO 7 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

7. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

7.1. GENERALIDADES

A instalação a executar constará de recepção de energia elétrica, transformação, alimentação dos motores e auxiliares, e sistema de comando.

7.2. POTÊNCIA TOMADA PELA INSTALAÇÃO

A potência para alimentação dos motores constitui a parte mais significativa da potência a tomar pela instalação. Essa potência deriva das condições hidráulicas do sistema (caudais e alturas) e dos correspondentes rendimentos das bombas a instalar.

No caso presente o valor máximo estimado para acionamento de cada uma das bombas é de cerca de 1 960 kW, estando previsto o uso de motores elétricos com a potência nominal de 2 200 kW. Os motores disporão de equipamento para variação de velocidade por inversor de frequência.

A potência elétrica total necessária será igual à potência de acionamento das bombas dividida pelo rendimento do motor, equipamento de variação de velocidade e restante equipamento de alimentação (essencialmente os transformadores). Admitindo que este valor é de 0,925, e que funcionarão simultaneamente 7 grupos eletrobomba, a potência virá de 14,8 MW. Este valor poderá subir para 16,9 MW se, em casos excepcionais, funcionarem 8 grupos.

A potência dos serviços auxiliares, a adicionar, é estimada em cerca de 50 kW.

A potência aparente, para o fator de potência de 0,93, será de 16,0 MVA para 7 grupos em funcionamento e de 18,3 MVA para 8 grupos.

7.3. ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA

A alimentação de energia será feita da rede de 69 kV da COELCE, por linha aérea.

Existirá uma subestação ao tempo, equipada com 2 transformadores.

7.4. TRANSFORMADORES PRINCIPAIS

7.4.1 Potência dos Transformadores Principais

O fator de potência da instalação será ligeiramente inferior a 1. A potência prevista para a estação é de cerca de 16,0 MVA ou, excepcionalmente, de 18,3 MVA.

A solução adotada, de uso de dois transformadores de 10 MVA cada, permite dispor de uma reserva de potência de transformação considerável, tendo em conta os aspectos seguintes:

- o regime de potência máxima é de baixa probabilidade de ocorrência;
- se necessário um transformador poderá fornecer 12,5 MVA com ventilação forçada.

7.4.2 Características Elétricas

| | |
|--|---|
| Potência nominal unitária | 10 MVA/12,5 MVA ONAN/ONAF |
| Tensão nominal primária | 69 kV |
| Tensão nominal secundária | 13,8 kV |
| Número de fases | 3 |
| Frequência | 60 Hz |
| Ligação do primário | Triângulo |
| Ligação do secundário | Estrela, com neutro acessível |
| Grupo de ligações | Dy-1 |
| Tensão primária, com derivações | 71775/70950/70125/69300/68475/ 67650/66825/66000/65175/64350/ 63535/62700/61875/61050/60225/ 59400/58575 V |
| Tensão secundária, fixa | 13800 V |
| Forma de comutação | Com carga e com tensão |
| Ponto central | 66000 V/ 13800 V |
| Impedância de seqüência positiva, a 69300 V/ 13800 V | 7% (base 10 MVA e 69,3 kV, 75°C, tolerância $\pm 7,5\%$) |
| Impedância de seqüência zero, a 69300 V/ 13800 V | 7% (base 10 MVA e 69,3 kV, 75°C, tolerância mínima de 90% da impedância de seqüência positiva) |

Caraterísticas do isolamento

Enrolamento de 69 kV

| | |
|--|------------------------------|
| Nível geral de isolamento | 72,5 kV, isolamento uniforme |
| Nível de isolamento secundário | 15 kV, isolamento uniforme |
| Nível de isolamento do neutro | 15 kV, isolamento uniforme |
| Tensões suportáveis | |
| - Impulso atmosférico, onda plena (1,2/50 μ s) | 350 kV, pico |
| - Impulso atmosférico, onda cortada | 385 kV |
| - Aplicada, a 60 Hz, durante um minuto | 140 kV |

Enrolamento de 13,8 kV

| | |
|--|----------------------------|
| Nível geral de isolamento | 15 kV, isolamento uniforme |
| - Impulso atmosférico, onda plena (1,2/50 μ s) | 110 kV, pico |
| - Impulso atmosférico, onda cortada | 121 kV, pico |
| - Aplicada, a 60 Hz, durante um minuto | 34 kV |

Neutro

| | |
|--|----------------------------|
| Nível geral de isolamento | 15 kV, isolamento uniforme |
| - Impulso atmosférico, onda plena (1,2/50 μ s) | 110 kV, pico |
| - Impulso atmosférico, onda cortada | 121 kV, pico |
| - Aplicada, a 60 Hz, durante um minuto | 34 kV |

Buchas do Enrolamento de 69 kV

| | |
|--|----------------------------|
| Nível geral de isolamento | 72,5 kV |
| Nível de isolamento secundário | 15 kV, isolamento uniforme |
| Nível de isolamento do neutro | 15 kV, isolamento uniforme |
| Tensões suportáveis | |
| - Impulso atmosférico, onda plena (1,2/50 μ s) | 350 kV, pico |
| - Impulso atmosférico, onda cortada | 385 kV |
| - Aplicada, a 60 Hz, durante um minuto | 140 kV |

Buchas do Enrolamento de 13,8 kV

| | |
|--|--------------|
| Tensão nominal | 15 kV |
| - Impulso atmosférico, onda plena (1,2/50 μ s) | 110 kV, pico |
| - Impulso atmosférico, onda cortada | 121 kV, pico |
| - Aplicada, a 60 Hz, durante um minuto | 34 kV |

Buchas do Neutro

| | |
|--|--------------|
| Tensão nominal | 15 kV |
| - Impulso atmosférico, onda plena (1,2/50 μ s) | 110 kV, pico |
| - Impulso atmosférico, onda cortada | 121 kV, pico |
| - Aplicada, a 60 Hz, durante um minuto | 34 kV |

7.4.3 – Proteção dos transformadores de força

Cada transformador de força é dotado de proteção de sobrecorrente nos lados de alta e média tensão. Para defeito interno os transformadores possuem proteção através de relé de gás, diferencial e válvula de alívio de pressão, as quais atuam sobre o relé de bloqueio desligando instantaneamente o disjuntor de 72,5 kV e o disjuntor de 15kV correspondente ao transformador defeituoso.

Os transformadores são completos de termômetro do óleo, termômetro do enrolamento e relé nível de óleo, os quais só fazem sinalizar através do relé anunciador.

A proteção diferencial é alimentada por TC's tipo bucha instalados na entrada dos enrolamentos de alta do transformador, e por TC's instalados no módulo de entrada do "quadro de média tensão" dando assim também proteção aos cabos isolados de 15 kV, que interligam o transformador ao aludido quadro.

7.5. EQUIPAMENTO DE 69 KV

A subestação terá disposição segundo o desenho respectivo. O barramento será em cabo de cobre de 70 mm² de seção. Disporá de um painel de chegada de linha e de dois painéis de proteção de transformador.

O material previsto consta do diagrama unifilar representado nos desenhos. Será, essencialmente, o seguinte:

Chegada de linha

- Pára-raios
- Transformadores de potencial
- Transformadores de corrente
- Chave seccionadora com lamina de terra
- Disjuntor
- Transformadores de corrente

Proteção de transformador

- Chave seccionadora
- Transformadores de corrente

7.6. MEDIÇÃO DA ENERGIA RECEBIDA

A medição da energia recebida será efetuada em equipamento a instalar em cubículo de medição em alvenaria, a construir no local indicado nos desenhos.

Os transformadores de corrente e potencial necessários serão fornecidos pela COELCE.

7.7. INSTALAÇÃO DE 13,8 KV

Em interior existirá, em quadro metálico, uma instalação a 13,8 kV, alimentada dos transformadores. A ligação entre transformadores e armário será feita em cabo isolado.

O armário disporá de um barramento simples, dividido em dois sub-barramentos. Cada um deles alimentará quatro grupos, e receberá energia de um dos transformadores. Existirá um disjuntor interbarras.

A potência de curto-circuito trifásica simétrica apresentará um valor máximo da ordem de 140 MVA, a que corresponde uma corrente próxima de 6 kA. O barramento será para a corrente nominal de 800 A e 12.5 kA.

Haverá cubículos de chegada dos transformadores, de saída para motores, de saída para o transformador dos serviços auxiliares, de interligação do barramento e de medição de tensão.

Os cubículos de saída para motores serão equipados com disjuntor e transformadores de corrente. Idêntico equipamento e pára-raios será instalado nos cubículos de chegada de transformador. Num dos cubículos de cada um dos sub-barramentos será instalado um conjunto de transformadores de potencial.

7.8. MOTORES DAS BOMBAS PRINCIPAIS

7.8.1 Potência nominal

Tendo em conta as condições hidráulicas de funcionamento, a potência dos motores foi fixada em 2 200 kW.

7.8.2 Tipo de motores

Foi considerado que os motores a usar seriam assíncronos, trifásicos, de rotor em curto-circuito, de construção fechada com ventilação externa (proteção IP54).

Os motores serão preparados para funcionamento a velocidade de rotação inferior à nominal e com onda de tensão não sinusoidal.

Disporão de proteções térmicas incorporadas nos enrolamentos.

7.8.3 Variação de velocidade

Os motores a usar serão dotados de equipamento de alimentação que permita que cada um funcione a velocidade variável. Esse equipamento será constituído por inversores de frequência trifásicos individuais (um por motor).

Para as potências em causa a tensão nominal preconizada para os inversores é de 3300 V, podendo eventualmente ser usados outros valores de tensão.

Pretendendo-se que os conversores funcionem com retificação a 12 impulsos, foram previstos transformadores com dois enrolamentos secundários. Assim sendo, cada um dos motores disporá de um transformador de alimentação, com as seguintes características básicas:

| | |
|--------------------------------|---------------------------------------|
| Potência nominal unitária | 2 500 kVA |
| Tensão nominal primária | 13,8 kV |
| Tensão nominal secundária | 3300 V |
| Número de fases | 3 |
| Frequência | 60 Hz |
| Impedância | 6% |
| Grupo de ligações | Dy11Dd0 |
| Tipo de arrefecimento | ONAN |
| Líquido isolante | Óleo mineral |
| Regulação da tensão secundária | Manual, com o transformador desligado |

Os transformadores serão de construção especial para o serviço previsto.

Um aspecto importante a ter em conta é o da necessidade de filtração das tensões harmônicas introduzidas na rede elétrica pelos inversores de frequência, tanto na rede interna como na rede pública.

A nível interno haverá que evitar sobretudo os problemas nos sistemas de comando e auxiliares, que poderão por em causa o próprio funcionamento da estação.

A nível externo, tendo em conta a sensibilidade definida pela COELCE a este tipo de perturbação, deverão ser instalados filtros para redução da amplitude das correntes harmônicas produzidas.

7.8.4 Proteção dos motores

A proteção dos motores será assegurada pelo equipamento de variação de velocidade. Estão previstas proteções de curto-circuito, fuga a terra, corrente de seqüência inversa bem como proteção térmica direta por sensores no próprio motor.

O equipamento de variação de velocidade conterà ainda proteções contra sobretensões, subtensões e falta de fase.

7.9. QUADRO DOS SERVIÇOS AUXILIARES

Existirá um quadro dos serviços auxiliares da subestação e estação de bombeamento. Nele serão instalados os equipamentos para alimentação dos sistemas da subestação e estação funcionando a 380 V, 60 Hz, e em corrente contínua (125 V) bem como os relés de proteção e equipamentos de comando e controle.

7.10. COMANDO DA ESTAÇÃO

A estação disporá de um sistema de automação para o seu comando. Este sistema vigiará as funções básicas da instalação bem como de cada um dos motores e da subestação.

A instalação irá funcionar normalmente em regime automático. Todos os seus equipamentos, incluindo os de variação de velocidade e subestação, estarão ligados a um sistema de comando, baseado em autómatos convenientemente programados, preparados para comunicação com o exterior. Os autómatos receberão os comandos e os dados originados na instalação, e processarão as ordens necessárias

7.11. TRANSFORMADOR DOS SERVIÇOS AUXILIARES

Os serviços auxiliares serão alimentados de um transformador 13,8 kV/ 380 V, com a potência nominal de 112,5 kVA.

As suas características básicas serão as seguintes:

| | |
|----------------------------------|-----------------------------|
| Potência nominal | 112,5 kVA |
| Número de fases | 3 |
| Isolamento | Óleo |
| Ligação primária | Triângulo |
| Ligação secundária | Estrela, com neutro |
| Relação de transformação | 13800/13200/12600 V - 380 V |
| Classe de isolamento primário | 15 kV |
| Classe de isolamento secundário | 1,2 kV |
| Impedância de seqüência positiva | 4,5% |

7.12. GERADOR DE EMERGÊNCIA

Foi considerada a instalação de um gerador de emergência com a potência de 100 kVA, capaz de alimentar os serviços auxiliares da instalação em caso de falta de rede.

7.13. TENSÃO DE COMANDO

Os circuitos auxiliares da subestação funcionarão em tensão contínua, de valor nominal 125 V. Existirá uma bateria de acumuladores alcalinos, em sala própria. Esta tensão poderá também ser usada nos sistemas auxiliares da estação elevatória.

A bateria funcionará em conjunto com um carregador retificador e terá a capacidade de descarga, em 10 horas, de 75 Ah, com tensão final de 1,36 V por elemento.

O carregador-retificador será de operação automática, com alimentação a 380 V, 60 Hz, com corrente de saída de 35 A.

7.14. COMPENSAÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA

Os inversores de frequência considerados para alimentação dos motores poderão efetuar a compensação do fator de potência da estação.

7.15. SISTEMA DE ATERRAMENTO

Será considerado um sistema de aterramento único, comum à subestação e estação de bombeamento.

O sistema de aterramento será constituído por eléctrodos horizontais (malha de terra) e por eléctrodos verticais.

A malha de terra será constituída por cabos de core nú. As hastes de terra a utilizar serão profundas.

Todos os equipamentos e partes metálicas da instalação serão ligadas à terra.

Nas estruturas de subestação serão instalados pára-raios tipo Franklin.

No local onde se situará a instalação, ocorrem afloramentos de rochas de embasamento cristalino, com migmatitos granitizados, exibindo a sua estrutura bastante homogeneizada, com textura nebulítica. A camada de recobrimento é formada por um solo de formação areno-argilosa, de granulação média, contendo seixos de quartzo e fragmentos de rocha, de coloração avermelhada e espessura média de 1,00 m.

7.16. DETECÇÃO DE INTRUSÃO

O edifício disporá de uma instalação de detecção de intrusão. Esta instalação disporá de um conjunto de detetores de infravermelhos nas zonas de possível entrada e em áreas comuns, complementado por detetores magnéticos em portas e janelas.

Os equipamentos de detecção ligarão a uma central que produzirá um sinal de alarme, transmissível a distância.

7.17. ILUMINAÇÃO

Será previsto um sistema de iluminação do edifício, da subestação e dos acessos.

Em exterior serão usadas luminárias com lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão, próprias para instalação ao tempo.

No edifício serão também usadas luminárias de sódio de alta pressão, na sala de máquinas, e luminárias fluorescentes nos restantes compartimentos e também como iluminação auxiliar na sala de máquinas.

7.18. ESTRUTURAS DAS ADUTORAS DE SUÇÃO E DE RECALQUE

Nas estruturas das adutoras de sucção e de recalque é prevista a instalação dos seguintes equipamentos elétricos:

a) Derivação na tomada de água do açude Castanhão

Instalação elétrica da derivação na tomada de água do açude Castanhão, incluindo alimentação local em baixa tensão, quadro elétrico, iluminação, cabos elétricos, aterramento, eletrodutos e todos os acessórios de montagem.

b) Reservatório uni-direcional

Instalação elétrica do reservatório uni-direcional, incluindo posto de transformação em poste, quadro elétrico, iluminação, cabos elétricos, aterramento, eletrodutos e todos os acessórios de montagem.

c) Estrutura de transição adutoras-canal

Instalação elétrica da estrutura de transição adutoras-canal, incluindo posto de transformação em poste, quadro elétrico, iluminação, cabos elétricos, aterramento, eletrodutos e todos os acessórios de montagem.

CAPÍTULO 8

PROGRAMA DE TRABALHOS

8. PROGRAMA DE TRABALHOS

8.1. FASEAMENTO DAS OBRAS

A evolução das demandas prevista até ao ano horizonte de projeto, permite considerar o faseamento da execução das obras da captação, designadamente da instalação dos equipamentos principais da estação de bombeamento (grupos, inversores de frequência, transformadores, etc.) e das adutoras de sucção e de recalque.

A análise da curva de evolução estimada para as demandas hídricas mostra um crescimento inicial bastante rápido, prevendo-se a transposição de uma vazão importante (11 m³/s) desde a data de início de exploração, pelo que se considerou a hipótese de execução das obras em duas etapas.

Poderá assim considerar-se a instalação numa primeira fase de metade da capacidade da captação (capacidade nominal de 12,6 m³/s e máxima de 14,5 m³/s), o que seria suficiente para atender ao crescimento das demandas num período de 8 anos. Numa segunda fase, ou eventualmente em mais fases posteriores, seria realizada a parte restante da instalação em datas, sendo o real faseamento a definir em função da evolução verificada das demandas hídricas nos primeiros anos de operação. As obras civis da estação de bombeamento serão, em princípio, realizadas numa única fase, à exceção daquelas que interferem com a montagem dos equipamentos.

Relativamente às adutoras, constituídas por duas tubulações paralelas, considerou-se que na primeira etapa de construção apenas seria executada a tubulação do lado esquerdo, coincidente com os grupos a instalar na estação de bombeamento.

O faseamento da instalação dos equipamentos reduzirá as necessidades iniciais de investimento e beneficiará do desfasamento no tempo dos investimentos, podendo conduzir a uma solução globalmente mais econômica. O investimento total não atualizado será contudo sempre superior quando se considera o faseamento das obras.

Seguidamente indicam-se os aspetos relacionados com o faseamento da execução das diferentes estruturas da captação.

Estação de bombeamento

Relativamente à estação de bombeamento, prevê-se a instalação numa primeira etapa de metade dos grupos e respetivas instalações elétricas. Numa segunda fase, ou eventualmente em mais fases posteriores, seriam instalados os restantes grupos. As tubulações individuais de sucção e de recalque dos grupos serão construídas até à seção das válvulas, ficando obturadas por uma junta cega.

A instalação dos equipamentos elétricos será também realizada em duas fases, em correspondência com a instalação dos grupos.

O edifício da estação de bombeamento e restantes instalações serão, construídas numa única fase.

Aduadoras de sucção e de recalque

Para as adutoras de sucção e de recalque foi prevista a sua construção em duas fases, sendo inicialmente instalada apenas uma das duas tubulações previstas, do lado esquerdo, mais próxima do açude Castanhão.

Neste caso poderia haver vantagem em instalar ambas as tubulações de sucção e de recalque na primeira fase de construção da captação, atendendo ao fato de permitir a redução das perdas de cargas, e em consequência do consumo de energia, durante os primeiros anos de operação. Os aspetos relacionados com a segurança da operação são também favoráveis à instalação inicial das duas tubulações.

Outras estruturas

A tomada de água, que é essencialmente uma obra civil, será construída numa única fase. Excetuam-se a instalação dos equipamentos hidromecânicos que deverão seguir o faseamento adotado para as adutoras de sucção. A tubulação do lado direito ficará seccionada por uma junta cega na flange da válvula de seccionamento prevista.

Relativamente aos reservatórios uni-direcionais, na primeira etapa de construção será apenas executado um dos reservatórios.

Também a estrutura de transição entre a captação e o canal de adução será realizada numa única fase, excetuando a instalação dos equipamentos hidromecânicos que deverão seguir o

faseamento adotado para a adutora de recalque. A tubulação do lado direito ficará assim seccionada por uma junta cega enterrada a montante da estrutura.

8.2. PROGRAMA DE TRABALHOS

O duração total prevista para o programa de trabalhos da execução da captação depende essencialmente do tempo para fornecimento dos equipamentos principais da estação de bombeamento.

Prevê-se que as obras de execução da captação possam ser realizadas num período total de cerca de ano e meio a dois anos, incluindo o tempo necessário para fabrico dos grupos.

Um fator condicionante da execução da captação d'água são as obras de construção do açude Castanhão, que atualmente decorrem. As principais interferências entre a execução das duas obras verificam-se ao nível da derivação para tomada de água e da adutora de sucção.

A execução da derivação na estrutura de tomada de água existente do açude Castanhão poderá ser realizada em qualquer momento, antecedendo ou sendo posterior à entrada em exploração do açude. Para viabilizar a execução da derivação após a entrada em exploração do açude bastará manter fechados os equipamentos de seccionamento existentes a montante da tomada de água durante o período necessário à demolição e construção da peça de bifurcação, que caso seja necessário poderá ser realizada em cerca de duas semanas.

Relativamente à adutora de sucção, cerca de 500 m do seu traçado atravessa o vale do rio Jaguaribe imediatamente a jusante do açude Castanhão, pelo que haverá que garantir a execução a seco dessas estruturas da captação.

Com a conclusão da construção do açude, a execução da adutora de sucção apenas ficará dependente dos aspectos relacionados com a inundação dos terrenos situados a cotas mais baixas aquando do funcionamento do vertedouro da barragem.

Em qualquer das alternativas de traçado da adutora de sucção, caso não esteja concluído o açude Castanhão, haverá de proceder-se ao desvio provisório das vazões do rio Jaguaribe vertidas pelo coroamento do paramento em concreto do açude, de forma a permitir a construção da adutora.

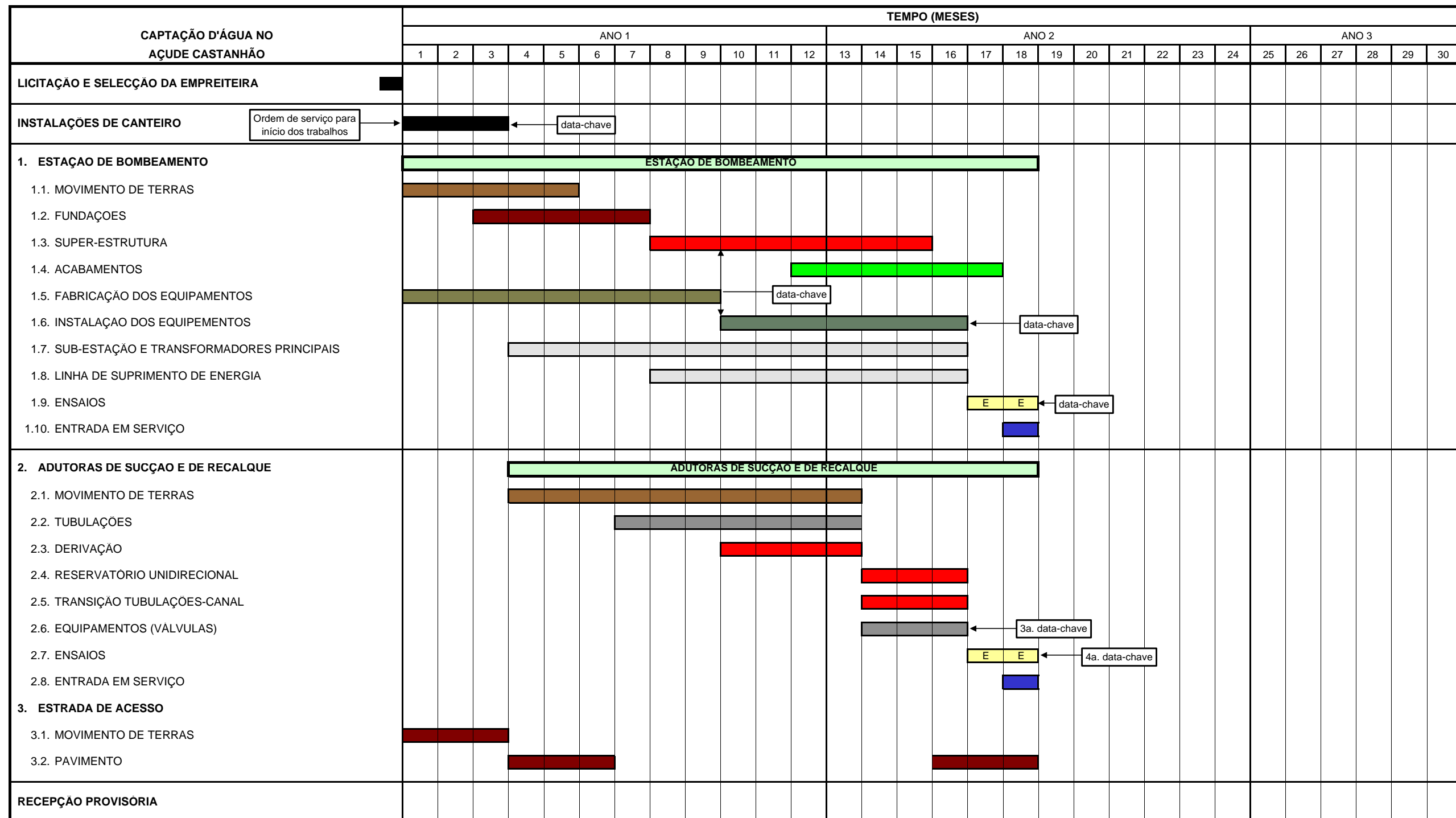
A entrada em funcionamento do Sistema Adutor dependerá sempre da garantia da operacionalidade da tomada de água do açude Castanhão, podendo não estar ainda concluídas todas as estruturas do açude.

Na Figura 8.1 apresenta-se o programa de trabalhos previsto para a execução da captação d'água no açude Castanhão.



LARZA - HIDROBRASILEIRA
ENGENHARIA E PROJETOS LTDA.

FIGURA 8.1
PROGRAMA DE TRABALHOS
TRECHO 1 - AÇUDE CASTANHAO - AÇUDE CURRAL VELHO
CAPTAÇÃO D'AGUA NO AÇUDE CASTANHAO



NOTAS: [Barra marrom] - Movimento de terras
[Barra vermelha] - Concreto em fundações

[Barra vermelha] - Concreto em estruturas
[Barra cinza] - Pose de tuyaux

[Barra verde] - [Barra verde]