



# **GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**

**SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS**

**PROURB/RH**

PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS

**PROGERIRH**

PROGRAMA DE GERENCIAMENTO E INTEGRAÇÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS

## **EIXO DE INTEGRAÇÃO JAGUARIBE - ICAPUÍ**

**PARTE IV - DETALHAMENTO DO PROJETO**

**TOMO 1 - ENGENHARIA**

**VOLUME 1 - MEMORIAL DESCRITIVO**

FORTALEZA

OUTUBRO / 1999

**JAAKKO PÖYRY**



**PARTE IV - DETALHAMENTO DO PROJETO**  
**Tomo 1 - ENGENHARIA**  
**Volume 1 – Memorial Descritivo**

## ÍNDICE

## ÍNDICE

<b>MAPA DE SITUAÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....</b>	<b>13</b>
<b>2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO .....</b>	<b>16</b>
<b>3 - CARTOGRAFIA E TOPOGRAFIA .....</b>	<b>18</b>
<b>4 - GEOLOGIA .....</b>	<b>20</b>
4.1 - GENERALIDADES .....	21
4.2 - INTRODUÇÃO .....	21
4.3 - DESCRIÇÃO DE UNIDADES E FORMAÇÕES GEOLÓGICAS.....	21
<b>4.3.1 - Pré-Cambriano Indiferenciado (PI(B)q).....</b>	<b>21</b>
<b>4.3.2 - Cretáceo – Grupo Apodí .....</b>	<b>22</b>
4.3.2.1 - Formação Açú – (Ksaa).....	22
4.3.2.2 - Formação Jandaíra (Ksaj) .....	22
<b>4.3.3 - Grupo Barreiras .....</b>	<b>23</b>
<b>4.3.4 - Aluviões.....</b>	<b>23</b>
<b>5 - DESCRIÇÃO DO PROJETO.....</b>	<b>25</b>
5.1 - INTRODUÇÃO .....	26
5.2 - CRITÉRIO DE NUMERAÇÃO DOS DESENHOS .....	26
5.3 - SOLEIRA DE CONTROLE .....	26
5.4 - ESTRUTURA DE CAPTAÇÃO .....	27
5.5 - DESARENADOR SECUNDÁRIO .....	28
5.6 - CANAL DE APROXIMAÇÃO .....	28
5.7 - ELEVATÓRIA.....	28
5.8 - ADUTORA .....	29
5.9 - CANAL DE ADUÇÃO .....	29
5.10 - COMPORTAS DE CONTROLE DE NÍVEIS.....	30
5.11 - EXTRAVASORES DE SEGURANÇA.....	31
<b>5.11.1 - Concepção .....</b>	<b>31</b>
<b>5.11.2 - Dimensionamento Hidráulico dos Extravasores .....</b>	<b>31</b>

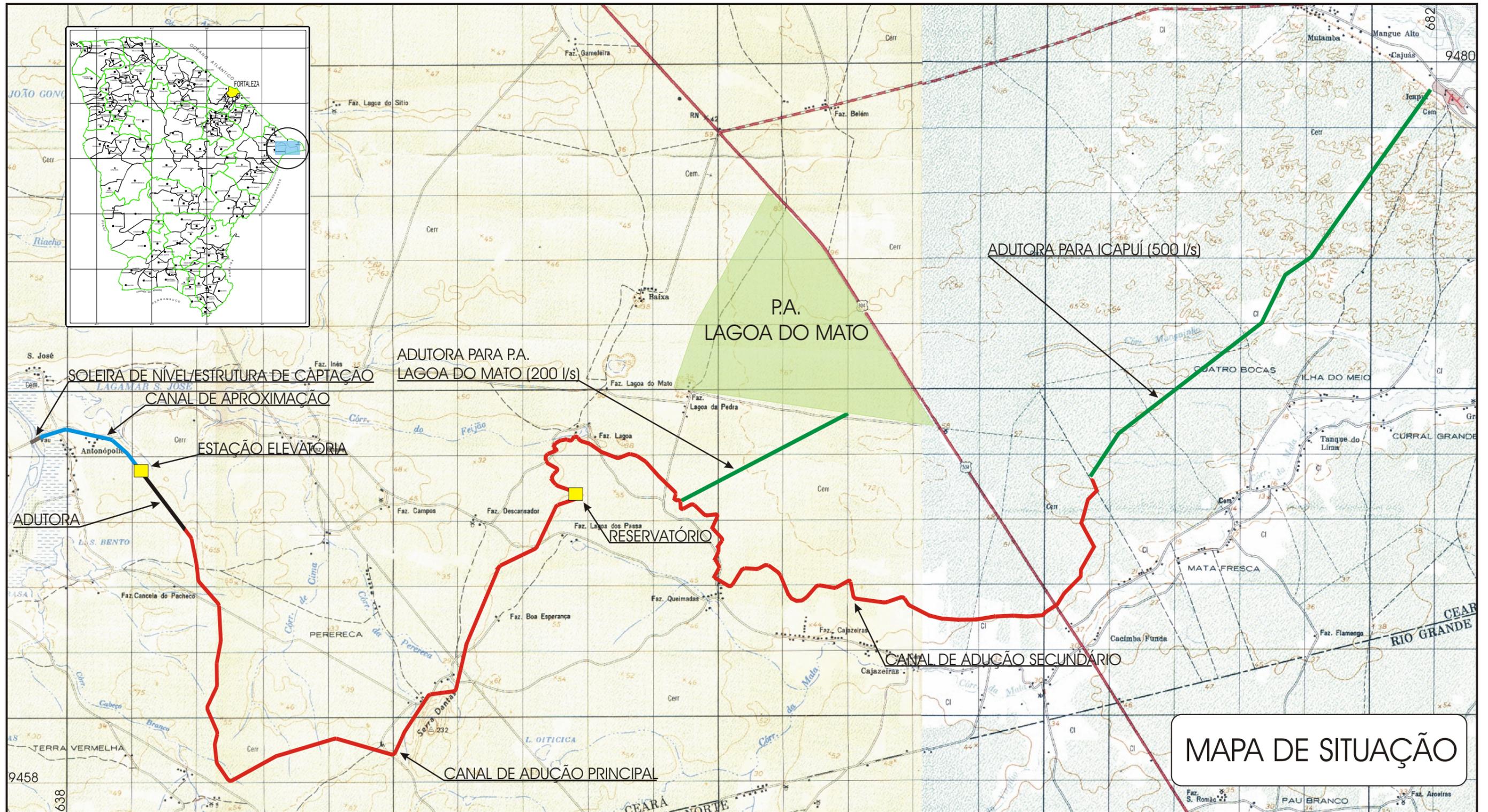
<b>5.11.3 - Distribuição da Vazão Vertida .....</b>	<b>32</b>
5.12 - TOMADAS D'ÁGUA SETORIAIS - TAS .....	32
<b>5.12.1 - Distribuição das "TAS" ao longo do canal de adução .....</b>	<b>33</b>
5.13 - GALERIAS DE PASSAGEM.....	33
5.14 - AQUEDUTO .....	34
5.15 - RESERVATÓRIO DE ACUMULAÇÃO.....	34
5.16 - CANAL DE DISTRIBUIÇÃO .....	34
<b>5.16.1 - Introdução .....</b>	<b>34</b>
<b>5.16.2 - Capacidade de escoamento do canal.....</b>	<b>35</b>
<b>5.16.3 - características do canal.....</b>	<b>35</b>
<b>5.16.4 - Aspectos geotécnicos.....</b>	<b>37</b>
<b>5.16.5 - Estrutura de saída do reservatório .....</b>	<b>39</b>
<b>5.16.6 - Comportas de controle de níveis .....</b>	<b>40</b>
<b>5.16.7 - Extravasores de Segurança.....</b>	<b>41</b>
5.16.7.1 - Dimensionamento Hidráulico dos Extravasores .....	42
<b>5.16.8 - Tomadas D'água Setoriais.....</b>	<b>42</b>
5.16.8.1 - Distribuição das "TAS" ao longo do canal de distribuição .....	43
<b>5.16.9 - Travessia do gasoduto da Petrobrás.....</b>	<b>43</b>
<b>5.16.10 - travessia da BR 304.....</b>	<b>43</b>
5.17 - SISTEMA DE DRENAGEM .....	44
<b>5.17.1 - Introdução .....</b>	<b>44</b>
<b>5.17.2 - Dimensionamento.....</b>	<b>44</b>
<b>5.17.3 - Obras .....</b>	<b>45</b>
<b>6 - DIMENSIONAMENTO GEOTÉCNICO DAS OBRAS.....</b>	<b>46</b>
6.1 - INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS .....	47
6.2 - RESULTADOS DAS INVESTIGAÇÕES.....	47
6.3 - ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	48
6.4 - SOLEIRA DE CONTROLE DE NÍVEIS .....	50
6.5 - ADUTORA .....	52
<b>6.5.1 - Em vala escavada no solo arenoso .....</b>	<b>52</b>
6.5.1.1 - Em vala escavada no maciço rochoso .....	53
6.6 - CANAIS .....	53
6.7 - ESTRUTURAS DE CONCRETO.....	54

<b>7 - ASPECTOS HIDRÁULICOS E CONSTRUTIVOS DAS OBRAS .....</b>	<b>55</b>
7.1 - INTRODUÇÃO .....	56
7.2 - SOLEIRA DE CONTROLE .....	56
7.2.1 - Finalidade.....	56
7.2.2 - Estrutura principal.....	57
7.2.3 - Condutos de Descarga.....	57
7.2.4 - Ombreiras da soleira de controle.....	58
7.2.5 - Aspectos Construtivos.....	59
7.2.6 - Desvio do rio durante a construção.....	59
7.2.6.1 - Introdução.....	59
7.2.6.2 - 1ª Etapa de desvio do rio.....	60
7.2.6.3 - 2ª Etapa de desvio .....	62
7.2.6.4 - 3ª Etapa de desvio .....	64
7.3 - ESTRUTURA DE CAPTAÇÃO .....	64
7.3.1 - Vertedor de Captação.....	64
7.3.2 - Vertedor de Alimentação .....	65
7.3.3 - Dimensões da Estrutura .....	65
7.3.4 - Limpeza .....	66
7.3.5 - Implantação.....	66
7.4 - DESARENADOR SECUNDÁRIO .....	67
7.4.1 - Dimensionamento.....	67
7.4.2 - Aspectos construtivos .....	67
7.4.3 - Limpeza .....	67
7.5 - CANAL DE APROXIMAÇÃO .....	68
7.6 - ELEVATÓRIA .....	68
7.6.1 - Níveis d'água .....	68
7.6.2 - Grades .....	69
7.6.3 - Câmara de Sucção .....	69
7.6.4 - Sala de Bombas.....	69
7.7 - ADUTORA .....	70
7.8 - CANAL DE ADUÇÃO .....	70
7.9 - RESERVATÓRIO DE ACUMULAÇÃO.....	71
<b>8 - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL.....</b>	<b>72</b>

8.1 - INTRODUÇÃO .....	73
8.2 - DESARENADOR PRIMÁRIO .....	73
8.3 - GALERIA E ESTRUTURA DE CONTROLE .....	73
8.4 - TRAVESSIA .....	74
8.5 - AQUEDUTO .....	74
8.6 - ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO .....	74
8.7 - LINHA DE RECALQUE E CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO .....	75
<b>9 - DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS MECÂNICOS.....</b>	<b>76</b>
9.1 - OBJETIVO .....	77
9.2 - CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS .....	77
<b>9.2.1 - Estrutura de Captação com Desarenador Primário.....</b>	<b>77</b>
<b>9.2.2 - Estrutura de Controle.....</b>	<b>77</b>
<b>9.2.3 - Grades da Estação Elevatória .....</b>	<b>78</b>
<b>9.2.4 - Estação Elevatória.....</b>	<b>78</b>
9.2.4.1 - Comporta Ensecadeira .....	78
9.2.4.2 - Viga pescadora.....	79
9.2.4.3 - Ponte rolante .....	79
9.2.4.4 - Conjunto moto-bomba .....	80
9.2.4.5 - Válvulas, juntas e suportes.....	81
<b>9.2.5 - Tubulação de recalque, Adutora e chaminé de equilíbrio .....</b>	<b>82</b>
9.2.5.1 - Drenagem e Ventosa para adutora .....	83
<b>10 - PROJETO ELÉTRICO .....</b>	<b>84</b>
10.1 - DESCRITIVO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS .....	85
<b>10.1.1 - Diagramas e Equipamentos.....</b>	<b>85</b>
<b>10.1.2 - Físico .....</b>	<b>86</b>
<b>10.1.3 - Proteção e Sinalização.....</b>	<b>88</b>
<b>11 - SISTEMA DE CONTROLE OPERACIONAL.....</b>	<b>90</b>
11.1 - OBJETIVO.....	91
11.2 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA .....	91
11.3 - PARTES INTEGRANTES DO SISTEMA.....	94
<b>11.3.1 - CCOS – Centro de Controle e Operação do Sistema .....</b>	<b>94</b>
<b>11.3.2 - Sensores Remotos .....</b>	<b>95</b>
<b>11.3.3 - Modo de Comunicação de Dados .....</b>	<b>95</b>

<b>11.3.4 - Quadros Elétricos.....</b>	<b>96</b>
<b>11.3.5 - Alimentação reserva de energia elétrica .....</b>	<b>96</b>
<b>11.4 - VARIÁVEIS TÉCNICAS OPERACIONAIS CONSIDERADAS.....</b>	<b>96</b>
<b>11.4.1 - Vazão .....</b>	<b>96</b>
<b>11.4.2 - Nível .....</b>	<b>97</b>
<b>11.4.3 - Pressão.....</b>	<b>97</b>
<b>11.4.4 - Vibração, tensão elétrica, corrente elétrica, temperatura.....</b>	<b>97</b>
<b>12 - ESTIMATIVA DE CUSTOS .....</b>	<b>100</b>

## MAPA DE SITUAÇÃO



MAPA DE SITUAÇÃO

## APRESENTAÇÃO

Os serviços executados pelo Consórcio JPE - AGUASOLOS, no âmbito do contrato Nº 05/PROURB-RH/SRH/CE/98, assinado em 29/1/1998 com a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH-CE), têm como objeto a Elaboração dos Estudos de Economia, Meio Ambiente e Sócio-Economia e dos Projetos de Engenharia das Obras de Integração do Eixo Jaguaribe - Icapuí.

Os estudos desenvolvidos, em atendimento aos Termos de Referência, são constituídos por atividades multidisciplinares que permitem a elaboração de relatórios específicos organizados em Partes, Tomos e Volumes. As partes e tomos que compõem o acervo do Projeto são os apresentados na sequência:

## **RELATÓRIO SÍNTESE**

### **PARTE I - RELATÓRIO GERAL**

### **PARTE II - ESTUDOS BÁSICOS**

**Tomo 1 - Avaliação Global dos Potenciais e Perspectivas;**

**Tomo 2 - Diagnóstico Ambiental;**

**Tomo 3 - Estudos Sócio-Econômicos;**

**Tomo 4 - Estudos Climatológicos;**

**Tomo 5 - Estudos Hidrológicos;**

**Tomo 6 - Estudos Pedológicos.**

### **PARTE III - ESTUDOS DE ALTERNATIVAS**

**Tomo 1 - Alternativas para o Eixo de Integração;**

**Tomo 2 - Estudos de Impactos.**

## **PARTE IV - DETALHAMENTO DO PROJETO**

**Tomo 1 - Engenharia;**

**Tomo 2 - Meio Ambiente e Sócio-Economia.**

## **PARTE V - OPERAÇÃO DO PROJETO**

**Tomo 1 - Sustentabilidade Técnica;**

**Tomo 2 - Sustentabilidade Financeira;**

**Tomo 3 - Sustentabilidade Administrativa;**

**Tomo 4 - Sustentabilidade Ambiental;**

**Tomo 5 - Sustentabilidade Social.**

O presente relatório é parte integrante do Tomo 1 - Engenharia, da Parte IV - Detalhamento do Projeto.

## 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este relatório tem como finalidade apresentar os estudos de engenharia desenvolvidos para o projeto do sistema de adução de água às áreas de influência do projeto do Eixo de Integração Jaguaribe-Icapuí.

Nas etapas anteriores do projeto foram desenvolvidos os estudos de alternativas do sistema de adução, tendo sido analisadas cinco alternativas, denominadas A1, C1, D1, D2 e D2', para capacidade do sistema de 9,00 m<sup>3</sup>/s. Os estudos concluíram que a alternativa denominada D2 era a mais vantajosa, tanto do ponto de vista técnico-econômico como ambiental, sendo portanto, aquela que foi objeto de detalhamento no projeto executivo. Objetivando verificar a variação dos custos em função da variação de vazão, foram desenvolvidos também, para a alternativa D2, estudos comparativos para capacidades de 5,8 m<sup>3</sup>/s e 3,6 m<sup>3</sup>/s.

Após a conclusão do estudo de alternativas ficou decidido que a vazão de dimensionamento do sistema de adução seria de 5,00 m<sup>3</sup>/s o que permitiria a irrigação de cerca de 7.000 ha de terras irrigáveis ao longo do sistema adutor.

O sistema de adução é composto, basicamente, pelas obras de captação de água no rio Jaguaribe (soleira de nível no rio Jaguaribe, estrutura de captação de água e desarenadores), pelo canal de aproximação, pela estação de bombeamento, pela adutora de recalque, pelo canal de adução e obras acessórias e pelo reservatório de acumulação/compensação no final. Do reservatório de acumulação deriva um canal de distribuição, com cerca de 25 km de extensão, projetado para distribuir água para os usuários do córrego da Mata Fresca.

Cabe salientar que no início dos estudos, o sistema de distribuição previsto para o vale da Mata Fresca era através da construção de algumas soleiras de nível ao longo do córrego da Mata Fresca, para perenização do mesmo. Entretanto, no decorrer do desenvolvimento dos estudos concluiu-se que a sua perenização traria inconvenientes, tais como:

- elevação do lençol freático, dificultando a drenagem e conseqüentemente, provocando a salinização das terras;
- dificuldades no controle da distribuição de água e conseqüentemente na cobrança de tarifa d'água, uma vez que ainda não existem instrumentos legais para proibir a utilização de água.

Outro ponto a ser destacado é que pelo fato de não haver ainda uma definição clara dos reais beneficiários do projeto, e visando permitir flexibilidades futuras para locação das tomadas d'água, os canais de adução e distribuição foram subdivididos em apenas dois trechos ao longo dos seus traçados, ou seja, o canal de adução foi projetado no primeiro trecho com capacidade de 5,00, m<sup>3</sup>/s e o segundo com 4 m<sup>3</sup>/s. Já no canal de distribuição as capacidades foram de 3 e 2 m<sup>3</sup>/s. Também pelo mesmo motivo foram projetadas tomadas d'água típicas, as quais deverão ser objeto de adaptação por ocasião da implantação das obras.

Considerando o porte das obras foi previsto um prazo de 2 anos para a implantação completa das obras civis e das montagens dos equipamentos eletromecânicos.

## 2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área de influência do projeto, insere-se nos municípios de Aracati, Jaguaruana e Icapuí, totalizando uma área física e territorial de 2.452 km<sup>2</sup>, correspondente a 1,67% do território estadual.

O acesso à área do projeto se dá desde Fortaleza, através da rodovia BR-116 ou da CE-004, até a rodovia BR-304, de onde se atinge a cidade de Aracati, num percurso de 134 km, e logo depois na mesma rodovia atinge-se o córrego da Mata Fresca, onde acessos para norte ou sul podem ser realizados através de estradas vicinais. A área do projeto, também pode ser acessada através da cidade de Jaguaruana, distante cerca de 170 km, da cidade de Fortaleza, através das rodovias BR-116 e CE-263, ou pelas rodovias CE-004, BR-304 e CE-123. De lá atinge-se as áreas do empreendimento através de estradas vicinais no rumo leste, atravessando-se o rio Jaguaribe através de passagens a vau.

### **3 - CARTOGRAFIA E TOPOGRAFIA**

A cartografia utilizada para o desenvolvimento dos estudos foi a restituição aerofogramétrica elaborada pelo antigo DNOS, na escala 1/25.000, com curvas de nível a cada 5 m; as folhas de interesse ao projeto foram vetorizadas pelo Consórcio, constituindo um arquivo eletrônico em Autocad; o Consórcio elaborou também, a restituição aerofogramétrica da área complementar do projeto, não disponível, também na escala 1:25.000, em meio magnético.

Para possibilitar o projeto de implantação das obras foi executado o levantamento topográfico cadastral de uma faixa de 100 m de largura ao longo do eixo Jaguaribe-Icapuí, com curvas de nível a cada metro; este trabalho foi apresentado no Volume 7 - Parte A - Levantamentos topográficos - do Tomo 1 - Engenharia, da Parte IV- Detalhamento do projeto.

## 4 - GEOLOGIA

## 4.1 - GENERALIDADES

Os estudos geológicos de superfície envolveram o mapeamento geológico detalhado do Trecho I, assim como o reconhecimento e locação das jazidas de materiais para a construção.

## 4.2 - INTRODUÇÃO

A geologia superficial do Eixo de Integração Jaguaribe-Icapuí, de acordo com as observações de campo e pesquisa bibliográfica, compreende um conjunto de unidades de idade pré-cambriana, Cretácea, Tercio-Quaternária e Quaternária; onde o pré-cambriano é representado por rocha do pré-cambriano indiferenciado (PI(B)q); o Cretáceo refere-se ao Grupo Apodí (Formação Açu (Ksaa) e Formação Jandaíra (Ksaj)), representadas, respectivamente, por sedimentos clásticos basais e pela sequência carbonática superior. A unidade Tercio-Quaternária refere-se ao Grupo Barreiras, o qual compreende toda a sequência variegada de clásticos finos a grosseiros; e o Quaternário é representado pelos aluviões.

## 4.3 - DESCRIÇÃO DE UNIDADES E FORMAÇÕES GEOLÓGICAS

### 4.3.1 - Pré-Cambriano Indiferenciado (PI(B)q)

Esta unidade ocorre na parte central do projeto, no município de Jaguaruana (Serra Danta e Serrote Perereca).

Trata-se de um quartzito, formando médios e grandes corpos alongados e descontínuos orientados segundo o “Trend” regional (NE/SW). São rochas de pouca espessura, as vezes dobradas, bastante recristalizadas, laminadas, fraturadas, de granulação fina, textura maciça e coloração variando de creme-avermelhado a cinza-esbranquiçado. Quando próximo dos gnaisses, apresenta aspecto muscovítico.

### 4.3.2 - Cretáceo – Grupo Apodí

O Grupo Apodí é representado por 3 formações. Na área do projeto foram mapeadas somente 2 (duas), que serão comentadas a seguir.

#### 4.3.2.1 - Formação Açú – (Ksaa)

Ocorre na área do projeto, margeando o lado direito do rio Jaguaribe (Russas), até a localidade de São José (Jaguaruana) e, tendo como extremidade, a borda da chapada do Apodí.

Litologicamente é composto por uma sequência sedimentar predominantemente clástica e representada na área por arenitos de coloração cinza-claro a branco ou creme-amarelado, de textura fina a média, com intercalações de siltitos, folhelhos e argilitos e, calcoarenitos no topo. Esta formação ocorre sob a formação Jandaíra. Contudo, os contatos entre estas se fazem por uma passagem vertical e gradativa, observando-se, sempre da base para o topo, um enriquecimento progressivo do componente carbonático, evoluindo desde arenito calcífero, calcoarenito e, finalmente, calcário puro da própria formação Jandaíra.

#### 4.3.2.2 - Formação Jandaíra (Ksaj)

Ocupa uma vasta superfície, compreendendo a extensa chapada do Apodí. É definida como a sequência carbonática que repousa sobre os clásticos da formação Açú.

Ocorre ainda nas imediações da Serra Danta, nas proximidades do litoral, capeada pelos sedimentos do Grupo Barreiras; mantendo um mergulho suave, geralmente para o norte.

Compõe-se litologicamente de calcários puros e margoso, fossilíferos e de coloração creme-clara a esbranquiçada.

Esta unidade tem uma espessura média da ordem de 250 a 300 m (Projeto Fortaleza).

#### **4.3.3 - Grupo Barreiras**

Compreende toda a sequência constituída de clásticos finos a grosseiros que ocorrem na crosta, infrajacentes às dunas. Estes depósitos ocorrem por toda a faixa costeira, margeando o Rio Jaguaribe, até a localidade de São José (Lagamar S. José), capeando parte da formação Açú e Jandaíra, ao sul.

A área individualiza-se como uma região de tabuleiros planos, localizadamente ondulados, com depressões suaves e truncada pelos vales dos rios. Todo este complexo sedimentar repousa discordantemente sobre o embasamento cristalino. Sua espessura é bastante variável, fato decorrente do seu relacionamento com a superfície irregular do embasamento cristalino, aumentando em direção a costa. Na região do Aracati, possui uma espessura da ordem de 30 metros (Projeto Fortaleza).

A sequência é representada por arenitos argilosos, de coloração variegada, com tons avermelhados (com grande diversidade) e de amarelados até esverdeados. Sua matriz é argilosa caulínica, com cimento argilo-ferruginoso e, algumas vezes, silicoso. A granulação varia de fina a média, com horizontes conglomeráticos e incrustações lateríticas na base.

#### **4.3.4 - Aluviões**

Os aluviões são todos os depósitos fluviais ou lagunares, recentes.

Litologicamente são representados pelas argilas, areias argilosas, areias puras e cascalhos. Nos médios cursos os aluviões são constituídos, principalmente, de areias grossas mal selecionadas, puras, com seixos e calhaus de quartzo e rochas adjacentes.

A espessura dos aluviões, de um modo geral, está sempre condicionada às partes mais baixas dos vales. Via de regra, oscila entre 1 e 5 metros.

Estes sedimentos se distribuem ao longo do Riacho Mata Fresca e às margens e leito do Rio Jaguaribe.

## 5 - DESCRIÇÃO DO PROJETO

## 5.1 - INTRODUÇÃO

O eixo de Integração Jaguaribe-Icapuí é constituído basicamente pelas seguintes estruturas: soleira de controle de nível no rio Jaguaribe, captação de água (com estruturas de desarenação), canal de aproximação, estação de bombeamento e respectiva linha de recalque, canal principal de adução, reservatório (R-1) e, finalmente, outro canal de adução/distribuição.

O desenho 3000-Z05-R1-001 , mostra o traçado do sistema de adução completo, desde a captação de água no rio Jaguaribe até o reservatório de compensação, com indicação das principais características das obras.

## 5.2 - CRITÉRIO DE NUMERAÇÃO DOS DESENHOS

Os desenhos elaborados para o projeto estão apresentados no ....., e os mesmos estão subdivididos por área/obra e por especialidade, refletidos no critério de numeração dos mesmos. Assim, sua numeração genérica é do tipo: XXXX-YYY-F-NNN, onde XXXX é a área/obra do projeto; YYY a especialidade, F o formato e NNN a número de ordem sequencial.

Por exemplo o desenho 3100-Z04-1-001, é referente à soleira de nível no rio Jaguaribe, área/obra 3100; especialidade terraplenagem (Z04), elaborada em formato A1 e possui número de ordem 001.

## 5.3 - SOLEIRA DE CONTROLE

A soleira de controle de nível é constituída por um barramento de pequena altura em concreto, com aproximadamente 280,00m de comprimento. A cota de coroamento deste barramento foi posicionada na elevação 6,00m, 0,50m acima do nível da passagem molhada existente hoje no local.

O corpo principal da soleira de controle foi projetado em concreto compactado a rolo (CCR) tendo uma altura média de 7,00m, desde a sua fundação, na cota -1,00 m, até o seu coroamento na cota 6,00m. A sua largura foi projetada com 10,00 m na cota de fundação e 8,50m no nível superior.

Do lado de montante da soleira de nível foi projetado um muro, em concreto armado, cujo coroamento foi posicionado na elevação 7,50 m para garantir o controle dos níveis d'água.

Em correspondência com o leito principal do rio, este muro de concreto armado foi deixado na cota 7,20 m para permitir a passagem de vazões mínimas exigidas a jusante.

Esta concepção permite manter o nível d'água de montante na cota necessária para a operação adequada da estrutura de captação de água, ou seja, NA mínimo de 7,35 m.

#### 5.4 - ESTRUTURA DE CAPTAÇÃO

A captação d'água do rio Jaguaribe para o interior da estrutura é feita através de um vertedor, denominado vertedor de captação, e a alimentação do canal de aproximação é feita através do vertedor de alimentação. Esta estrutura, em forma de caixas, deverá permitir a decantação e separação das partículas de areia grossa.

A passagem d'água da estrutura de captação para o canal de aproximação será também por um vertedor, visando aproveitar a água que está na superfície do escoamento e que já se encontra livre de partículas de areia grossa.

Nesta estrutura haverá três comportas, operadas manualmente, que, uma vez abertas, gerarão a turbulência necessária para obter a correta eliminação da areia depositada no fundo da estrutura.

## 5.5 - DESARENADOR SECUNDÁRIO

Tem a finalidade de promover a limpeza do canal de aproximação por meios hidráulicos pois, partículas de areia fina ( $\varnothing \leq 0,2\text{mm}$ ) decantam-se no mesmo.

Os materiais decantados no fundo do canal serão eliminados hidráulicamente por uma galeria, de pequenas dimensões, que os conduzirá até o canal de descarga para o rio Jaguaribe.

## 5.6 - CANAL DE APROXIMAÇÃO

O canal de aproximação conduzirá a água captada no rio Jaguaribe, desde a estrutura de captação até a câmara de sucção da estação elevatória. Sua seção é trapezoidal, com largura da base de 2,00 m, inclinação dos taludes de 1V:2H, declividade de 0,00013 m/m e comprimento de 3.516,00m. Será revestido com bica corrida.

No seu início, o fundo do canal está posicionado na cota 4,95 m e no seu final, no poço de sucção da elevatória, atinge a cota 4,50 m.

Em suas margens, serão construídos diques de proteção com coroamento na cota mínima de 10,00m e, à sua direita, na cota 8,00m, haverá uma estrada de serviço que permitirá a circulação de veículos para fazer a manutenção do canal.

Está previsto que o canal deverá ter duas galerias na parte inicial do seu percurso para facilitar a passagem de veículos, principalmente nos cruzamentos com estradas secundárias. Estas galerias terão seção transversal de 3,00m de largura por 2,40m de altura.

## 5.7 - ELEVATÓRIA

A estação elevatória foi projetada para instalar 5 conjuntos moto-bombas com capacidade de  $1,00\text{m}^3/\text{s}$  cada, perfazendo um total de  $5,00\text{m}^3/\text{s}$ .

As grades serão compostas de três painéis com dimensões de 2,5m de largura e 3,0m de altura útil cada uma.

A câmara de sucção terá largura de 14,00m e o seu fundo estará na cota 2,00m.

A sala de bombas terá um comprimento equivalente à largura da câmara de sucção enquanto que a sua largura será de 5,50m. Em sua parte superior será instalada uma ponte rolante com capacidade para 10,00t.

## 5.8 - ADUTORA

A partir da estação elevatória a água será transportada até as cabeceiras do canal de adução por meio de uma adutora retilínea, composta de uma única tubulação de 1,80m de diâmetro, 2.195,00m de comprimento e desnível geométrico entre cotas 6,50m e 37,50m.

Na progressiva 550,00m da linha de recalque foi projetada uma chaminé de equilíbrio, em concreto armado, a qual terá aproximadamente 20,00m de altura e diâmetro hidráulico de 4,50m. Será ligada à adutora por meio de uma tubulação metálica vertical.

## 5.9 - CANAL DE ADUÇÃO

O canal de adução terá um desenvolvimento total de 23.611,00m entre o final da adutora e o reservatório (R-1), localizado no local denominado “Lagoa dos Passa”. Sua seção típica será trapezoidal, com 2,00m de largura na base, taludes com inclinação de 1:1,5 (V/H) e declividade do fundo de 0,0001 m/m.

Todo o canal será revestido com manta de P.E.A.D., protegida mecanicamente por uma camada de 5cm de concreto.

Em seu início será construída uma câmara de tranquilização e ao longo de sua extensão serão construídas obras singulares para passagem de estradas, controle de níveis, tomadas d'água laterais, bueiros etc.; e, no extremo final, um reservatório de acumulação para alimentar o canal secundário que deverá abastecer o vale do córrego da Mata Fresca.

O desenho 3340-Z05-1-002, indica todas as estruturas localizadas no canal de adução.

#### 5.10 - COMPORTAS DE CONTROLE DE NÍVEIS

A jusante de cada tomada d'água setorial, ou então em cada trecho de canal que ultrapassa o comprimento médio de 5.000m, está prevista a instalação de uma comporta tipo segmento para controle de níveis (vazões).

Além de controlar os níveis para permitir a adequada operação do sistema, estas comportas tem a função de evitar o esvaziamento do canal quando é interrompido o bombeamento.

Procurando padronizar estes equipamentos foram adotadas comportas de 2 m de largura e apenas duas alturas diferentes para todo o trecho do canal de adução.

A localização das comportas é a seguinte:

- Comporta de nível CN1      progressiva 4520
- Comporta de nível CN2      progressiva 8440
- Comporta de nível CN3      progressiva 12400
- Comporta de nível CN4      progressiva 15690
- Comporta de nível CN5      progressiva 20280

As comportas serão instaladas junto dos extravasores de segurança evitando-se, assim, a necessidade de fazer mais transições entre a seção trapezoidal do canal e a seção retangular exigida para instalar as comportas.

As comportas serão acionadas eletricamente por guincho instalado no muro de contenção lateral, podendo ser operadas a distância ou localmente.

## 5.11 - EXTRAVASORES DE SEGURANÇA

### 5.11.1 - Concepção

Os extravasores de segurança são dispositivos hidráulicos instalados ao longo do canal de adução com a finalidade de evitar sobre elevações do nível d'água acima dos limites previstos no projeto. Estas sobre elevações poderiam ser provocadas por operações indevidas ou por obstruções acidentais em algum ponto do canal.

Uma sobrelevação do nível d'água acima da borda livre do canal provocaria fugas e erosões que poderiam deixar fora de operação todo o sistema, além de requerer reparos de grande vulto.

Como norma geral os extravasores de segurança sempre foram posicionados a montante, e junto, das comportas de controle de nível.

Os extravasores foram localizados nos seguintes pontos do canal.

- Extravasor de segurança ES1      progressiva 4520
- Extravasor de segurança ES2      progressiva 8440
- Extravasor de segurança ES3      progressiva 12400
- Extravasor de segurança ES4      progressiva 15690
- Extravasor de segurança ES5      progressiva 20280
- Extravasor de segurança ES6      progressiva 23331

### 5.11.2 - Dimensionamento Hidráulico dos Extravasores

Os extravasores foram concebidos como vertedouros de soleira espessa com suas cristas posicionadas ligeiramente acima dos níveis máximos normais previstos ao longo do sistema.

Para o desnível entre a superfície livre do escoamento normal e a crista dos vertedouros foi adotada uma margem de segurança de 10m.

Quando a sobrelevação do nível d'água ultrapassa o valor indicado acima começa o vertimento que aumentará na medida em que aumenta o nível d'água no canal até que a vazão vertida seja igual àquela que está chegando pelo canal.

Para determinar o comprimento das cristas vertentes foi admitido que toda a vazão chegando pelo canal de montante deve verter para o exterior do canal com uma sobre elevação máxima de 0,25 m.

### **5.11.3 - Distribuição da Vazão Vertida**

Foram projetados dois tipos de extravasores, sendo o primeiro para ser implantado a montante das comportas que não estão precedidas de tomadas de água setoriais o segundo para os casos em que existe tomada de água setorial.

No primeiro tipo de extravasor a água vertida por cima da crista é devolvida ao canal, a jusante da comporta, já que o trecho de canal imediatamente a jusante tem a mesma capacidade do trecho de montante.

No segundo tipo de extravasor o canal de jusante tem menor capacidade que o canal de montante, para este caso está prevista uma saída lateral que conduz o excedente para o sistema de drenagem.

## **5.12 - TOMADAS D'ÁGUA SETORIAIS - TAS**

Ao longo do canal foram implantadas tomadas d'água setoriais com a finalidade de alimentar as diversas áreas a serem irrigadas; as mesmas foram implantadas em recessos laterais do canal de adução e são munidas de tubulações de aço para passar sob o aterro lateral do canal.

As tubulações foram dimensionadas para uma velocidade de escoamento de 1 m/s fazendo com que a sua cota de implantação ficasse abaixo do nível d'água no canal o suficiente para garantir essa velocidade e evitar os efeitos de vorticidade no emboque.

A vazão que a ser captada pela tomada d'água será controlada por uma comporta localizada no emboque da mesma, do tipo plana circular, que será operada a partir da plataforma superior, por meio de haste, pedestal e volante. Terá ainda um motor elétrico para operar através do sistema de controle operacional.

#### **5.12.1 - Distribuição das "TAS" ao longo do canal de adução**

As posições escolhidas para implantar as "TAS" - tomadas de água setoriais - encontram - se na relação abaixo

- TAS 1      Progressiva 12400
- TAS 2      Progressiva 15690

#### **5.13 - GALERIAS DE PASSAGEM**

No percurso dos 23,6 km de extensão do canal de adução foram previstas 6 galerias para passagem de carros, equipamentos e pedestres. As posições destas galerias encontram-se relacionadas no quadro abaixo

- GALERIA 1      progressiva 570
- GALERIA 2      progressiva 3555
- GALERIA 3      progressiva 5530
- GALERIA 4      progressiva 9625
- GALERIA 5      progressiva 12980
- GALERIA 6      progressiva 16358

Considerando que as estradas, e o sistema viário como um todo, podem mudar, como consequência da implantação do sistema de irrigação, será necessário confirmar a posição destas galerias na época da sua construção.

#### 5.14 - AQUEDUTO

No trecho de canal que corre paralelo à Serra de Dantas foi necessário projetar uma parte do canal em aqueduto em vista das grandes depressões existentes ao longo do traçado. Esse aqueduto tem 285,00m de comprimento e seção transversal de 3,50m de base por 2,80m de altura. O seu início é na progressiva 14.298,14.

O aqueduto ficará apoiado sobre colunas de concreto fundadas sobre o terreno natural por meio de sapatas; sua altura é suficiente para permitir a passagem de veículos, pessoas e equipamentos sob o mesmo, permitindo assim, prescindir da construção de galerias neste trecho do canal.

#### 5.15 - RESERVATÓRIO DE ACUMULAÇÃO

Será uma barragem, de maciço homogêneo, com altura de 5,50m entre a sua fundação (cota 30,00m) e o seu coroamento (cota 35,50m), comprimento de aproximadamente 300,00m e capacidade da ordem de 50.000m<sup>3</sup>.

#### 5.16 - CANAL DE DISTRIBUIÇÃO

##### 5.16.1 - Introdução

Conforme mencionado anteriormente, no início dos estudos o sistema de distribuição previsto para o vale da Mata Fresca era mediante a construção de algumas soleiras de nível ao longo do córrego da Mata Fresca, que possibilitariam perenizar o córrego bem como garantir os níveis d'água das captações. Entretanto, no decorrer do desenvolvimento dos estudos, concluiu-se que a adoção dessa solução faria com que o lençol freático se elevasse, dificultando a drenagem e conseqüentemente, provocando a salinização das terras; além de dificultar o controle

da distribuição de água e conseqüentemente a cobrança de tarifa d'água, uma vez que ainda não existem instrumentos legais para proibir a utilização de água.

A solução encontrada para superar essas dificuldades foi projetar um canal , paralelo ao córrego da Mata Fresca pela margem esquerda, dotado de tomadas d'água que permitissem controlar a distribuição de água, e conseqüentemente a sua cobrança.

Esse canal de distribuição tem um comprimento de 25.156,87m, iniciando-se no reservatório de acumulação, cuja progressiva 0,00, foi fixada na interseção do eixo do canal com o eixo da barragem, e terminando na progressiva 25.156,87m, cerca de 3.900m após o cruzamento do mesmo com a BR-304.

No seu início, para contornar uma elevação existente, o seu traçado se afasta do vale; se aproximando gradativamente da posição adequada, até atingir o seu traçado definitivo, tanto em termos de cota como de posição.

### **5.16.2 - Capacidade de escoamento do canal**

Do ponto de vista da capacidade de escoamento o canal foi dividido em dois trechos a saber:

Trecho de montante, entre a estrutura de saída do reservatório e a progressiva 20.600,00m, imediatamente a montante do extravasor de segurança ES-10. Neste trecho a capacidade do canal é de 3m<sup>3</sup>/s.

Trecho de jusante, compreendido entre a progressiva 20.600,00m e o ponto final do canal na progressiva 25.156,87m Neste trecho a capacidade do canal é de 2m<sup>3</sup>/s.

### **5.16.3 - características do canal**

O canal será revestido com geomembrana P.E.A.D. e concreto em toda a sua extensão.

A declividade do fundo será a mesma do canal de adução ou seja 0,0001 m/m, a seção transversal será trapezoidal tendo taludes laterais com inclinação de 1/1,5 (V/H).

Para estas condições e, admitindo que a rugosidade hidráulica (Manning) do concreto será de  $n=0,015$  obtém-se as seguintes características de escoamento:

Para  $Q = 3\text{m}^3/\text{s}$ :

Seção transversal ..... trapezoidal  
 Largura da base inferior do canal ..... 2,00m  
 Inclinação dos taludes laterais ..... 1/1,5(V/H)  
 Altura normal de escoamento ..... 1,33m  
 Velocidade média do escoamento ..... 0,56m/s  
 Borda livre antes do vertimento pelos extravosores de segurança ..... 0,25m  
 Altura disponível para vertimento ..... 0,18m  
 Borda livre superior ..... 0,10m  
 Altura total do revestimento concreto ..... 1,86m  
 Largura da base superior ..... 7,58m

A borda-livre do canal é de 0,25m (constante) nos primeiros 2.500m de cada trecho; nos 2.500m finais varia de 0,25m a 0,50m, previsto para o armazenamento de água nas paradas do sistema e possibilitar a continuidade da operação após a retomada, sem prejuízo dos trechos de jusante.

Os desenhos 3330-Z05-1-003 de seções típicas do canal indicam quais são os pontos onde é alterada a borda livre.

Para  $Q = 2\text{m}^3/\text{s}$ :

Seção transversal ..... trapezoidal  
 Largura da base inferior do canal ..... 2,00m

Inclinação dos taludes laterais .....	1/1,5(V/H)
Altura normal do escoamento .....	1,10m
Velocidade média do escoamento .....	0,5m/s
Borda livre antes do vertimento pelos extravasores de segurança.....	0,25m
Altura disponível para vertimento.....	0,18m
Borda livre superior .....	0,10m
Altura total do revestimento de concreto.....	1,60m
Largura da base superior .....	6,80m

O canal terá bermas ou diques laterais sendo que uma delas será utilizada como estrada de manutenção.

Assim, na margem direita do canal, a berma (dique) deverá ficar com uma largura de 4m para permitir o trânsito de veículos leves. A cota da pista acompanhará a declividade do canal ficando 7,5cm abaixo da parte superior do revestimento.

Na margem esquerda a berma (dique) terá apenas 2m de largura acompanhando também a declividade do canal.

#### **5.16.4 - Aspectos geotécnicos**

Ao longo do traçado foram coletadas 25 amostras representativas de solo, em furos de pequena profundidade, visando a identificação de suas propriedades geotécnicas.

Sobre estas amostras foram executados ensaios de limites de liquidez e de plasticidade, granulometria por peneiramento e compactação normal.

Os ensaios de limites de liquidez e de plasticidade mostram que, das 25 amostras ensaiadas, somente 10 eram plásticas. O maior valor do limite de liquidez foi igual a 32, com média de 26 e o maior valor do índice de plasticidade calculado foi igual a 9 e a média de 5.

Estes valores, juntamente com as 15 amostras que se revelaram ser não plásticas, indicam que, ao longo do traçado do canal, os solos devem apresentar comportamento arenoso.

Nos ensaios de granulometria, a porcentagem em peso, da fração passando na peneira 200 variou de 4 a 48, com média igual a 21. Em 18 amostras (de um total de 25), a fração passando na peneira 4 foi igual a 100% e nas outras amostras, o menor valor foi de 43%, sendo a média igual a 79%.

Esta distribuição granulométrica permite afirmar que o material é adequado para a construção de aterros que deverão apresentar baixa permeabilidade e elevada resistência ao cisalhamento.

Entretanto, pela baixa plasticidade e elevada porcentagem da fração areia, a resistência aos esforços erosivos poderá ser baixa, o que recomenda a construção de uma camada de proteção (concreto ou pedra com transição) sobre as superfícies expostas.

Em condições naturais (taludes de escavação), a resistência a erosão poderá ser ainda mais baixa, principalmente quando se apresenta com elevada porosidade e baixo nível de cimentação.

Os materiais terrosos que foram submetidos aos ensaios de compactação mostram valores elevados de massa específica aparente máxima (média de 1,875 t/m<sup>3</sup>, máximo de 2,040 e mínimo de 1,665) e baixos valores de umidade ótima (médio de 10,4%, máximo de 13,3 e mínimo de 7,0).

Estes valores recomendam um controle rigoroso do grau de compactação e do desvio de umidade, por ocasião da construção do aterro compactado, para que o maciço venha a desenvolver, adequadamente, as propriedades de resistência e de impermeabilidade.

O controle rigoroso deve também ser estendido no sentido de se obter um material de construção homogêneo para o aterro, promovendo-se a mistura por ocasião da sua exploração.

Em geral a umidade natural do solo é muito baixa e isto torna imperativa a realização de tratamentos de umidade nas jazidas, seguindo-se com tratamentos complementares na praça de lançamento.

É possível que nas depressões topográficas e leitos de córregos (intermitentes) estejam presentes materiais heterogêneos, constituídos de aluviões de deposição recente. Estes materiais, por suas propriedades geotécnicas, devem ser considerados inadequados como material de construção de aterro ou para a fundação (de aterro ou estruturas).

De um modo geral o terreno com resistência adequada para a fundação das estruturas poderá sempre ser atingido com pequenas escavações, uma vez que a camada de material terroso nas depressões, leitos de córregos e áreas contíguas apresenta pequena espessura.

Todavia, é possível que o terreno da fundação venha a ser constituído de material rochoso, (calcário com intercalações de margá, siltito e argilito), de elevada dureza.

O perfil acima pode ser encontrado também ao longo do traçado do canal, trazendo dificuldades na escavação (escavação a fogo).

#### **5.16.5 - Estrutura de saída do reservatório**

O nível d'água dentro do reservatório deverá flutuar entre as seguintes cotas:

N.A máximo normal	34,50m
N.A mínimo normal	33,50m

A estrutura de saída do reservatório foi concebida de tal forma que a comporta de controle de vazões possa atender essa faixa de níveis além de permitir ainda uma sobrelevação acidental do nível d'água até a cota 35,50.

A estrutura consiste de um canal/galeria que cortando de forma oblíqua à barragem comunica o interior do reservatório com o canal de distribuição.

Dentro do reservatório foi prevista a escavação de um canal de aproximação com fundo na cota 33,00 de modo que será possível aproveitar parte do volume morto do reservatório (volume acumulado abaixo da cota 33,50).

Em correspondência com a crista da barragem a estrutura será coberta com uma laje de concreto para permitir a passagem de pessoas e/ou veículos.

A comporta de controle de vazões ficará localizada a jusante da crista e deverá ser aberta de forma controlada para evitar a passagem de vazões maiores que a capacidade de transporte do canal.

Visando a eventualidade de passagem de qualquer vazão excedente, seja acidental ou proposital, foi construído um trecho de canal com um vertedor lateral cuja função será de permitir a saída dos volumes excedentes.

#### **5.16.6 - Comportas de controle de níveis**

A jusante de cada tomada d'água setorial, ou então em cada trecho de canal que ultrapassa o comprimento médio de 5.000m, estão previstas comportas tipo segmento para controle de níveis (vazões).

Além de controlar os níveis para permitir a adequada operação do sistema, estas comportas tem a função de evitar o esvaziamento do canal quando é interrompido o bombeamento.

Procurando padronizar estes equipamentos foram adotadas comportas de 2 m de largura e apenas duas alturas diferentes para todo o trecho do canal de distribuição.

A localização das comportas é a seguinte:

Comporta de nível CN6    progressiva    9,10m;  
Comporta de nível CN7    progressiva    5.080,00m;  
Comporta de nível CN8    progressiva    10.400,00m;  
Comporta de nível CN9    progressiva    15.000,00m; e  
Comporta de nível CN10    progressiva    20.600,00m.

Ao igual que para o canal de adução as comportas serão instaladas junto dos extravasores de segurança contornando assim, a necessidade de fazer mais transições entre a seção trapezoidal do canal e a seção retangular exigida para instalar as comportas.

As comportas serão operadas eletricamente por guincho instalado no muro de contenção lateral.

#### **5.16.7 - Extravasores de Segurança**

Como norma geral os extravasores de segurança sempre foram posicionados a montante, e junto, das comportas de controle de nível.

A seguir são relacionadas as posições dos extravasores:

Extravasador de segurança ES7    progressiva    5.080,00m;  
Extravasador de segurança ES8    progressiva    10.040,00m;  
Extravasador de segurança ES9    progressiva    15.000,00m;  
Extravasador de segurança ES10    progressiva    20.600,00m; e  
Extravasador de segurança ES11    progressiva    25.135,87m.

#### 5.16.7.1 - Dimensionamento Hidráulico dos Extravadores

Os extravasores foram concebidos como vertedouros de soleira espessa com suas cristas posicionadas ligeiramente acima dos níveis máximos normais previstos ao longo do sistema.

Para o desnível entre a superfície livre do escoamento normal e a crista dos vertedouros foi adotada uma margem de segurança de 10m.

Quando a sobrelevação do nível d'água ultrapassa o valor indicado acima começa o vertimento que aumentará na medida em que aumenta o nível d'água no canal até que a vazão vertida seja igual àquela que está chegando pelo canal.

Para determinar o comprimento das cristas vertentes foi admitido que toda a vazão chegando pelo canal de montante deve verter para o exterior do canal com uma sobre elevação máxima de 0,18m.

#### 5.16.8 - Tomadas D'água Setoriais

Ao longo do canal foram implantadas tomadas d'água setoriais com a finalidade de alimentar as diversas áreas a serem irrigadas.

As tomadas d'água setoriais foram implantadas em recessos laterais do canal de distribuição e munidas de tubulações de aço para passar sob o aterro lateral do canal.

A vazão que deverá ingressar na tubulação será controlada por uma comporta localizada no emboque da mesma.

A comporta, do tipo plana circular, será operada a partir da plataforma superior por meio de haste, pedestal e volante. Terá ainda um motor elétrico para operar através do sistema de controle operacional.

#### 5.16.8.1 - Distribuição das “TAS” ao longo do canal de distribuição

As posições escolhidas para implantar as “TAS” – tomadas de água setoriais – no canal de distribuição encontram-se na relação abaixo:

TAS 3	Progressiva	5.060,00m;
TAS 4	Progressiva	10.020,00m;
TAS 5	Progressiva	14.980,00m; e
TAS 6	Progressiva	20.580,00m.

#### 5.16.9 - Travessia do gasoduto da Petrobrás

O canal, antes de chegar na estrada BR-304, cruza com o gasoduto da PETROBRÁS, que corre paralelo à estrada.

Em vista das condições topográficas do local foi decidido que o canal deveria passar sob o gasoduto, por meio de uma galeria de concreto armado.

Partindo da premissa de que o gasoduto, que se encontra enterrado, acompanha as ondulações do terreno, foi necessário deslocar o canal na direção da sua margem esquerda aumentando um pouco as escavações mas garantindo a não interferência entre o gasoduto e o canal de irrigação.

O desenho no 3340-Z05-R1-013, apresenta as dimensões e as condições de implantação desta obra.

#### 5.16.10 - travessia da BR 304

O canal de distribuição, na progressiva 21.221,40m, cruza com a BR 304 onde será necessário construir uma galeria para a passagem sob a mesma.

Construtivamente foi escolhida a opção de desviar a rodovia e cortar aterro e pavimento para implantar a galeria. Uma vez completada a galeria será refeito o aterro e o pavimento retornando à situação normal do trânsito.

As dimensões da galeria são:

Comprimento: 30,08m;

Largura: 2,00m; e

Altura: 1,50m.

O desenho 3340-Z05-R1-014 apresenta as dimensões e detalhes de implantação desta travessia.

## 5.17 - SISTEMA DE DRENAGEM

### 5.17.1 - Introdução

Em virtude da grande extensão territorial abrangida pelo eixo Jaguaribe-Icapuí atenção especial foi dada com relação à drenagem das águas pluviais.

As obras de drenagem são de grande importância, tanto para não causar conseqüências indesejáveis à natureza (geradas pelas intervenções inerentes à implantação das obras), quanto para proteger o próprio Sistema de Adução, quer seja durante a fase construtiva ou de operação.

### 5.17.2 - Dimensionamento

Para a delimitação das diversas bacias de contribuição, utilizou-se planta topográfica na escala 1:25.000, na qual foi possível a determinação das áreas entre os diversos divisores de águas e os canais e obras, definindo-se bacias e sub-bacias.

Os métodos utilizados para o cálculo das vazões de cada área foram: Método Racional, em regiões de topografia relativamente plana; e Método de Bürkli-Ziegler, em terrenos com declividade acentuada.

### 5.17.3 - Obras

As obras consistem em canaletes e canais de drenagem, diques de proteção e bueiros. Também fazem parte do sistema de drenagem, as proteções com rachão, enrocamento e bica-corrida em: encostas, saídas de bueiro e taludes, expostos à concentração de águas, tanto em fluxos naturais nos talvegues quanto nos canais.

Os canaletes serão executados com meia-cana de concreto, cujas dimensões estão indicadas em projetos específicos das obras e em seções típicas.

Os canais constituem-se no item mais oneroso de toda a drenagem, pois estão presentes em quase toda a extensão dos canais de aproximação e de adução. Estão apresentados em projetos específicos, com dimensões e características: serão escavados mecanicamente, com alturas variáveis e revestidos em bica-corrida ou enrocamento.

Os bueiros serão executados com tubos de concreto armado, com um, dois ou três tubos na mesma seção, conforme a vazão, localizado transversalmente sob o canal, com proteções laterais em concreto armado e caixa amortecedora a jusante, segundo os projetos específicos.

## 6 - DIMENSIONAMENTO GEOTÉCNICO DAS OBRAS

## 6.1 - INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS

Os estudos geotécnicos realizados consistiram basicamente na caracterização do subsolo de todo o trecho (aproximadamente 30,00km, que se inicia no rio Jaguaribe, estendendo-se até o Reservatório de acumulação), localização e detalhamento das jazidas de empréstimo de materiais para construção, e coleta de amostras para realização de ensaios geotécnicos laboratoriais.

Além das sondagens a trado/poços que se distribuem por toda a obra, na região onde será implantada a soleira e a estrutura de captação, foram executadas 4 sondagens à percussão e, ainda, uma sondagem mista na região da estação elevatória.

Nas sondagens a percussão e mista, foram executados testes de infiltração, visando a avaliação do coeficiente de permeabilidade.

No canal de adução as sondagens foram distribuídas nos locais onde as cotas planialtimétricas indicam, basicamente, áreas de corte.

As amostras estudadas foram coletadas, basicamente, nas camadas inferiores ou de base, e submetidas aos seguintes ensaios laboratoriais:

- Granulometria por peneiramento;
- Limite de Liquidez;
- Limite de Plasticidade; e
- Compactação (Proctor Normal).

## 6.2 - RESULTADOS DAS INVESTIGAÇÕES

O estudo de materiais iniciou-se com o reconhecimento da área ao longo do trecho do canal, de modo a localizar ocorrências, realizar um exame de qualidade e estimar os volumes de materiais disponíveis.

A princípio, com base no reconhecimento de campo, foram pré-selecionadas 10 áreas propensas para fornecimento de materiais.

Para o detalhamento das jazidas terrosas realizou-se uma malha quadrática de furos à pá e picareta, com distâncias variáveis, possibilitando a cubagem do material terroso existente.

Das 10 jazidas, 5 se enquadram nos parâmetros técnicos necessários, para serem exploradas.

Coletou-se amostras em cada jazida terrosa, as quais foram submetidas a ensaios de caracterização, ou seja, determinação dos limites de consistência (LL e LP), granulometria por peneiramento e proctor normal.

A tabela a seguir apresenta dados determinantes dessas jazidas:

Jazida	01	02	03	04	05
Número do furo	JT-02	JT-10	JT-06	JT-04	JT-05
Coordenada Norte (N=)	9.467.800	9.465.589	9.466.292	9.464.401	9.464.862
Coordenada Leste (E=)	641.589	644.037	648.279	654.396	654.307
Área Total Estudada (m <sup>2</sup> )	250.000	160.000	15.000	100.000	80.000
Profundidade Média dos Furos (m)	2,00	2,20	1,00	1,50	1,50
Volume Total do Material (m <sup>3</sup> )	500.000	352.000	18.000	150.000	120.000
Camada Média de Expurgo (m)	0,10	0,60	0,10	0,10	0,10
Espessura Média Útil (m)	1,90	1,60	0,90	1,40	1,40
Volume do Material Utilizável (m <sup>3</sup> )	475.000	256.000	13.500	140.000	112.000
Distância em Linha Reta ao Eixo (m)	576,59	0,00	4.293,45	930,61	325,96

### 6.3 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os materiais obtidos dos furos de sondagens foram classificados tátil-visualmente e, aquelas consideradas representativas do último horizonte do terreno, foram ensaiadas em laboratório.

As curvas granulométricas foram determinadas por ensaios de peneiramento, utilizando-se peneira com malha de abertura mínima de 0,075mm. Verificou-se que a fração que passa através desta peneira, em peso, varia de 13% a 98%, e que os materiais apresentam curvas granulométricas numa faixa bastante ampla e com diferentes diâmetros máximos, os quais vão de 0,5mm a 25,0mm. São curvas granulométricas típicas de solos de origem aluvionar, coluvionar e residual.

Verifica-se que das amostras submetidas aos ensaios de limites de Atterberg, algumas mostraram-se não plásticas, demonstra a necessidade de se fazer a homogeneização do material escavado para a utilização na construção de aterros. A comparação feita entre a umidade ótima e o limite de plasticidade mostra também que o controle de umidade, na compactação, é um procedimento necessário para um bom desempenho do aterro.

É possível que alguns materiais venham a apresentar propriedades de dispersibilidade, o que irá requerer filtros de areia para proteger o maciço contra as ações erosivas das águas de escoamento superficial e percolação subterrânea.

Um fator importante é a homogeneidade do subsolo, apresentando sedimentos terciários e quaternários, onde a geomorfologia local apresenta um relevo suavemente plano. Quanto aos aspectos de estabilidade dos taludes de escavação e de aterro, os materiais caracterizados nos ensaios e identificados por inspeção táctil-visual podem ser considerados de boa resistência ao cisalhamento.

Os materiais originados por intensa decomposição física, provenientes de rochas do grupo Apodi e Barreiras (solo de alteração, solo saprolítico e saprolito), que ocorrem em alguns trechos, são ainda mais resistentes. Estes materiais podem apresentar horizontes permeáveis, devido à presença de areia com pequena porcentagem de frações finas siltosas e argilosas.

Nos ensaios de compactação os resultados mostram uma variação de umidade ótima desde 7 até 20% e massa específica aparente seca máxima de 1,5 até 2,0t/m<sup>3</sup>, mostrando que ocorre uma grande variedade de materiais. Considerando-se que a densidade real dos grãos (média) seja de 2,7t/m<sup>3</sup>, verifica-se que os materiais

compactados na umidade ótima apresentam nível de saturação bastante baixo. Isto pode tornar o aterro relativamente rígido se for compactado com esta umidade, com coeficiente de permeabilidade comparativamente elevado.

#### 6.4 - SOLEIRA DE CONTROLE DE NÍVEIS

Na área de implantação das obras, o rio Jaguaribe escoar através de uma extensa várzea aluvionar, com superfície aplainada, aproximadamente na cota 10,00m. O leito acha-se encaixado neste aluvião, tendo margens íngremes nos trechos de terreno argiloso e suave nos arenosos, e seu fundo está estabilizado próximo da cota 4,00m.

Os trechos argilosos das margens apresentam algumas ravinas de erosão e pequenos túneis, que são característicos de solos com propriedades dispersivas.

As sondagens mostram que a camada superficial de aluvião atinge aproximadamente a cota zero e é constituída de solo com texturas variadas, incluindo-se areia, silte arenoso, silte argiloso, argila arenosa e argila siltosa e, em geral, apresenta baixa compactação/consistência (baixos valores de resistência a penetração SPT).

A presença de camadas de areia é indicativo de que a camada de aluvião pode ter horizontes permeáveis e bastante susceptíveis aos processos de erosão superficial e regressiva. Além disto, a baixa compactação/consistência faz antever que as estruturas que nela estiverem fundadas, poderão sofrer deformações e recalques diferenciais elevados. Nestas condições, a estrutura da Soleira, a qual não suportará recalques diferenciais elevados e que estará criando desnível hidráulico entre as suas faces de montante e jusante, não poderá ter o aluvião na sua fundação, uma vez que os tratamentos necessários para a sua permanência seriam extremamente onerosos.

A grande extensão de escavação, para realizar a remoção do aluvião, será ao longo do leito atual do rio, onde a profundidade será pequena, da ordem de 4,00m. Nas ombreiras, a profundidade será maior, da ordem de 10,00m, mas a extensão que requer a remoção é muito pequena.

Sob a camada de aluvião encontra-se um terreno com material argiloso, tendo porcentagem variável de fração areia, com elevados valores de SPT e boas características de capacidade de carga, possivelmente de origem sedimentar, componente do Grupo Barreiras. Este material, tanto sob o aspecto de deformação quanto de resistência e permeabilidade, é adequado para a fundação da estrutura da Soleira. Seu horizonte superior, em contato com a base do aluvião, pode apresentar peculiaridades geológico-geotécnicas que comprometem as boas propriedades. Na sondagem SP-2 verifica-se que ocorre baixo valor de SPT (7) a uma profundidade de 2,00m abaixo do contato.

Tratando-se de um solo sedimentar, é possível que ocorram horizontes arenosos, com coeficiente de permeabilidade elevado, embora este fato não tenha sido identificado nos ensaios executados nos furos de sondagem. Observa-se que os ensaios foram executados em trechos extensos dos furos, o que dificulta a identificação de eventuais horizontes mais permeáveis. Mesmo assim, nas sondagens SP-1 e SP-2, alguns valores do coeficiente de permeabilidade ( $10^{-5}$  cm/s) são significativamente diferentes de todos os outros ( $10^{-7}$  cm/s) de um mesmo perfil.

O controle das vazões de percolação e de gradientes hidráulicos, através de possíveis horizontes permeáveis na fundação da Soleira, poderá ser realizado com tapete impermeável de montante e drenos de saída a jusante.

As percolações através das ombreiras terão que ser controladas de maneira semelhante, aumentando-se os possíveis caminhos preferenciais de percolação e prevendo-se estruturas drenantes nas superfícies de saída. Como as percolações serão predominantemente tridimensionais, o dreno de saída das percolações deverá ter camadas múltiplas, utilizando-se materiais que atendam aos critérios de filtro. A primeira camada, em contato com o terreno natural, deverá constituir-se de areia limpa, já que o aluvião poderá conter argila com características dispersivas.

A camada de areia deverá também estar em contato com o terreno natural, na base das pedras da bacia de dissipação, tomando-se o cuidado de interpor uma camada de material bem graduado (bica-corrída) entre elas.

Mesmo nos locais de baixa velocidade d'água e pequenas turbulências, onde a proteção é passível de ser realizada com bica-corrída, desde que a ocorrência de argila dispersiva seja identificada, será necessário o uso de uma camada de areia recobrindo a superfície do terreno natural. Incluem-se nestes casos, a escavação para o desarenador e o trecho do canal que liga o desarenador com a estação de recalque. Nos trechos de ocorrência de solo residual, solo de alteração e sedimentos do Grupo Barreiras, a proteção poderá ser realizada somente com a camada de bica-corrída.

As escavações na área de implantação da Soleira, desarenador e canal serão realizadas, parcialmente, abaixo do nível do lençol freático natural. Portanto, será requerido um sistema de rebaixamento para controlar as águas de infiltração na cava. Devido à pequena profundidade da cava, é possível que uma linha de ponteiras filtrantes, associada com valetas e poços de bombeamento, seja eficiente para criar um recinto ensecado, adequado para o desenvolvimento dos trabalhos, segundo a boa prática de construção.

Os materiais para a construção dos maciços compactados poderão ser explorados nas jazidas localizadas nos terrenos do Grupo Barreiras e, possivelmente, das escavações obrigatórias, após uma seleção adequada.

## 6.5 - ADUTORA

A seguir são apresentadas as etapas construtivas para o assentamento da tubulação tanto para a situação de vala escavada em solo quanto em rocha.

### 6.5.1 - Em vala escavada no solo arenoso

- escavar a vala em talude com inclinação estável (função das condições do terreno e profundidade) e largura do fundo igual a 3,20m;
- preparar o fundo da vala de acordo com a curvatura da face inferior da tubulação, numa largura de 1,20m;
- assentar a tubulação;

- lançar camadas de areia, com espessura máxima de 0,30m, até atingir a altura de 0,30m acima da geratriz superior. Densificar cada camada de areia até atingir compactidade relativa superior a 65%; e
- compactar o solo arenoso (próprio material da escavação), com umidade próxima da ótima, em camadas com espessura de 0,10 a 0,15m, até obter-se grau de compactação superior a 95% do Proctor Normal, completando o fechamento da vala.

#### 6.5.1.1 - Em vala escavada no maciço rochoso

- escavar a vala com largura de 3,20m e profundidade 0,20m maior que o nível de assentamento da tubulação;
- formar colchão de areia com espessura mínima de 0,20m no fundo da vala, restabelecendo o nível de assentamento;
- densificar a areia do colchão até obter-se compactidade relativa superior a 65%;
- assentar a tubulação;
- lançar camadas de areia com espessura máxima de 0,30m, até atingir a altura de 0,30m acima da geratriz superior. Densificar cada camada de areia até atingir a compactidade relativa superior a 65%; e
- compactar o solo arenoso, com umidade próxima da umidade ótima, em camadas com espessura de 0,10m a 0,15m, até obter-se grau de compactação superior a 95%, completando o fechamento da vala.

## 6.6 - CANAIS

As investigações realizadas mostraram que o terreno apresenta condições adequadas para a implantação dos canais.

A escavação obrigatória nas áreas de implantação dos canais poderá ser realizada, em grande parte, por meio de equipamentos convencionais de terraplenagem. No entanto, em alguns locais poderá ser necessário o uso de explosivos.

Em muitos casos os materiais obtidos nas escavações, a menos da capa superficial contendo matéria orgânica, poderão constituir-se em materiais de construção de aterro.

## 6.7 - ESTRUTURAS DE CONCRETO

As estruturas deverão estar apoiadas nas camadas do sedimento terciário ou, eventualmente, em aterros bem compactados, com um embutimento adequado, quando então a carga de trabalho será 20 a 30t/m<sup>2</sup>.

## **7 - ASPECTOS HIDRÁULICOS E CONSTRUTIVOS DAS OBRAS**

## 7.1 - INTRODUÇÃO

Os principais critérios de projeto adotados são os seguintes:

- vazão de dimensionamento do sistema de 5,00m<sup>3</sup>/s;
- estação de bombeamento com utilização de bombas de eixo vertical, sem reserva;
- linha de recalque em aço carbono com instalação enterrada;
- canal de aproximação, trecho captação-EB, protegido com bica-corrída;
- canais de adução, revestidos com manta impermeável e protegida com concreto simples;
- objetivando implantar um sistema com flexibilidades operacionais, adaptável às futuras necessidades do projeto, não ponderáveis no momento, o canal de adução será subdividido em quatro trechos: o primeiro, compreendido entre o final da linha de recalque e a tomada d'água para a Maísa, com capacidade de 5,00m<sup>3</sup>/s; o segundo, entre a tomada d'água e o reservatório R-1, com capacidade de 4,00m<sup>3</sup>/s; o terceiro, entre o reservatório e a estrada, com capacidade de 3,00m<sup>3</sup>/s; e finalmente o quarto trecho, da estrada em diante, com capacidade de 2,00m<sup>3</sup>/s; e
- o reservatório terá o nível d'água máximo na cota 34,50m e o nível d'água mínimo na cota 33,50m. Com este intervalo de flutuação, o reservatório poderá acumular um volume de água de 40.000 a 50.000m<sup>3</sup>.

## 7.2 - SOLEIRA DE CONTROLE

### 7.2.1 - Finalidade

A Soleira de controle de níveis, constituída por um dique no rio Jaguaribe, deverá garantir os níveis necessários para captar a vazão de projeto, fornecer a energia hidráulica mínima para realizar a limpeza dos desarenadores e substituir a passagem molhada, existente no local, por uma passagem definitiva. A Figura 1 apresenta, de forma esquemática, a seção típica da soleira de nível.

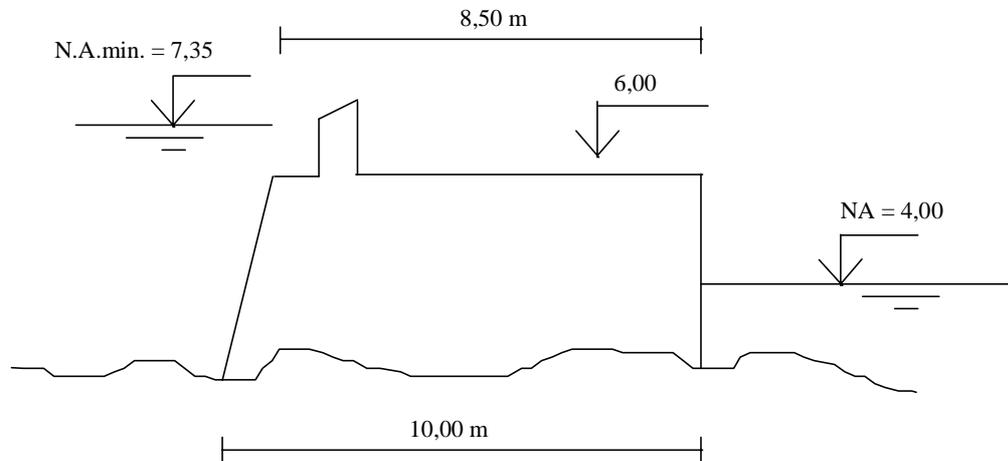


Figura 1 - Seção da Soleira de Controle

### 7.2.2 - Estrutura principal

No paramento de montante deste barramento será construído um muro de concreto armado, com coroamento no cota 7,50m que deverá impedir o vertimento da água por cima da superfície de rolamento, para vazões de até 10,00m<sup>3</sup>/s no rio Jaguaribe. Para vazões maiores haverá um vertimento uniforme em todo o comprimento da estrutura permitindo a passagem dos veículos, enquanto a altura d'água em escoamento não for maior que 0,10 a 0,15m.

### 7.2.3 - Condutos de Descarga

Para garantir a passagem da vazão mínima de 3,00m<sup>3</sup>/s para jusante e ainda para permitir a passagem de até 10,00m<sup>3</sup>/s sem molhar a pista da travessia serão colocados 4 condutos de 0,90m de largura e 0,90m de altura passando sob a superfície de rolamento.

A alimentação destes condutos será feita a partir de uma soleira de 25,00m de comprimento cuja crista está na cota 7,20m.

O nível d'água mínimo a montante da soleira de controle será aquele que permita a entrada de  $3,00\text{m}^3/\text{s}$  nos condutos de descarga, isto é, 7,35m.

#### **7.2.4 - Ombreiras da soleira de controle**

O muro de concreto engastado no paramento de montante do maciço da soleira de controle tem o seu coroamento na cota 7,50m e deverá operar como um vertedor de soleira delgada, quando a vazão no rio ultrapassar a faixa de 10 a  $15,00\text{m}^3/\text{s}$ . Esta situação deverá se manter para vazões de até  $1.000,00\text{m}^3/\text{s}$ , quando serão sentidas com maior intensidade os efeitos de afogamento da lâmina vertente pelo nível d'água a jusante da soleira.

As poucas informações disponíveis sobre o escoamento do rio Jaguaribe no local, para as vazões de enchentes indicam que o rio permanece na sua calha principal, para vazões de até  $2.000,00\text{m}^3/\text{s}$ .

Para vazões maiores, os níveis d'água ultrapassam as margens que se encontram na cota 10,00m, inundando então as planícies laterais.

Para projetar as ligações da estrutura de controle de níveis com as margens do rio, foi admitido que o entorno de vazões críticas para a estabilidade da obra seria para níveis d'água de montante chegando à cota 10,00m.

Para vazões maiores, o efeito da soleira seria muito pequeno e, conseqüentemente, o desnível e os gradientes hidráulicos seriam menos críticos.

As ligações com as ombreiras foram projetadas dentro da premissa anterior, propondo-se a construção de muros de ligação que impedem qualquer escoamento junto às margens. Estes muros serão materializados como uma continuação do muro vertedouro mas com seu coroamento na cota 10,00m. Nas ombreiras serão feitos, ainda, aterros de solo compactado protegidos com filtros, transições e enrocamento.

## 7.2.5 - Aspectos Construtivos

Nos desenhos 3100-Z05-R1-001 a 003 são apresentados os detalhes construtivos da estrutura da soleira de controle de níveis, incluindo juntas de construção, drenos e outros.

Nos locais onde existem juntas de dilatação, o concreto rolado deverá ser assentado sobre faixas de concreto estrutural para reduzir os recalques diferenciais e para dar continuidade ao sistema de vedação.

São particularmente importantes as juntas de vedação tipo fugenband que, associadas aos drenos, deverão impedir que a água de infiltração faça pressão no interior do maciço ou circule entre o terreno de fundação e o concreto.

## 7.2.6 - Desvio do rio durante a construção

### 7.2.6.1 - Introdução

O desvio do rio Jaguaribe do seu curso natural para a construção da soleira de controle de níveis no seu leito, foi concebido em três etapas a saber:

- 1a Etapa - Desvio do rio para a margem esquerda para construção das obras da margem direita;
- 2a Etapa - Passagem do rio sobre a soleira, parcialmente concretada, para construção das obras do lado esquerdo do leito do rio; e
- 3a Etapa - Passagem do rio pelos condutos definitivos para a conclusão da concretagem da soleira de controle.

O desenho 3100-Z04-1-001 apresenta as etapas e as principais obras a serem construídas em cada uma delas.

Todas estas etapas deverão ser realizadas em épocas de estiagem já que não é possível controlar as vazões de enchente do rio durante os meses de chuvas intensas.

A seguir são descritas as obras e a metodologia de cada etapa.

#### 7.2.6.2 - 1ª Etapa de desvio do rio

Os desenhos N<sup>os</sup> 3100-Z04-R1-002 e 005 ilustram esta etapa de construção.

A partir da margem direita será construída uma ensecadeira de solo lançado que deverá estrangular o leito natural do rio até deixar uma largura de aproximadamente 115,00 m, entre a ensecadeira e a margem esquerda.

Antes de iniciar o lançamento da ensecadeira, será necessário remover a passagem molhada no lado da margem esquerda, num comprimento de 140,00 m, contados da margem esquerda em direção à margem direita.

Esta passagem molhada poderá ser reconstituída a montante das ensecadeiras, readequando os acessos à mesma ou então, o trânsito deverá ser redirecionado para a passagem localizada poucos quilômetros a montante.

A ensecadeira foi projetada com largura de 5,00 m, taludes laterais de 1V:2H e sua crista foi posicionada na cota 7,50 m. A compactação do solo será feita pela passagem do equipamento de lançamento.

Junto da margem direita será necessário fazer uma limpeza de solo aluvionar para melhorar o acesso e reduzir a percolação pela margem. A distância entre os ramos de montante e jusante da ensecadeira será de 120,00m deixando assim o espaço necessário para fazer a concretagem da soleira de controle de níveis, a colocação do solo compactado no paramento de montante e o enrocamento do lado de jusante.

O recinto ensecado poderá ser esgotado por bombeamento direto, entretanto, para realizar as escavações do leito do rio até o nível de fundação de concreto, será

necessário fazer um rebaixamento do lençol freático para garantir a estabilidade dos taludes da escavação.

Dentro da área protegida pela ensecadeira da 1ª etapa, serão executadas as seguintes atividades:

- Escavação, aterro e concretagem parcial da estrutura de captação e desarenador primário na margem direita do rio;
- Canal de descarga do desarenador primário;
- Parte do desarenador secundário;
- Estrutura de controle e galeria de descarga do desarenador secundário;
- Lajes acima do canal de descarga do desarenador primário assim como os acessos entre a estrada e a parte superior da soleira de controle de níveis;
- Estrutura da soleira de controle completa entre a margem direita e a borda da ensecadeira, num comprimento de aproximadamente 180,00m. Neste trecho está incluída a soleira rebaixada na cota 7,20m e as galerias de descarga do extravasor;
- Entre as estacas 12 + 9,00 m e 13 + 19,00 m, num trecho de 30,00 m de comprimento, será construído apenas o maciço inferior da soleira de controle deixando sem concretar o muro de montante. Desta forma, neste trecho da obra, o nível de coroamento do concreto será na cota 6,00m. Esta brecha de 30,00m no muro de montante permitirá a passagem do rio durante a segunda etapa de desvio do rio;
- Aterro compactado junto ao paramento de montante da soleira de controle de níveis;
- Filtros e transições junto ao paramento de jusante da estrutura de controle de níveis; e
- Escavação e preenchimento com enrocamento de grande diâmetro o trecho a jusante da estrutura de controle de níveis.

Concluídas as obras relacionadas acima, será necessário rebaixar a crista da ensecadeira de primeira etapa até a cota 5,50 m e no trecho de 30,00m correspondente ao muro rebaixado na soleira de controle, até a cota 5,00 m.

Cabe observar que se for conveniente para o empreiteiro, e se as condições hidrológicas do rio o permitirem, esta etapa de remoção poderia ser iniciada abrindo uma brecha junto da margem direita do rio permitindo assim que o material proveniente da remoção seja lançado diretamente na ensecadeira da segunda etapa.

#### 7.2.6.3 - 2ª Etapa de desvio

Nos desenhos 3100-Z04-R1-003 e 005 são apresentadas as obras desta etapa de construção.

A segunda etapa de desvio do rio começa com a construção da ensecadeira, com solo lançado, na margem esquerda, ligando essa margem com o extremo da estrutura de concreto da soleira de controle, construída durante a primeira etapa.

Durante esta etapa a vazão do rio Jaguaribe passará por cima do concreto rolado, pela brecha de 30m deixada no muro da soleira de controle.

O coroamento do ramo de montante foi posicionado na cota 7,50m e o de jusante na cota 6,50m. A largura da crista foi projetada com 5,00m e as inclinações dos taludes laterais em 1V:2H.

Os ramos de montante e jusante do trecho paralelo ao rio deverão encostar nos respectivos paramentos da soleira de controle construída durante a primeira fase de desvio do rio

Como na 1ª etapa o recinto ensecado poderá ser esgotado por bombeamento direto, entretanto, para realizar as escavações do leito do rio até o nível de fundação de concreto, será necessário fazer um rebaixamento do lençol freático para garantir a estabilidade dos taludes da escavação.

Durante esta etapa de desvio, e sob a proteção da ensecadeira da segunda etapa, serão executadas as seguintes atividades.

- Escavação das fundações e construção da parte faltante da soleira de controle de níveis, com concreto compactado a rolo (CCR);
- Construção do muro de concreto armado entre a cota 6,00m e a cota 7,50m;
- Escavação do terreno natural e execução do aterro compactado no lado de montante da soleira de controle;
- Escavação e colocação dos materiais de filtro e transição no lado de jusante da soleira;
- Escavação e colocação do enrocamento de proteção a jusante da soleira de controle;
- Escavação e execução dos aterros e transmissões no local do encontro da soleira com a margem esquerda do rio;
- Execução do muro de concreto armado na cota 10,00m na margem esquerda, seguindo o alinhamento do muro da soleira de controle; e
- Execução da proteção de enrocamento na face de jusante do estribo da margem esquerda.

A remoção da ensecadeira da 2ª etapa deverá ser feita de tal forma que permita o funcionamento satisfatório da soleira de controle durante a sua fase operacional.

Entretanto, esta remoção não é necessária para a execução da ensecadeira da terceira etapa, de forma que as mesmas poderão ser utilizadas como caminhos de acesso durante essa fase.

Uma vez finalizadas todas as etapas de construção da soleira de controle deverão ser removidas as ensecadeiras de tal forma que os materiais remanescentes fiquem abaixo das seguintes cotas:

Ramo de montante: .....	6,00m
Ramo de jusante: .....	5,50m
Trecho paralelo ao rio: .....	5,50m

No caso em que as condições hidrológicas permitam, a remoção da ensecadeira poderá ser feita de forma simultânea com a construção da ensecadeira da 3ª etapa para otimizar as operações e reaproveitar os materiais.

#### 7.2.6.4 - 3ª Etapa de desvio

A terceira etapa de construção encontra-se detalhada nos desenhos N<sup>os</sup> 3100-Z04-R1-004 e 005.

Para a terceira etapa de desvio será lançada uma pequena ensecadeira, a montante da soleira de controle, para permitir a construção do trecho de muro que ainda não foi concretado durante a primeira etapa para possibilitar a passagem do rio durante a segunda etapa de desvio.

Durante esta etapa a água do rio poderá passar pelas galerias que ficam na soleira de controle ou pela estrutura de captação. Em qualquer caso o nível d'água de montante deverá ficar acima da cota 7,50m, visto que a crista da ensecadeira foi prevista na cota 8,00m.

Durante esta fase dos trabalhos, o sistema de alimentação do projeto de irrigação já poderá estar operando de forma que a concretagem do trecho final do muro da soleira de controle não deverá afetar a data de entrada em operação do sistema como um todo.

Após a concretagem do muro será necessário remover a ensecadeira até a cota 6,00m.

### 7.3 - ESTRUTURA DE CAPTAÇÃO

#### 7.3.1 - Vertedor de Captação

Foi adotada uma captação livre, de superfície, tipo vertedor, com uma vazão unitária de 0,50m<sup>3</sup>/s, portanto para captar 5,00m<sup>3</sup>/s será necessário um vertedor com um comprimento de 10,00m.

Para garantir que a vazão de  $5,00\text{m}^3/\text{s}$  seja captada também no futuro, quando o fundo do rio estiver na cota 7,30m e, visando permitir um controle da vazão pelo nível d'água de jusante (bombas), posicionou-se a crista vertente 0,65m abaixo do nível mínimo de montante, ou seja na elevação 6,70m.

### 7.3.2 - Vertedor de Alimentação

A passagem d'água da estrutura de captação para o canal de aproximação será também por um vertedor, visando aproveitar a água que está na superfície do escoamento e que já se encontra livre de partículas de areia grossa.

O comprimento deste vertedor será de  $L = 20,00\text{m}$ , ficando a sua crista na cota 6,70m.

Este vertedor também poderá ser afogado pelos níveis de jusante, que por sua vez serão comandados pelas bombas e pelo canal de aproximação.

A carga mínima necessária sobre este vertedor será de 0,25m.

### 7.3.3 - Dimensões da Estrutura

As principais dimensões e cotas da estrutura são as seguintes:

Nível do fundo, extremo de montante: .....	4,30m
Nível do fundo, extremo de jusante: .....	3,30m
Nível do fundo, médio: .....	3,80m
Nível d'água médio interno: .....	7,20m

A largura de cada câmara da estrutura foi adotada em 4,00m, visando manter as dimensões estruturais reduzidas.

Profundidade média 7,20m – 3,80m: .....	3,40m
Largura de cada célula: .....	4,00m

Comprimento de cada célula: ..... 30,00m

### **7.3.4 - Limpeza**

Para a limpeza da estrutura de captação foi prevista a colocação de três comportas, operadas manualmente que, uma vez abertas, provocarão o esvaziamento da estrutura, lançando a água e a areia de volta para o rio Jaguaribe, a jusante da estrutura de controle de níveis.

Durante o processo de esvaziamento, seguirá entrando água para o interior das câmaras, tanto do lado do rio Jaguaribe como do lado do canal de aproximação que, nessa situação, terá fluxo no sentido contrário, vertendo para dentro da câmara.

Este fluxo promoverá a turbulência necessária para obter a correta eliminação da areia depositada no fundo da estrutura.

As comportas serão localizadas na face norte da estrutura para permitir o escoamento da descarga sob a estrutura de passagem de veículos.

A parede da face norte será construída de tal forma que a água possa passar por cima da mesma, permitindo a eliminação de corpos flutuantes que possam ter entrado nas câmaras.

### **7.3.5 - Implantação**

Na parte superior da estrutura de captação serão construídas passarelas de acesso na cota 10,00m.

Também as plataformas de operação das comportas serão implantadas na cota 10,00m, garantindo assim o acesso e a operacionalidade do sistema para vazões compatíveis com esse nível.

## 7.4 - DESARENADOR SECUNDÁRIO

### 7.4.1 - Dimensionamento

As partículas de areia fina  $\varnothing \leq 0,2$  mm que não são retidas na estrutura de captação, ingressarão no canal de aproximação, decantando-se no mesmo. Visando possibilitar a limpeza por meios hidráulicos, os primeiros 100,00m de canal foram projetados de tal forma que os mesmos cumpram a função de desarenador secundário.

Os materiais decantados no fundo do canal serão eliminados hidráulicamente por uma galeria, de pequenas dimensões, que os conduzirá até o canal de descarga para o rio Jaguaribe.

As dimensões desta galeria serão de:

Altura (h): .....	1,40m
Largura (b): .....	0,80m
Comprimento aproximado (L): .....	80,00m

As descargas por esta galeria serão controladas por uma comporta instalada na torre de controle posicionada na margem do canal, no início da galeria.

### 7.4.2 - Aspectos construtivos

A bacia de sedimentação do desarenador secundário, assim como o início do canal de aproximação serão escavados no solo aluvionar, tendo os seus taludes laterais revestidos com areia, brita e bica-corrida grossa para evitar a erosão das superfícies expostas à correnteza.

### 7.4.3 - Limpeza

A limpeza desta bacia será feita pela abertura da comporta, a qual permitirá o escoamento d'água em direção ao rio Jaguaribe. No momento da abertura da

comporta haverá um desnível hidráulico de 3,00m entre a bacia e o nível d'água no rio, o suficiente para garantir a velocidade necessária para arrastar a areia depositada no fundo da bacia e/ou na galeria.

## 7.5 - CANAL DE APROXIMAÇÃO

A altura d'água no canal chegará a 2,00m para a vazão máxima de projeto de  $5,00\text{m}^3/\text{s}$ .

Não foi prevista nenhuma impermeabilização especial no canal de aproximação, em vista de que a água que poderá infiltrar-se para o terreno natural, e então, voltará para o rio Jaguaribe. A única proteção a ser aplicada às superfícies em contato com o escoamento ou sujeitas a chuvas será com bica corrida

Foram projetadas duas galerias na parte inicial do seu percurso para facilitar a passagem de veículos, principalmente nos locais onde já existem estradas estabelecidas pelos moradores da região. Estas galerias terão seção transversal de 3,00m de largura por 2,40m de altura.

Os desenhos 3310-Z05-R1-001 a 003 apresentam a planta e os perfis longitudinais; o desenho 3340-Z05-1-001, formas das galerias; e, os desenhos 3310-Z04-R1-001 a 004 apresentam as características das seções transversais do canal e sua seção típica.

## 7.6 - ELEVATÓRIA

### 7.6.1 - Níveis d'água

O nível d'água normal no extremo inferior do canal de aproximação, flutuará entre as cotas 6,00m e 7,00m, dependendo da vazão que estiver sendo bombeada.

Foi admitido, apenas para dimensionamento, que o nível mínimo para o qual as bombas estariam operando seria na cota 5,00m. Este valor é conservador, do momento que o canal deveria operar com seção plena, em qualquer situação.

### **7.6.2 - Grades**

A estrutura para colocação das grades foi localizada no final do canal de aproximação 15,00m antes da casa de bombas.

O piso das grades ficará na cota 8,00m e será acessível para veículos pela estrada lateral, ou para pessoas vindas da estação elevatória, por meio de uma passagem que contorna os muros da câmara de sucção.

As grades serão compostas de três painéis com dimensões de 2,50m de largura e 3,00m de altura útil cada uma.

Não foi previsto nenhum tipo de equipamento para limpeza ou manutenção das grades já que a limpeza poderá ser feita de forma manual e a estrada de acesso permite a utilização de qualquer tipo de equipamento móvel.

### **7.6.3 - Câmara de Sucção**

A câmara de sucção terá largura de 14,00m e o seu fundo estará na cota 2,00m.

No seu extremo inferior a câmara fica subdividida em 5 partes para formar os poços de sucção das respectivas bombas.

Os poços de sucção, com largura útil de 2,40m cada um, ficarão separados por muros verticais, nos quais foram previstas as ranhuras para a colocação das comportas ensecadeiras.

### **7.6.4 - Sala de Bombas**

O comprimento da sala das bombas será equivalente à largura da câmara de sucção enquanto que a sua largura será de 5,50m, o piso das bombas ficará na cota 13,00m, para ficar a resguardo de enchentes extraordinárias do rio Jaguaribe.

Na parte superior da casa de bombas será instalada uma ponte rolante de 10t de capacidade que, além de percorrer todo o comprimento da sala, poderá avançar por sobre a área de descarga e montagem que se encontra do lado direito da casa de bombas.

A ponte rolante, além de movimentar, desmontar e montar as motobombas, poderá manobrar as vigas da comporta ensecadeira e facilitar a descarga e carga para transporte dos transformadores.

Abaixo do piso das bombas ficam as válvulas para a tubulação de recalque que também são acessíveis para a ponte rolante.

## 7.7 - ADUTORA

A partir da estação elevatória a água será transportada até as cabeceiras do canal de adução por meio de uma adutora retilínea, composta de uma única tubulação de 1,80m de diâmetro, 2.195,00m de comprimento e desnível geométrico entre cotas 6,50m e 37,50m.

Na progressiva 550,00m da linha de recalque será construída, em concreto armado, uma chaminé de equilíbrio, a qual terá aproximadamente 20,00m de altura e diâmetro hidráulico de 4,50m. Será ligada à adutora por meio de uma tubulação metálica vertical.

## 7.8 - CANAL DE ADUÇÃO

A altura d'água no canal será de 1,65m, no trecho que vai da progressiva 0,00m até a progressiva 15.690,00m, garantindo uma capacidade de 5,00m<sup>3</sup>/s e, de 1,50m no trecho entre a progressiva 15.690,00m e o reservatório R-1, garantindo uma capacidade de 4,00m<sup>3</sup>/s no trecho final.

No início do canal será construída uma câmara de tranquilização para evitar uma transferência brusca entre a adutora e o canal, assim como evitar grandes turbulências no trecho inicial deste último.

Ao longo do canal serão construídas obras singulares para passagem de estradas controle de níveis, tomadas laterais, bueiros e outros.

No extremo inferior do canal encontra-se o reservatório de acumulação para alimentar o canal de distribuição que deverá abastecer o vale do córrego da Mata Fresca.

## 7.9 - RESERVATÓRIO DE ACUMULAÇÃO

O reservatório foi dimensionado para acumular uma reserva de água suficiente para abastecer o sistema de jusante durante 4 horas, assim:

$$\text{Volume} = 4\text{horas} \times 3,00\text{m}^3/\text{s} \times 3.600 \text{ seg./hora} = 43.200,00\text{m}^3.$$

O reservatório será formado pelo barramento do talvegue localizado no sítio denominado Lagoa dos Passa.

De acordo com as informações geotécnicas recebidas o solo encontra-se coberto de uma camada de solo argiloso de 2,00m de espessura, sob o qual se encontra rocha alterada de arenito.

A altura da barragem de maciço homogêneo será de 5,50m, entre a sua fundação na cota 30,00m e seu coroamento na cota 35,50m, enquanto que o seu comprimento será de aproximadamente 300,00m.

O nível d'água máximo será na cota 34,50m e, o mínimo, será na cota 33,50m.

Esta flutuação de 1,00m multiplicada pela área do espelho de água de aproximadamente 50.000 m<sup>2</sup> fornecerá um volume útil na ordem de 50.000,00m<sup>3</sup>.

As eventuais enchentes que possam chegar até o reservatório serão assimiladas por um extravasor de emergência, localizado no canal de adução a aproximadamente 100,00m a montante do reservatório.

## 8 - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

## 8.1 - INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentados os principais critérios de dimensionamento das estruturas de concreto componentes do projeto.

## 8.2 - DESARENADOR PRIMÁRIO

O desarenador primário foi dimensionado considerando-o como uma caixa apoiada no solo, constituída por paredes laterais e uma central, totalmente independente da soleira de nível. Suas paredes foram armadas como placas, e dimensionadas conforme “Tablas para el calculo de placas y vigas pared” de Richard Bares.

As condições de carregamento consideradas foram as seguintes:

- a) caixa vazia com o empuxo do terra externo;
- b) caixa cheia d'água, até a altura dos vertedores, sem carregamento de terra externo.

A flutuação da estrutura foi combatida com a criação de abas laterais na laje de fundo e o deslizamento, através do empuxo passivo mobilizado pela parede próxima ao rio com 1,2 m de altura na elevação 5,00 m.

Em virtude da parede central ser considerada como apoio para a laje de fundo, foi necessário acrescentar uma viga na parte superior da mesma, para travamento da estrutura.

## 8.3 - GALERIA E ESTRUTURA DE CONTROLE

A galeria, projetada para conduzir a água de limpeza do desarenador secundário até o rio Jaguaribe, foi dimensionada como um quadro enterrado. A fissuração foi limitada a 1,5 mm, por se tratar de uma estrutura hidráulica enterrada.

A estrutura de controle, inserida no trecho intermediário da galeria, foi projetada para permitir o controle da descarga de limpeza do desarenador, através de uma comporta plana. Sua fundação é direta e está ligada à galeria por meio de fugenband.

#### 8.4 - TRAVESSIA

Essa estrutura interliga a margem direita do rio Jaguaribe, com a soleira de controle de nível, no trecho da descarga de vazão da estrutura de captação de água. Foi projetada para um trem tipo TR-30, sendo dimensionada como uma laje apoiada sobre paredes de concreto, armadas como placas com engaste na laje de fundo. Esta laje foi dimensionada engastada nas paredes laterais e com um cobrimento das armaduras maior do que nos outros casos pois a mesma será submetida ao impacto da d'água descarregada pelo vertedor de segurança com crista da soleira na elevação 7,30 m.

#### 8.5 - AQUEDUTO

O aqueduto foi concebido como sendo moldado "in loco" e dimensionado como estrutura convencional com a laje de fundo apoiada nas paredes laterais, que transferem as cargas aos pilares assentados em fundação direta. A fissuração considerada neste caso foi de 1 mm por ser uma estrutura elevada e cheia d'água.

#### 8.6 - ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO

Foi verificada a estabilidade da estrutura ao deslizamento considerando o peso próprio da mesma reagindo ao esforço horizontal exercido pelo carregamento de solo e os esforços horizontais transmitidos pela linha de recalque.

Para a condição anterior foi verificada a condição de flutuação da estrutura vazia, na qual foi constatada a necessidade de colocação de drenos nas paredes e no

fundo da estrutura da entrada da estação que funcionarão como válvulas de alívio para neutralizar os efeitos da subpressão. .

## 8.7 - LINHA DE RECALQUE E CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO

Em razão da linha de recalque ser enterrada foi necessário apenas projetar os blocos de ancoragens nas suas extremidades. No início da linha o esforço é absorvido pela estação de bombeamento e na extremidade, pela caixa de tranqüilização, cujas dimensões externas foram determinadas pelo esforço proveniente da linha de recalque.

A chaminé de equilíbrio foi dimensionada como reservatório elevado, em fundação direta. Os esforços atuantes considerados foram a carga de vento e o momento devido ao esforço da tubulação.

## 9 - DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS MECÂNICOS

## 9.1 - OBJETIVO

Neste capítulo são apresentadas as condições técnicas que foram consideradas para o dimensionamento dos equipamentos mecânicos, tubulações e materiais destinados ao Projeto Jaguaribe-Icapuí.

O projeto é constituído das seguintes partes principais:

- Estrutura de Captação e Desarenador primário;
- Estrutura de Controle;
- Grades da Estação Elevatória;
- Estação Elevatória;
- Adutora de Recalque e chaminé de equilíbrio; e
- Extravasores de controle dos canais.

## 9.2 - CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS

### 9.2.1 - Estrutura de Captação com Desarenador Primário

As comportas serão do tipo duplo sentido de fluxo, em ferro fundido, seção quadrada, completas, com pedestal de acionamento com engrenagens, haste, mancais, luvas, chumbadores com porcas e arruelas etc.

- Quantidade : 3 (três ) conjuntos;
- Dimensão nominal: 1.200 x 1.200mm;
- Cota da soleira : + 3,00m;
- Cota do pedestal: + 10,00m;
- Cota do nível de água máximo de operação: + 8,00m; e
- Fabricação : De acordo com a norma AWWA C-501.

### 9.2.2 - Estrutura de Controle

Na estrutura de controle foi prevista, também uma comporta com duplo sentido de fluxo, em ferro fundido, seção quadrada, completa, com pedestal de acionamento com engrenagens, haste, mancais, luvas, chumbadores com porcas e arruelas etc.

- Quantidade: 1 ( um ) conjunto;
- Dimensões nominais: 1.000 x 1.000mm;
- Cota da soleira : + 2,70m;
- Cota do pedestal: + 10,00m;
- Cota do nível de água máximo de operação: + 8,00m; e
- Fabricação : De acordo com a norma AWWA C-501.

### 9.2.3 - Grades da Estação Elevatória

As grades projetadas para a estação elevatória são inclinadas e removíveis, apoiadas em pilares, seus painéis serão sobrepostos (inferior e superior) em cada vão, formando conjuntos de grades. A limpeza da grade será manual. O fornecimento deverá ser completo, inclusive as peças fixas, guias laterais e soleiras.

- Quantidade : 6 (seis) painéis;
- Carga de projeto: 0,25Kgf/cm<sup>2</sup>;
- Ângulo com a vertical: 5°;
- Número de pilares intermediários : 2;
- Altura do painel: aproximadamente 2.000mm;
- Largura do painel: aproximadamente: 2.650mm;
- Material básico: Aço carbono ASTM A36; e
- Peso unitário do painel: aproximadamente 900,00Kgf.

### 9.2.4 - Estação Elevatória

#### 9.2.4.1 - Comporta Ensecadeira

Serão instaladas comportas ensecadeiras para o poço de sucção de cada bomba, constituídas de painéis sobrepostos e, utilizando-se da viga pescadora e do guincho da ponte rolante para a operação de colocação e retirada dos elementos. Os painéis, quando não estiverem em uso, deverão ser colocados e armazenados nas

ranhuras das comportas de cada poço de sucção das bombas. Os painéis deverão ser iguais, intercambiáveis entre si. Deverão ser fornecidas todas as peças fixas, guias laterais, soleiras, dispositivo de calagem dos painéis etc.

- Quantidade: 4 (quatro) Painéis;
- Vão de vedação: 2.400mm;
- Altura da comporta: 2.200mm;
- Cota da soleira: + 2,00m;
- Cota do piso da Elevatória: + 13,00m;
- Cota do nível de água máximo de operação: + 7,00m;
- Cota do nível de água de inundação: + 10,00m;
- Material básico : Aço carbono ASTM A36; e
- Peso unitário do painel: aproximadamente 1.600Kgf.

#### 9.2.4.2 - Viga pescadora

É um equipamento auxiliar para colocação e retirada dos painéis nas ranhuras das comportas com o uso do ganho da ponte rolante.

- Quantidade : 1 (um) conjunto;
- Vão entre ganchos: 1.200mm;
- Largura da comporta: 2.400mm;
- Peso do painel aproximado: 1.600Kgf; e
- Material básico: Aço-carbono ASTM A36.

#### 9.2.4.3 - Ponte rolante

Será instalada uma ponte rolante do tipo univiga, na Estação Elevatória, para montagem e desmontagem dos conjuntos moto-bombas e válvulas e operação das comportas ensecadeiras dos poços de sucção das bombas. A ponte rolante deverá ser fornecida completa, com as vigas de rolamento, barras longitudinais de alimentação elétrica, peças para fixação dos trilhos, parafusos, porcas, arruelas etc.

- Quantidade : 1 (um) conjunto;
- Capacidade : 10Ton.;
- Vão da ponte: 5.250mm;
- Comprimento do caminho de rolamento: 20.600mm;
- Altura de elevação: 12,00m;
- Cota do piso da Elevatória: + 13,00m;
- Cota da viga do caminho de rolamento: + 19,00m;
- Velocidade de elevação: 4,00 a 6,00m/min;
- Velocidade de direção : 12,00 a 14,00m/min; e
- Velocidade de translação: 20,00 a 24,00m/min.

#### 9.2.4.4 - Conjunto moto-bomba

Serão instalados conjuntos moto-bomba de eixo vertical, tipo centrífuga, de fluxo radial, mono estágio, dupla sucção, adequada para instalação em poço úmido, completo, com motor de acionamento, cabeçote de descarga, suporte do motor, quadro de apoio e fixação com respectivos chumbadores, porcas e arruelas etc.

- Quantidade: 5 (cinco) conjuntos;
- Vazão : 1,00m<sup>3</sup>/s;
- Altura manométrica máxima: 40,5m.c.a.;
- Mínima: 38,5m.c.a.;
- Cota do poço de sucção: + 2,00m;
- Cota do piso da Elevatória: + 13,00m;
- Cota do tubo de recalque: + 11,00m;
- Diâmetro do tubo de recalque: 600mm;
- Motor elétrico: 600 cv;
- Alimentação elétrica: trifásico, 60Hz, 4.160V; e
- Peso aproximado do conjunto: 9.500Kgf.

#### 9.2.4.5 - Válvulas, juntas e suportes

##### ✓ Válvula Borboleta

Serão instaladas válvulas borboleta nos tubos de recalque das bombas do tipo “WAFER”, com atuador eletromecânico, completa, com par de flanges, tirantes , porcas e arruelas.

- Quantidade: 5 (cinco) conjuntos;
- Diâmetro Nominal: 600mm;
- Classe de pressão: PN 10; e
- Material básico: ferro fundido.

##### ✓ Válvula de retenção

Serão instaladas válvulas de retenção nos tubos de recalque das bombas do tipo “WAFER”, com dupla portinhola, com par de flanges, tirantes, porcas e arruelas.

- Quantidade: 5 (cinco) conjuntos;
- Diâmetro nominal: 600mm;
- Classe de pressão: PN 10; e
- Material básico: ferro fundido.

##### ✓ Junta de montagem

Serão instaladas juntas de montagem nos tubos de recalque das bombas do tipo “DRESSER“, atirantadas, completas, com tirantes, porcas e arruelas.

- Quantidade: 5 (cinco) conjuntos;
- Diâmetro nominal: 600mm;
- Classe de pressão: PN 10; e
- Material básico: Aço carbono ASTM A283 Grau D.

✓ Suportes de apoio da tubulação

Serão instalados suportes de apoio das tubulações de recalque das bombas do tipo deslizantes, instalados entre as válvulas borboletas e de retenção.

- Quantidade: 10 (dez) peças;
- Diâmetro nominal do tubo: 600mm;
- Carga vertical: 800Kgf;
- Material básico: suporte aço carbono ASTM A36; e
- Junta deslizante de teflon.

### 9.2.5 - Tubulação de recalque, Adutora e chaminé de equilíbrio

Serão instaladas tubulações de recalque embutidas no concreto e, adutora enterrada em vala com reaterro compactado, revestimento externo conforme recomendação da Norma AWWA e sistema de proteção catódica contra corrosão.

Os tubos serão fabricados com costura circular e longitudinal, ou com costuras helicoidais, nas seguintes quantidades:

Diâmetro nominal (mm)	Comprimento (m)
DN 600	15
DN 980	12
DN 1310	10
DN 1800	2.290

Singularidades:

Item (medidas em mm)	Quantidade
Curva de 45°, DN910	2
Ampliação DN 600 x DN 910	5
Ampliação DN 910 x DN 1310	2
Ampliação DN 910 x DN 1800	1

- Material básico: Aço carbono ASTM A283 grau D; e

- Espessura da chapa: 7,52mm (3/8").

#### 9.2.5.1 - Drenagem e Ventosa para adutora

Serão instaladas válvulas de drenagem da adutora no tubo de recalque das bombas, a jusante das válvulas de retenção e no ponto baixo da adutora (progressiva 1.760,00m); e válvula ventosa de tríplice função instalada no ponto alto da adutora (progressiva 1.260,00m).

##### ✓ Válvulas de drenagem do tipo gaveta

- Quantidade: 6 (seis) conjuntos;
- Diâmetro nominal: DN 100;
- Classe de pressão: PN 10;
- Extremidades: Flangeadas; e
- Material básico: ferro fundido;

##### ✓ Ventosa de tríplice função

- Quantidade: 1 (um) conjunto;
- Diâmetro nominal: DN 50;
- Classe de pressão: PN 10;
- Extremidades flangeadas; e
- Material básico: ferro fundido.

## 10 - PROJETO ELÉTRICO

## 10.1 - DESCRITIVO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

### 10.1.1 - Diagramas e Equipamentos

A estação de bombeamento é constituída por 5 (cinco) conjuntos moto-bombas com motores em 4,16 kV, de 570 kW cada.

Além destes, estão previstos equipamentos e sistemas auxiliares com necessidade de alimentação elétrica, quais sejam:

- Ponte rolante em baixa tensão (380 V) com potência estimada em 60 kW, como auxiliar a manutenção da estação;
- Iluminação em 220 V de toda área que compreende as salas elétricas e de controle, utilizando equipamentos com lâmpadas fluorescentes, e a casa de bombas juntamente com as áreas externas operacionais de circulação e pátio de manobra, com luminárias e lâmpadas de descarga a vapor de sódio de alta pressão. Potência instalada de iluminação de 3,7 kW.

Dessa forma, o sistema elétrico foi projetado para atender aos níveis de tensão de 4,16 kV e 380/220 V.

Como a tensão de alimentação da Concessionária está estabelecida em 13,8 kV, foi projetada uma subestação abaixadora com 2 (dois) transformadores secos em 13,8-4,16 kV e potência nominal de 3 MVA cada um, para força motriz, além de um transformador auxiliar em 13,8-0,38/0,22 kV, 112,5 kVA de potência, para cargas auxiliares.

A subestação de 13,8-4,16 kV é redundante no sentido de que cada transformador possui capacidade suficiente para atender todas as moto-bombas.

Conceitualmente, a instalação do ponto de vista elétrico é radial, com os seguintes equipamentos principais, na ordem:

- poste com seccionamento no limite físico da planta que caracteriza o ponto de entrega da Concessionária;
- painel de distribuição e medição (PM-100), padrão Coelce, com a função de proteção e controle dos transformadores abaixadores e totalização da demanda e energia, com vistas a faturamento;
- transformadores para média (TR-100-1 e TR-100-2) e baixa tensão (TSA-100) já citados;
- centro de controle de motores (CCM-100) em 4,16 kV para seccionamento e proteção dos ramais motores de 570 kW; e
- quadro de serviços auxiliares (QSA-100) que abrigará todos os circuitos ditos auxiliares da estação, tais como, ponte rolante, iluminação normal, ar condicionado, fontes para tensão de controle e iluminação de emergência, etc.
- Adicionalmente, estão contemplados no projeto dois equipamentos com a finalidade exclusiva de controle de grandezas elétricas. São eles;
- resistores de aterramento de 400 A (RA-1 e RA-2) nos secundários dos transformadores em 4,16 kV, para limitar as correntes de falta neste nível de tensão;
- capacitores estimados em 150 kVAR por ramal motor (CP-100-1 a CP-100-5), a fim de fornecer os reativos adequados a instalação, mantendo o fator de potência geral dentro do permitido pela legislação em vigor.

### 10.1.2 - Físico

A instalação elétrica da estação inicia-se no poste de recebimento da linha da Coelce. (Des. 12962-3400-E03-1-001).

Através de uma rede de distribuição subterrânea, com eletrodutos envelopados em concreto, os cabos alcançam a sala elétrica, estabelecida no piso superior (El. 17100) de construção anexa a casa de bombas.

Escadas para cabos, imediatamente abaixo da laje da sala elétrica, iniciam a distribuição dos cabos entre os equipamentos localizados na própria sala e entre equipamentos da sala e áreas externas, que compreendem as salas de controle, baias dos transformadores, porão, casa de bombas, pátio. (Des. 12962-3400-E04-0-003).

No que se refere as instalações de iluminação interna, os circuitos serão controlados através dos disjuntores no “QSA”, exceto nas áreas W.C., sala de controle e copa que serão controlados através de interruptores locais.

De um modo geral, as luminárias da casa de bombas deverão ser equipadas com lâmpadas a vapor de sódio de alta pressão e das salas elétricas e de controle, com lâmpadas fluorescentes.

A distribuição dos circuitos de iluminação deve ser através de perfilados ou eletrodutos de aço galvanizado. As instalações, de um modo geral, devem ser aparentes.

Para as salas elétricas, de controle e casa de bombas, foi previsto, além da iluminação normal, um sistema de emergência, com um nível de iluminamento mínimo, que permita o trânsito normal de pessoas dentro dos padrões de segurança exigidos.

O sistema de iluminação de emergência da casa de bombas deve ser provido por blocos autônomos com baterias seladas, sendo acionados automaticamente, sempre que houver falha no sistema normal. Nas salas elétricas e controle, serão utilizadas lâmpadas fluorescentes ligadas nos circuitos de uma “UPS”.

Os circuitos de iluminação externa serão compostos de disjuntores e contadores, controlados através de foto célula e está sendo prevista uma chave seletora para comando manual ou automático no “QSA”.

As áreas externa, operacionais de circulação e pátios vão ser iluminados por um sistema de luminárias à prova de tempo, equipadas com lâmpadas vapor de sódio de alta pressão, com vidro protetor, instaladas em postes metálicos, flangeados.

A sala elétrica da estação de bombeamento abrigará basicamente o painel de média tensão, o centro de controle de motores, UPS, painel de distribuição da UPS, quadro de serviços auxiliares e transformador auxiliar.

Estão sendo previstos no mínimo dois acessos na sala, um para manutenção, que permite a colocação ou retirada de equipamentos, e outra para operação. As portas de acesso serão metálicas e permitirão rápida abertura de dentro para fora da sala.

Deve haver um equipamento de ar condicionado nas salas elétricas e de controle, a fim de que a temperatura seja mantida num nível adequado aos equipamentos que abrigarão.

Contígua a sala elétrica deve haver uma sala de controle para abrigar o gabinete de um PLC, uma estação de operação e um sistema de comunicação de dados (estação de rádio).

### **10.1.3 - Proteção e Sinalização**

As atuações das proteções dos conjuntos moto-bombas serão feitas no CCM através de relés e fusíveis. Para isto, no CCM de média tensão serão utilizados relés multifunção microprocessados.

Igualmente, no painel de média tensão existem relés microprocessados para proteção da entrada, como exige a Concessionária, e dos ramais de saída.

Deverão ser previstos os seguintes sinais para alarme e registro de eventos e monitoração de estado no sistema de supervisão e controle, com interligação através de cabos, conforme detalhado para os equipamentos a seguir :

- transformadores
- temperatura alta nos enrolamentos

- painel de média tensão
  - . relé de bloqueio atuado (86)
  - . relé de sobrecorrente atuado (50/51)
  - . posição dos disjuntores
  
- CCM 4,16 kV
  - . posição das seccionadoras e contatores
  - . relé de bloqueio atuado (86)
  - . posição da chave seletora local/remoto

## 11 - SISTEMA DE CONTROLE OPERACIONAL

## 11.1 - OBJETIVO

Neste capítulo são feitas as definições básicas da concepção do sistema de controle e operação do sistema eixo de integração Jaguaribe-Icapuí as quais servirão de base para o detalhamento das especificações de compra e montagem do hardware ( instrumentação, processadores, sensores, etc.) bem como do desenvolvimento de softwares e sistema operacional de gerenciamento do sistema.

## 11.2 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O sistema foi concebido de forma a permitir a supervisão, o controle e a operação do eixo de integração Jaguaribe-Icapuí, especialmente no que diz respeito à sua finalidade, ou seja, um fornecimento ininterrupto e adequado de água aos usuários do “EIXO”.

De forma a cumprir este papel, o sistema deverá:

- Operar e gerenciar os conjuntos elevatórios;
- Produzir informações sobre o desempenho dos conjuntos elevatórios: pressão de descarga, vazão, corrente elétrica, tensão elétrica todas em função do tempo;
- Produzir informações relativas à manutenção sobre diversos itens dos conjuntos elevatórios: temperaturas de mancais, nível de lubrificação, tempo de funcionamento, alerta para execução de determinados serviços,, número de partidas, vibrações, etc.
- Operar e gerenciar as tomadas d’água;
- Produzir informações sobre os volumes entregues nas tomadas d’água bem como as vazões instantâneas;
- Medir e supervisionar os níveis no canal e reservatórios;
- Produzir cronogramas de intervenção da manutenção;
- Armazenar dados e produzir informações relativamente aos aspectos comerciais e financeiros do “EIXO”

Em função das relativas curtas distâncias envolvidas no eixo de integração Jaguaribe-Apodí, foi adotado para o sistema a transmissão via cabo envelopado, disposto ao longo de todo o canal. Justifica-se a adoção deste meio de condução de informações intra-sistema ( cabo físico envelopado -protetor contra choques mecânicos- ) pelas reduzidas distâncias entre os sistemas/pontos de informação a serem operados/adquiridas as informações além de ser o sistema que confere a mais alta confiabilidade e qualidade na transmissão de dados, pontos sobremaneira interessantes em regiões remotas. Contrariamente, a transmissão da informação por ondas de rádio, dispensando o cabo físico, acarreta a necessidade de visadas e implica portanto, na implantação de torres retransmissoras, (logicamente a depender da topografia local) , provocando, de imediato, um aumento na complexidade da operação/manutenção do sistema, bem como no seu custo de implantação. Ademais, caso o sistema retransmissor seja de responsabilidade de uma concessionária local de telefonia, ter-se-á custo de operação pelo uso do sistema de condução das informações, além do sistema ficar à mercê da eficiência e eficácia das equipes de manutenção da concessionária, freqüentemente mais versadas e mais habilitadas no trato dos problemas de manutenção de sistemas urbanos de voz e dados.

Não obstante recomendar-se a adoção do sistema físico de condução de informações em pontos de domínio do canal, deverá ser obrigatório a transmissão de dados via ondas de rádio ( por modalidade tipo celular rural ) para pontos além “ EIXO DE INTEGRAÇÃO JAGUARIBE-ICAPUÍ “ , como por exemplo, ao escritório geral da empresa administradora do sistema, localizado em cidades vizinhas ou em Fortaleza, e às empresas e instituições governamentais outorgantes da água, com escritórios na capital do Estado do Ceará.

De maneira mais específica o sistema deverá estar dimensionado de forma a permitir a execução das seguintes tarefas:

- Ligar e desligar as bombas;
- Operar as tomadas de água;
- Operar a sub-estação abaixadora de tensão;

- Operar o quadro de comando dos motores elétricos;
- Operar – abrir / fechar - as válvulas de recalque dos conjuntos elevatórios;
- Gerar informações instantâneas e ao longo de um determinado intervalo de tempo sobre o nível do reservatório ;
- Gerar informações instantâneas e ao longo de um determinado intervalo de tempo sobre as variáveis do quadro de comando e controle de motores elétricos;
- Gerar informações instantâneas e ao longo de um determinado intervalo de tempo sobre os níveis em diversos pontos do canal;
- Gerar informações instantâneas e ao longo de um determinado intervalo de tempo sobre o débito de água promovido por cada uma das tomadas típicas de água;
- Gerar informações instantâneas e ao longo de um determinado intervalo de tempo sobre o nível do poço de sucção de cada uma das bombas;
- Gerar informações instantâneas e ao longo de um determinado intervalo de tempo sobre as pressões desenvolvidas por cada uma das bombas;
- Gerar informações instantâneas e ao longo de um determinado intervalo de tempo sobre as temperaturas dissipadas pelos mancais dos motores elétricos e das bombas;
- Gerar informações instantâneas e ao longo de um determinado intervalo de tempo sobre as vibrações encontradas nos mancais dos motores elétricos e das bombas;
- Gerar informações instantâneas e ao longo de um determinado intervalo de tempo sobre a tensão elétrica existente na caixa de ligação dos motores elétricos;
- Gerar informações instantâneas e ao longo de um determinado intervalo de tempo sobre a corrente elétrica solicitada pelos motores elétricos;
- Gerar informações instantâneas e ao longo de um determinado intervalo de tempo sobre as vazões entregues pela casa de bombas;
- Gerar informações ao longo de um determinado intervalo de tempo sobre os volumes entregues pela casa de bombas;
- Gerar relatórios e cronogramas de manutenção preventiva;
- Gerar relatórios de intervenções de manutenção corretiva;

- Gerar folhas de dados para apuração de custos da manutenção;
- Gerar relatórios de custos gerais do sistema – custos de operação, manutenção e despesas indiretas;
- Gerar relatórios de cadastro de todos os fornecedores do “EIXO” ;
- Gerar cadastro de pessoal próprio do “EIXO” ;
- Gerar relatórios de cadastro de todos os usuários do “EIXO” ;
- Gerar alarme para situações de anormalidade;
- Gerar cópias de segurança de maneira automática;
- Gerar faturamento pela venda da água;

O sistema deverá incorporar ainda as seguintes propriedades:

- Operar o sistema independentemente da presença ou não de profissionais operadores;
- Ser modular e ter flexibilidade para expansões futuras;
- Ter conectividade com outros sistemas de controle e sistemas corporativos, via cabo telefônico ou sistema celular rural;
- Ser capaz de desenvolver tarefas de operação, controle, monitoração e simulação de forma simultânea;
- Ser capaz de receber dados remotamente;

### 11.3 - PARTES INTEGRANTES DO SISTEMA

#### 11.3.1 - CCOS – Centro de Controle e Operação do Sistema

O CCOS será a estação de execução, controle e supervisão de todo o sistema, com instalação a ser feita na casa de bombas, ela é capaz de gerar, processar e transmitir dados e informações advindas dos diversos pontos monitorados. O CCOS terá ainda a função de executar a operação do sistema, pelo comando e supervisão dos conjuntos elevatórios e dados de vazão das tomadas de água e nível de reservatório e poço de sucção.

As telas de saída do sistema “ front-ends” deverá primar pela simplicidade, objetividade e densidade de informações, sendo recomendável a utilização massiva de

gráficos e ícones representativos da situação monitorada. Além de “front-ends” para informações de saída, o sistema deverá prover, também, “front-ends” para entrada de dados e coleta de informações.

### 11.3.2 - Sensores Remotos

Os sensores remotos são basicamente constituídos de :

- Medidores de nível – baseados na tecnologia do ultrassom , de excelência na medição de níveis tanto de águas limpas como em águas brutas, como é o caso do reservatório e dos poços de sucção de cada uma das bombas;
- Medidores de vazão – baseados na tecnologia de medidores de vazão magnéticos, de excelência na medição de águas brutas e, para o caso em questão, de controle e operação automáticos de sistemas, por produzir um sinal eletrônico de saída, alimentando portanto sistemas especialista. Serão empregadas nas tomadas típicas de água e no sistema como um todo, na tubulação de recalque geral, na saída da casa de bombas;
- Sensores de vibração dos mancais das bombas e motores elétricos;
- Sensores de temperatura dos mancais das bombas e motores elétricos;
- Sensores de tensão elétrica;
- Sensores de corrente elétrica;
- Sensores de pressão hidráulica;

### 11.3.3 - Modo de Comunicação de Dados

O trânsito de dados inter-sistema será feito através de um cabo físico convenientemente disposto ao longo de todo o canal e da casa de bombas. A alimentação de energia será da concessionária de energia elétrica devendo no entanto contar com sistema de “no-break”, dimensionado de forma conveniente a não ser interrompida as tarefas de operação, controle monitoramento, geração de relatórios e armazenamento de dados e informações por eventual ausência de energia da empresa fornecedora de energia elétrica.

Como já dito anteriormente o sistema deverá ser capaz de enviar dados e informações previamente definidos e formatados à distância, utilizando-se para isto de modem telefônico, operado por sistema de telefone celular rural.

#### **11.3.4 - Quadros Elétricos**

Todos os quadros elétricos abaixo mencionados deverão ser adequados a interagir com o CCOS, de tal forma haver interatividade entre os sistemas:

- Quadro de comando e proteção dos conjuntos moto-bombas;
- Sistema de comando e proteção dos sensores de nível, vazão, pressão, temperatura, vibração, tensão e corrente elétrica;
- Quadros e equipamentos auxiliares, “no-break”, quadros de medição;
- Quadros e painéis de transmissão de dados;

#### **11.3.5 - Alimentação reserva de energia elétrica**

O “ EIXO DE INTEGRAÇÃO JAGUARIBE-ICAPUÍ “ deverá ser dotado de sistema de alimentação independente de energia elétrica para operação em caso de falta de energia no local, colocando o mesmo em condição de segurança e informando à estação central do ocorrido. Para isto deve ser previsto um no-break com autonomia de pelo menos 30 minutos e com potência elétrica aparente compatível com a carga demandada pelo sistema completo.

### **11.4 - VARIÁVEIS TÉCNICAS OPERACIONAIS CONSIDERADAS**

#### **11.4.1 - Vazão**

As medições das vazões permitem que seja feita uma avaliação dos consumos tanto total, como setorial, de forma a se conhecer a intensidade de uso da água bem como avaliar o balanço de produção.

As informações a serem geradas deverão ser pelo menos as seguintes:

- Vazão instantânea em m<sup>3</sup>/s, nas bombas e em cada tomada de água típica;
- Volume totalizado no período ( hora /dia / mês ) em m<sup>3</sup>;
- Vazão média horária em m<sup>3</sup>/s;
- Curvas de tendência do consumo;
- Detecção de vazamentos;

#### 11.4.2 - Nível

A medição dos níveis do reservatório e poços de sucção permite a obtenção das seguintes informações:

- Nível e constância do suprimento de água no canal de aproximação;
- Gráfico ao longo do dia/ mês em metros;
- Comando dos conjuntos elevatórios;
- Utilização de água a jusante do reservatório R1;

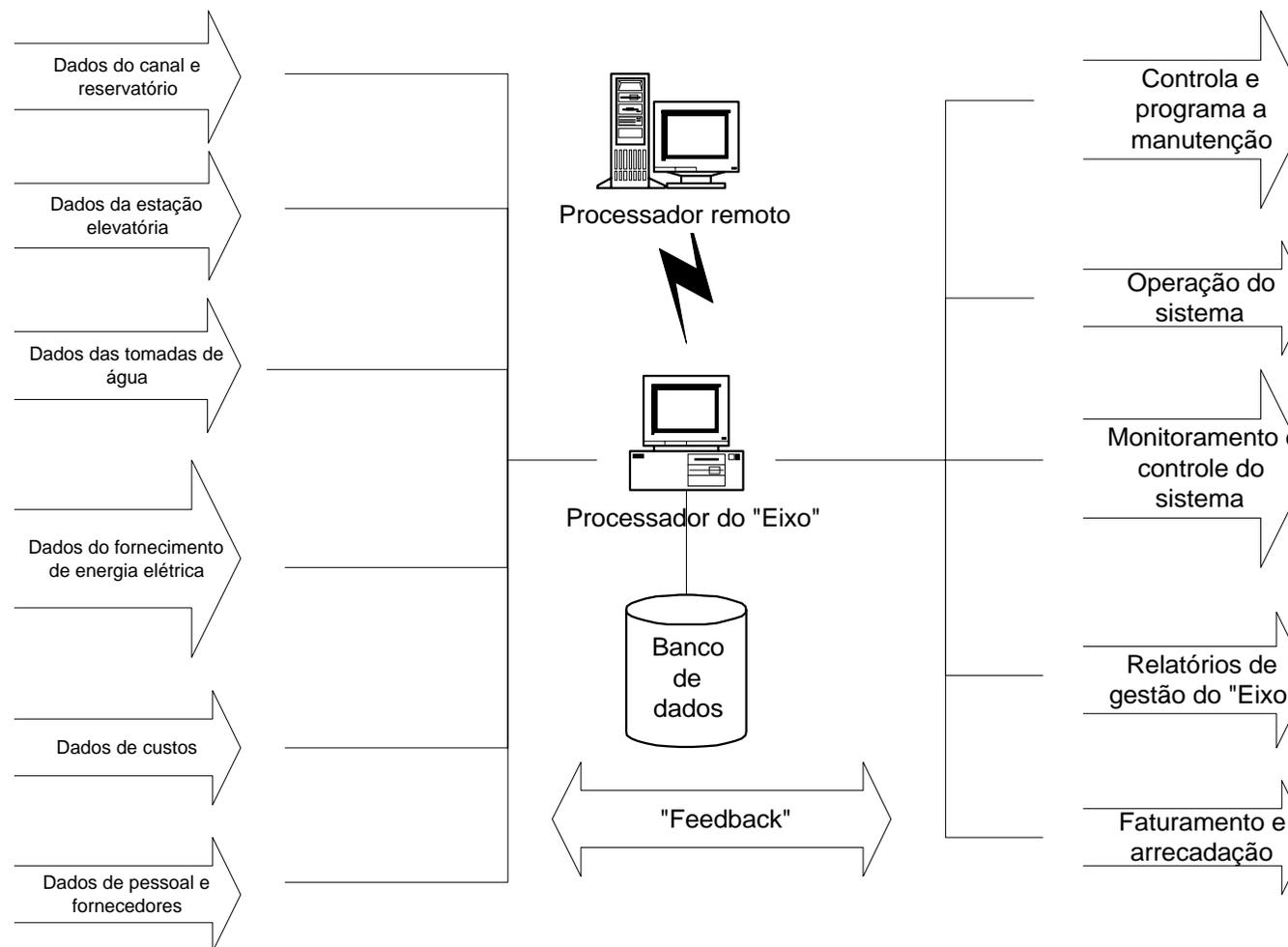
#### 11.4.3 - Pressão

- Pressões instantâneas em Bar;
- Gráficos de pressões ao longo do dia/ mês;
- Alarmes para quebras na adutora;
- Autorização de comando de abertura das válvulas de recalque dos conjuntos elevatórios;
- Comando dos conjuntos elevatórios;

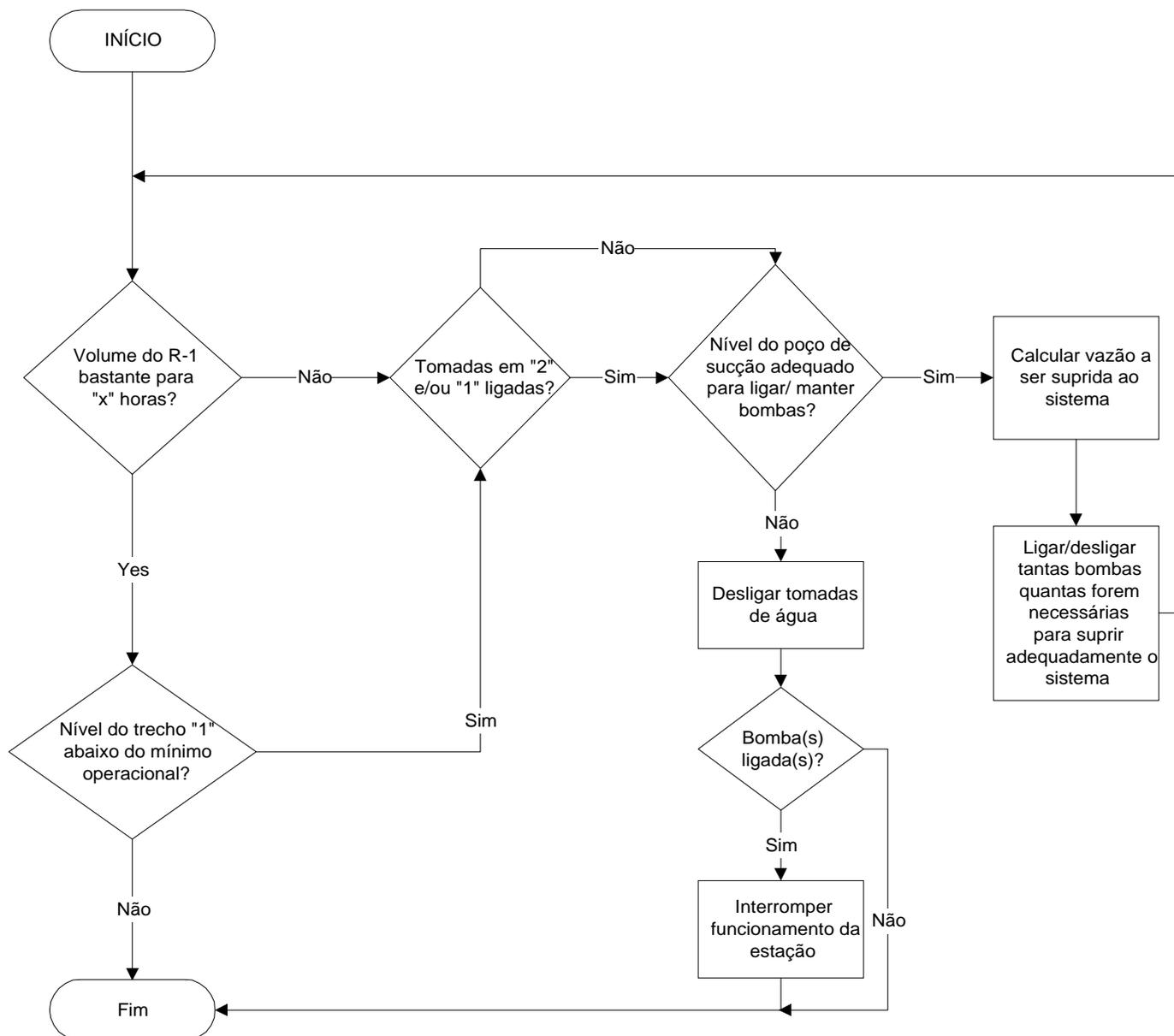
#### 11.4.4 - Vibração, tensão elétrica, corrente elétrica, temperatura

Deverão ser fornecidas de modo instantâneo e nas seguintes unidades:

- Temperatura= ° C
- Vibração = Hz
- Corrente elétrica = A
- Tensão elétrica = V



**Figura 11-1 Esboço geral do “Sistema de Controle e Operação do Eixo de Integração Jaguaribe-Icapuí “**



**Figura 11-2 – Lógica do Macro Sistema Operacional do “ EIXO DE INTEGRAÇÃO JAGUARIBE-ICAPUI “**

## 12 - ESTIMATIVA DE CUSTOS

A estimativa de custos para implantação do projeto é de R\$ 32.081.669,92 sem considerar o BDI e de R\$ 44.914.337,88 considerando um BDI de 40%.

A título de comparação com um projeto de irrigação, se for considerada a área total de 7.000 ha, passível de ser irrigada pela capacidade do sistema de 5 m<sup>3</sup>/s, o custo por ha é de cerca de R\$ 6.400,00/ha, considerando o valor total com o BDI de 40%. Este valor está dentro dos padrões conhecidos para sistemas de adução em perímetros de irrigação.

O quadro abaixo apresenta um resumo do orçamento por obra.

3100	SOLEIRA DE NÍVEL	1.748.369,05
3200	DESARENADOR PRIMÁRIO	365.577,78
3310	CANAL DE APROXIMAÇÃO	2.442.823,70
3320	CANAL DE ADUÇÃO	5.285.628,32
3320	CANAL DE DISTRIBUIÇÃO	6.999.999,72
3340	OBRAS NO CANAL DE ADUÇÃO	954.467,72
3400	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA	2.914.270,72
3500	ADUTORA	4.988.341,96
3600	RESERVATÓRIO	307.615,90
4000	DRENAGEM DO CANAL DE ADUÇÃO	1.458.059,33
5000	SISTEMA DE CONTROLE OPERACIONAL	700.000,00
<b>SUBTOTAL</b>		<b>28.165.153,70</b>
<b>IMPREVISTOS</b>		<b>433.320,89</b>
<b>SUBTOTAL</b>		<b>28.598.474,59</b>