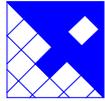




**MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL  
SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA**



**INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**



*FUNCATE - Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais*



**PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE  
ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA  
O NORDESTE SETENTRIONAL  
PROJETO BÁSICO**

**TRECHO II – EIXO NORTE  
R1 – DESCRIÇÃO DO PROJETO**



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

---



*FUNCATE - Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais*

### **TRECHO II – EIXO NORTE R1 – DESCRIÇÃO DO PROJETO**

# **PROJETO TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL**

## **MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL**

### **Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica**

**Ministro de Estado da Integração Nacional: Fernando Luiz Gonçalves Bezerra**

Secretário de Infra-Estrutura Hídrica: Rômulo de Macedo Vieira

Coordenador Geral: João Urbano Cagnin

### **INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**

Diretor Interino: Volker W. J. H. Kirchoff

### **FUNCATE – Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais**

Gerente: José Armando Varão Monteiro

Coordenador Técnico: Antônio Carlos de Almeida Vidon

Coordenador Técnico Adjunto: Ricardo Antônio Abrahão

Brasília, dezembro de 2001

Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais - FUNCATE

Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional; Trecho II – Eixo Norte – R1 – Descrição do Projeto. – São José dos Campos: Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais – FUNCATE, 2001. 27p

1. Transposição de Águas
- I. Trecho II – Eixo Norte – R1 – Descrição do Projeto

CDU 556.5

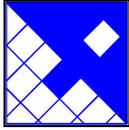
FUNCATE:

Av. Dr. João Guilhermino, 429, 11º Andar – Centro

São José dos Campos – SP

CEP: 12210-131

Telefone: (0XX 12) 325 1399 Fax: (0XX 12) 341 2829



**FUNCATE**

**Fundação de Ciência,  
Aplicações e Tecnologia  
Espaciais**

Projeto	Data
Verificação	Data
Aprovação	Data
Aprovação	Data
Código FUNCATE EN.B/II.RF.GR.0001	Data

Rev.	Data	Folha	Descrição	Aprovação	FUNCATE	
					Data	Aprovação

**PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS  
DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O  
NORDESTE SETENTRIONAL  
*PROJETO BÁSICO***

**TRECHO II - EIXO NORTE  
R1 - DESCRIÇÃO DO PROJETO**

# PROJETO TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL

## Equipe

*José Armando Varão Monteiro: Gerente*

*Antônio Carlos de Almeida Vidon: Coordenador Técnico*

*Ricardo Antônio Abrahão: Coordenador Técnico Adjunto*

***Akira Ussami: Chefe da Equipe de Geotecnia:***

*Geverson Luiz Machado – Engenheiro Civil*  
*Gislaine Terezinha de Matos – Engenheira Civil*  
*Newton Bitencourt Santos – Engenheiro Civil*

***Nobutugu Kaji: Chefe da Equipe de Geologia***

*Aloysio Accioly de Senna Filho – Geólogo*  
*Fábio Canzian – Geólogo*  
*José Frederico Büll – Geólogo*  
*Wilson Roberto Mori – Geólogo*  
*Fernando Bispo de Jesus – Técnico de Campo*  
*José Antonio Santos Subrinho – Técnico de Campo*

***Anibal Young Eléspuru: Chefe da Equipe de Hidráulica e Hidrologia***

*Giovanni Magnus Dantas Amaro – Engenheiro Civil*  
*Rafael Guedes Valença – Engenheiro Civil*  
*Sérgio Bianconcini – Engenheiro Civil*

***José Carlos Degaspere: Chefe da Equipe de Estrutura***

***José Ricardo Junqueira do Val: Chefe da Equipe de Orçamento e Planejamento***

*Roberto Lira de Paula – Engenheiro Civil*

***Ricardo Carone: Chefe da Equipe de Engenharia Mecânica***

***Sidnei Collange: Chefe da Equipe de Engenharia Elétrica***

***Sandra Schaaf Benfica: Chefe da Equipe de Produção***

*Aleksander Szulc – Projetista*  
*Antonio Muniz Neto – Projetista*  
*Carla Costa R. Pizzo Atvars – Projetista*  
*Florencio Ortiz Martinez – Projetista*  
*João Luiz Bosso – Projetista*  
*Leandro Eboli – Projetista*  
*Rubens Crepaldi – Projetista*  
*Ricardo Sanches – Desenhista*  
*Mônica de Lourdes Sampaio – Auxiliar Técnica*

### **Infra Estrutura e Apoio**

*Ana Julia Cristofani Belli – Secretária*  
*Maria Luiza Chiarello Miragaia – Secretária*  
*Célia Regina Pandolphi Pereira – Assistente Adm. Especializada*  
*Carlos Roberto Leite Marques – Assistente Administrativo*  
*Juliana Cristina Ribeiro da Silva – Técnica de Informática*  
*Jacqueline Oliveira de Souza – Auxiliar Administrativo*  
*Marcelo Pereira Almeida – Auxiliar Administrativo*  
*Priscila Pastore M. dos Santos – Auxiliar Administrativo*  
*Juliano Augusto do Rosário – Mensageiro*  
*Maria Aparecida de Souza – Servente*

### **Consultores**

*Francisco Gladston Holanda*  
*Luiz Antonio Villaça de Garcia*  
*Luiz Ferreira Vaz*  
*Nick Barton*



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

### APRESENTAÇÃO

O presente documento se constitui no Relatório R1 – DESCRIÇÃO DO PROJETO, parte integrante do **Projeto Básico do Trecho II – Eixo Norte**, referente ao PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL, elaborado pela FUNCATE através do contrato INPE/FUNCATE nº 01.06.094.0/99.

O Projeto de Transposição está sendo desenvolvido com base no Convênio nº 06/97-MPO/SEPPE – celebrado entre o MINISTÉRIO DE INTEGRAÇÃO NACIONAL-MI e o MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA-MCT e seu INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS-INPE.

O **Projeto Básico do Trecho II – Eixo Norte** compõe-se dos seguintes relatórios:

- R1 Descrição do Projeto
- R2 Critérios de Projeto
- R3 Sistemas de Adução e Geração nos Reservatórios Jati e Atalho
- R4 Sistema Adutor – Canais, Aquedutos, Tomadas de Usos Difusos, Túneis e Estruturas de Controle
- R5 Barragens e Vertedouros
- R6 Bases Cartográficas
- R7 Sistema de Drenagem
- R8 Geologia e Geotecnia
- R9 Estudos Hidrológicos e Sedimentológicos
- R10 Sistemas de Supervisão, Controle e Telecomunicações
- R11 Modelo Hidrodinâmico e Esquema Operacional
- R12 Sistema Elétrico
- R13 Canteiros e Sistema Viário
- R14 Cronograma e Orçamentos
- R15 Dossiê de Licitação
- R16 Memoriais de Cálculo
- R17 Caderno de Desenhos



ÍNDICE	PG
1 . OBJETO E OBJETIVO.....	1
2 . LOCALIZAÇÃO.....	1
3 . HISTÓRICO.....	1
3.1 Síntese.....	1
3.2 Estudos Anteriores.....	5
4 . ESTUDOS DE TRAÇADO.....	6
4.1 Região dos Porcos.....	7
4.2 Região de Morros.....	9
5 . DESCRIÇÃO GERAL E OPERAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO - EIXO NORTE – TRECHO II.....	11
5.1 Descrição Geral.....	11
5.2 Adaptação da Barragem Atalho.....	12
5.3 Tomada D'Água em Jati.....	12
5.4 Túnel Adutor Jati.....	16
5.5 Válvulas Dispensoras e Canal.....	16
5.6 Tomada D'Água em Atalho.....	17
5.7 Túnel Adutor Atalho.....	18
5.8 Válvulas Dispensoras.....	19
5.9 Reservatório e Dique dos Porcos.....	19
5.10 Vertedor dos Porcos.....	20
5.11 Tomada d'água dos Porcos.....	21
5.12 Estrutura de controle entre os reservatórios dos Porcos e Cana Brava.....	22
5.13 Reservatório Cana Brava.....	22
5.14 Canal entre Cana Brava e do Cipó.....	22
5.15 Reservatório do Cipó.....	22
5.16 Vertedor dos reservatórios Cana Brava – do Cipó – do Boi (Vertedor do Cipó).....	23
5.17 Canal entre Reservatório do Cipó e Reservatório do Boi.....	23
5.18 Reservatório do Boi.....	23
5.19 Vertedor do reservatório Cana Brava – do Cipó – do Boi (Vertedor do Boi).....	24
5.20 Estrutura de Saída.....	24
5.21 Canal entre reservatório do Boi e aqueduto do Boi.....	24
5.22 Aqueduto do Boi.....	24
5.23 Canal entre aqueduto do Boi e aqueduto Pinga.....	26
5.24 Aqueduto Pinga.....	26
5.25 Canal entre aqueduto Pinga e aqueduto Catingueira.....	26
5.26 Aqueduto Catingueira.....	26
5.27 Canal entre aqueduto Catingueira e galeria Sobradinho.....	26
5.28 Galeria Sobradinho.....	26
5.29 Canal entre galeria Sobradinho e túnel Cuncas.....	26
5.30 Túnel Cuncas.....	26
5.31 Canal entre o túnel Cuncas e o reservatório de Morros.....	27
5.32 Reservatório de Morros.....	27
5.33 Canal até o Reservatório Cuncas.....	27



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

---

5.34 Reservatório Cuncas .....	27
6 . DESCRIÇÃO GEOMÉTRICA DO TRECHO II .....	28



### 1 . OBJETO E OBJETIVO

O objeto deste relatório é o Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional e o seu objetivo é a descrição geral do sistema no Trecho II, Eixo Norte.

### 2 . LOCALIZAÇÃO

O Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco – Eixo Norte - localiza-se nos Estados do Ceará e da Paraíba, desenvolvendo-se a partir do Reservatório de Jati, no município de Jati no Ceará, em direção ao município de São José de Piranhas, na Paraíba, atravessando a divisa com o Estado da Paraíba no túnel Cuncas, tendo uma extensão horizontal de 101,38 km até o ponto de entrega no Reservatório Cuncas, na Paraíba.

O marco zero do eixo do sistema adutor do Trecho II encontra-se no eixo da tomada d'água (Barragem Jati), nas coordenadas UTM Norte 9.148.197,06 e Leste 499.718,84. Note-se que a Barragem Jati e o vertedor respectivo pertencem ao Trecho I, não sendo escopo de desenvolvimento deste projeto. O último marco do eixo, na entrada do Reservatório Cuncas, tem coordenadas UTM Norte 9.160.939,667 e Leste 515.379,799.

O desenvolvimento esquemático do eixo em planta e perfil encontra-se nas figuras 2.1 e 2.2.

### 3 . HISTÓRICO

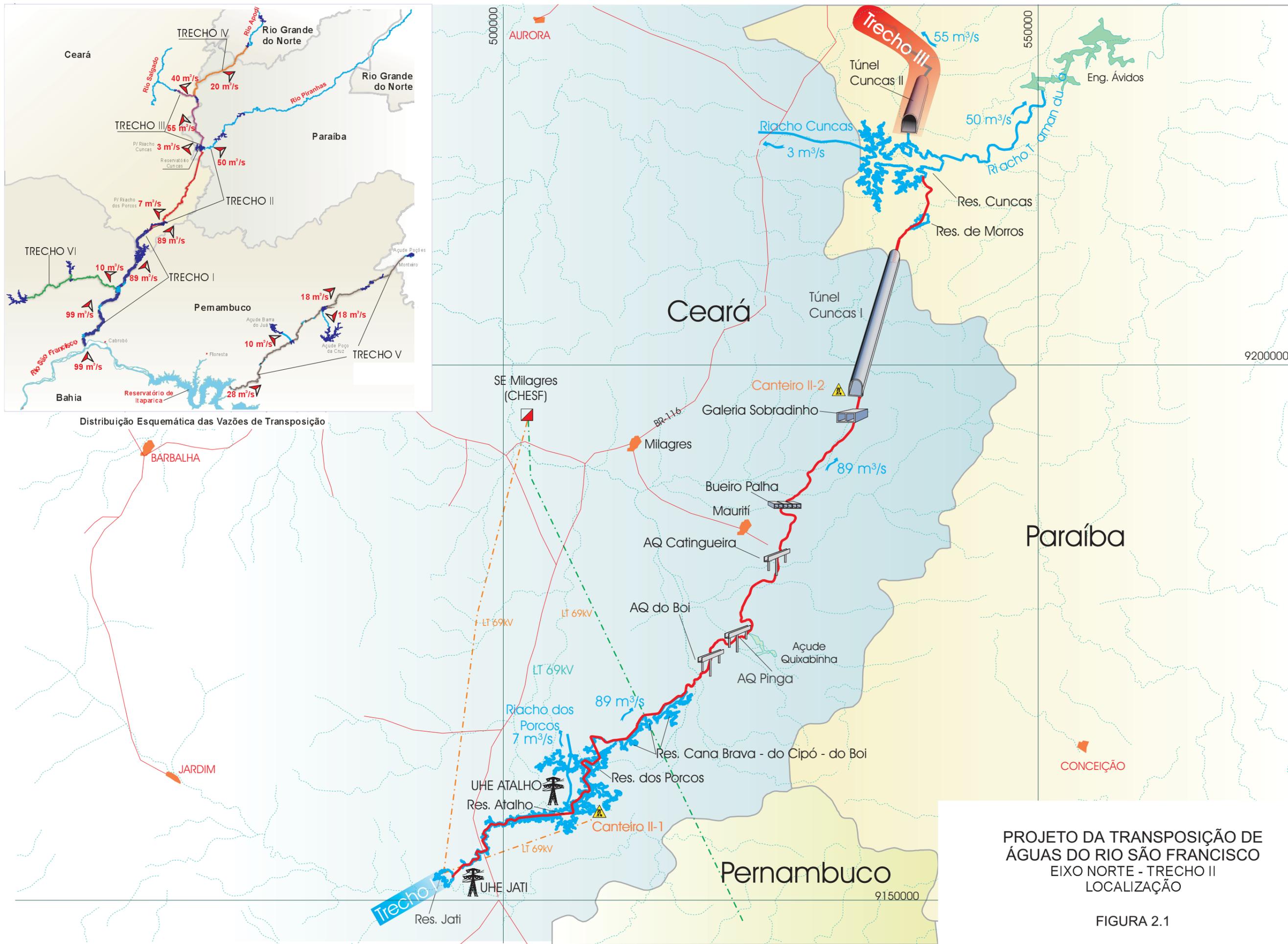
#### 3.1 Síntese

As cogitações acerca da transposição das águas do rio São Francisco praticamente datam da formação do Estado Nacional.

Com efeito, o drama social resultante das secas periódicas que afetam a região do semi-árido nordestino começou a ser sentido com o afluxo da população que nele veio a se instalar a partir do descobrimento do país. Crônicas e documentos oficiais do período colonial relatam a gravidade do problema e descrevem o início das migrações de flagelados em busca de trabalho em outras regiões não afetadas pelo fenômeno. Na época, além das migrações, teve início o que hoje se denomina fase humanitária, cujo pensamento dominante era salvar o flagelado da fome. Assim, na seca de 1.721 a 1.727, a Coroa Portuguesa enviou três navios de mantimentos, determinando que todo aquele que recebesse alimento deveria ser recrutado para trabalhos de melhoramento das vilas, dando início à distribuição de cestas básicas e formação das frentes de trabalho ou de emergência, esquema que perdura até hoje, com poucas modificações.

A busca científica de soluções para controlar os efeitos devastadores das secas periódicas que assolam a região teve início durante o Período Imperial (1.822-1.889), onde teve importância a criação, em 1.838, do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro. Uma fase de reconhecimento praticamente começou com a primeira missão da sua Comissão Científica de Exploração-Geológica e Mineralógica, Botânica, Zoológica, Astronômica e Geográfica, Etnográfica e Narrativa da Viagem que, em 1.859, se dirigiu à Província do Ceará, onde se dizia existirem grandes jazidas de metais preciosos em suas montanhas. Embora as secas estivessem distantes das cogitações da Comissão, uma vez concluída sua missão, as recomendações do seu chefe, Barão de Capanema, vieram a destacar a necessidade de melhoria dos meios de transporte e de armazenamento de água - construção de 30 açudes e abertura de um canal ligando o rio São Francisco (perene) ao Jaguaribe (este referido como o maior rio seco do mundo).

Antes disso, o flagelo climático já era considerado um problema nacional, de tal forma que nas instruções baixadas a 8 de abril de 1.857, assim como nas aprovadas a 25 de janeiro de 1.859,



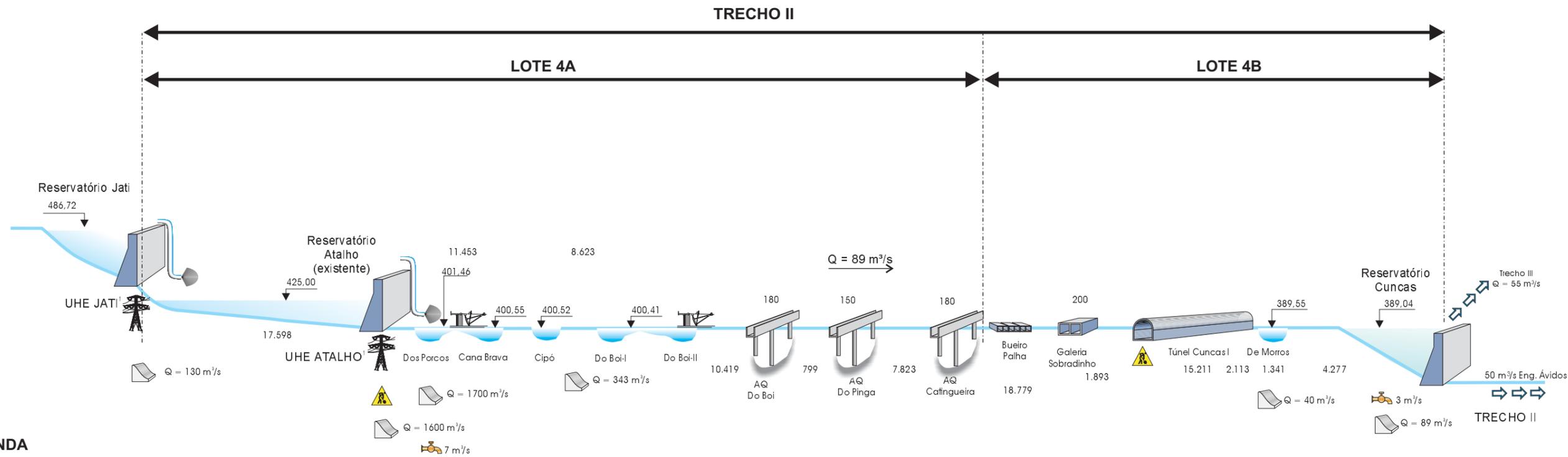
PROJETO DA TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO  
EIXO NORTE - TRECHO II  
LOCALIZAÇÃO

FIGURA 2.1

**QUADRO RESUMO**

Vazão (m³/s)	Extensões (m)					Níveis d'água (msnm)		Desnível (m)	OBS.
	Total	Reservatórios futuros	Canais *	Túnel **	Aqueduto	Início	Fim		
89	105.510	34.356	46.058	15.411	510	425,00	389,04	35,96	

\* incluindo as transições  
 \*\* incluindo a galeria



**LEGENDA**

- Canteiros
- Vertedouro
- Tomada d'água de usos difusos
- Comportas
- Estradas Pavimentadas
- Adutoras com válvulas dispersoras

1- As usinas hidrelétricas de Jati e Atalho, de acordo com a evolução do cenário de tarifas proposto, só se tornam viáveis em 2011 e 2014, respectivamente quando, então, entrarão em operação..

**PROJETO DA TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO  
 EIXO NORTE - TRECHO II  
 CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS**

FIGURA 2.2



recomenda-se que, “nos lugares em que seque os rios ou sujeitos ao flagelo das secas, procedam-se às sondagens indicativas para a abertura de poços artesianos”.

Não obstante, esta fase de reconhecimento caracteriza-se pela realização dos primeiros levantamentos objetivando a implantação de obras - açudes, estradas e perfuração de poços, principalmente. Na seca de 1.846, o Governo Provincial do Ceará foi autorizado a criar a empresa Ceará Water Supply Co, a qual contratou a firma Armstrong & Sons Drillers, do Texas-USA, para perfurar poços artesianos para abastecimento da cidade de Fortaleza, cujas cacimbas e riachos haviam secado. A empreitada resultou num fiasco, tendo em vista que os três poços perfurados não resultaram ser artesianos e, com o retorno das chuvas, as cacimbas voltaram a ser utilizadas para abastecimento. Por sua vez, a construção do primeiro açude, o do Cedro em Quixadá, teve início em 1884, mas os trabalhos tiveram um desenvolvimento muito irregular, assim como as chuvas, e só foram concluídos em 1906, ou seja, 22 anos depois.

Na Primeira República (1.889-1.930), as sucessivas secas (1.900, 1.902, 1.907/1.908) institucionalizaram definitivamente a necessidade da intervenção do poder público como resposta orgânica ao desafio incessante do flagelo que atingia a população do semi-árido. Esta fase inicia-se com a criação da Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS-Decreto 7.619, de 1.909). Foram contratados especialistas estrangeiros para realizar os primeiros estudos das águas subterrâneas do Nordeste, elaborando-se o mapa referente ao canal São Francisco-Jaguaribe, em 1.913. O IOCS atravessou os impactos climáticos de 1.915 e teve a sua denominação alterada para Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas, IFOCS, na seca de 1.919 (Dec. 13.687 –1.919). Esta nova agência passou a considerar o problema das secas numa visão geográfica muito ampla, com desenvolvimento de trabalhos pioneiros de Geologia, Hidrogeologia, Meteorologia, Botânica, Cartografia etc.

No final do Estado Getulista (1.930-1.945), pelo Decreto-Lei Nº 8.486, de 28.12.45, a IFOCS é reorganizada, passando a denominar-se Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS).

As secas periódicas - menos intensas a cada 5-6 anos e mais graves e extensas a cada 10-11 anos - que ocorrem na região têm sido enfrentadas pelo DNOCS, destacando-se as seguintes alternativas de soluções:

- solução hidráulica, ou hídrica, aconselhada pela engenharia civil, resultando na perfuração de dezenas de milhares de poços e construção de milhares de açudes públicos e privados;
- solução florestal, resultando nas tentativas de reflorestamento sistemático e intensivo de muitas áreas seriamente degradadas;
- solução do solo (*dry farming*) - lavoura seca e culturas de vazantes;
- solução pela provocação de chuvas artificiais e previsão do tempo, ambas iniciativas especulativas, improvisadas e empíricas, devido à falta de estudos de longo prazo e sistemáticos;
- solução da irrigação, onde os agricultores, na sua maioria absoluta, não são adequadamente treinados nos conceitos que regem a boa técnica de irrigar, predominando o fornecimento de água em excesso no intuito de irrigar melhor. Lamentavelmente, as elevadas taxas de evaporação da água assim espalhada engendraram processos de salinização e o aparecimento de pragas que reduzem a produtividade e qualidade dos produtos agrícolas e, a solução de irrigação social, onde prevaleceu (até recentemente) a tese de que o caráter social do investimento público teria obrigatoriamente como prioridade pessoas situadas abaixo do nível de pobreza e para produção de subsistência, modelo que reproduz as condições de miséria, desemprego e êxodo rural crescentes. Nessa abordagem, não foi considerado que melhorias sociais também poderiam ser alcançadas no



âmbito da economia de mercado, com proposta ancorada em empresas capazes de irrigar produtos nobres, com alta tecnologia e produtividade, abrindo as portas dos mercados nacionais e externos, criando emprego digno e apoiando pequenos produtores (produção integrada).

A SUDENE, criada em 1.958, representou um esforço de mudança destas práticas assistencialistas e da construção desmesurada de açudes sem critérios hidrológicos ou de uso, ou na perfuração empírica e improvisada de poços. Buscou-se uma ação mais duradoura de desenvolvimento planejado fundamentada no conhecimento dos potenciais hídricos, em geral, e da água subterrânea, em particular, do Nordeste.

Não obstante tais intenções e todas as ações desenvolvidas, a distribuição de cestas básicas e a formação das frentes de trabalho ou de emergência, infelizmente, perpetuam-se até hoje, acrescidas da distribuição de água através de caminhões-pipa e trens-de-água para um número muito grande de municípios.

### **3.2 Estudos Anteriores**

A idéia da transposição de águas do rio São Francisco já foi objeto de vários estudos. Muitos esquemas foram propostos, mas todos tiveram caráter preliminar, por carecerem de um maior embasamento técnico-científico.

Pode-se afirmar que os primeiros estudos realizados em nível técnico adequado às dimensões de um empreendimento de tal magnitude foram os promovidos pelo DNOS - Departamento Nacional de Obras de Saneamento, a partir de 1.981.

Nessa ocasião foi contratado com o Consórcio Noronha-Hidroterra um anteprojeto de engenharia para estudar a derivação de água do rio São Francisco para regiões semi-áridas do Nordeste e, com o PROJETO RADAMBRASIL, um reconhecimento mais detalhado de solos e classificação de terras para irrigação, em áreas selecionadas a partir de estudos realizados anteriormente.

Estes estudos mostraram a viabilidade técnico-econômica da transposição como uma alternativa estrutural para irrigação e abastecimento de uma ampla região do semi-árido nordestino.

Visando completar as estimativas preliminares e as possibilidades técnicas com dados econômicos e sociais mais aprofundados, o DNOS contratou ao Consórcio Hidroservice-PRC Engineering a realização de estudos para aproveitamento integrado dos recursos de água e solos do semi-árido nordestino, levando em consideração os recursos hídricos a serem transpostos a partir do rio São Francisco. A este consórcio, aliou-se uma equipe do USBR-United States Bureau of Reclamation, resultando na elaboração do documento denominado "Plano de Ação para Irrigação do Semi-Árido complementada com águas do São Francisco".

Os estudos também concluíram que o projeto de irrigação do Nordeste Semi-Árido, contando com a transposição de águas do São Francisco, era uma alternativa com validade técnica, econômica, social e financeira para o desenvolvimento dessa região. Ao mesmo tempo, indicaram uma série de medidas a serem adotadas nos programas de estudos, projetos e implantações de obras, nas etapas subseqüentes do projeto de transposição.

Em decorrência de alterações ocorridas na estrutura administrativa do país na primeira metade dos anos 90, onde se inseriu a extinção do DNOS, cujas atribuições foram pulverizadas entre organismos estaduais e federais que atuam em áreas similares, o projeto de transposição sofreu solução de continuidade.

Assim, não obstante o projeto tivesse sua viabilidade confirmada pelos estudos citados acima, e que foram plenamente concluídos e aprovados até meados de 1.987, somente em julho de 1994 o então Ministério da Integração Regional, através de sua Secretaria de Irrigação, lançou uma licitação pública para a elaboração do projeto básico da transposição.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

---

Tendo motivos legais impedindo a efetivação desta concorrência, o Ministério decidiu assumir a tarefa através de administração direta. Para tanto, mobilizou equipes técnicas próprias e de outros ministérios e de órgãos estaduais diretamente interessados no projeto.

Os estudos, efetuados até o nível de projeto básico, foram realizados a partir da documentação gerada pelo anteprojeto desenvolvido pelo Consórcio Noronha-Hidroterra, complementados por novos e mais detalhados estudos topográficos e geotécnicos.

O projeto compreendeu os sistemas de captação, adução, drenagem, viário, automação e elétrico. Foram, também, identificadas e quantificadas as áreas a serem desapropriadas para a implantação das obras, definido o cronograma físico de construção, determinados os quantitativos e orçamentos, e efetuadas recomendações sobre serviços a serem realizados na fase de projeto executivo.

Os resultados destes estudos, que abarcam os 2 (dois) primeiros trechos do anteprojeto, constam do relatório “Projeto de Derivação das Águas do Rio São Francisco para Regiões Semi-Áridas dos Estados de Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte”, editado pelo MIR - Secretaria de Irrigação, em dezembro de 1.994.

Com a nova administração federal, o projeto só veio a ser retomado em 1.997, através da realização de licitações públicas e contratação de empresas consultoras para reestudo de engenharia (viabilidade) e detalhamento do projeto básico do Trecho I, com redução da vazão média para cerca de 65 m<sup>3</sup>/s; estudos de inserção regional do empreendimento; e estudos ambientais na área de influência direta e indireta do projeto.

Entre 1.999 e 2.000 foram desenvolvidos os estudos de viabilidade, de inserção regional e ambiental de todo o sistema, a cargo do Consórcio Engecorps-Harza, da VBA e do Consórcio Jaakko Pöyry-Tahal, respectivamente.

Ainda no ano de 2.000 foram desenvolvidos os projetos básicos dos Trechos I e V sob a responsabilidade do Consórcio Engecorps- Harza e da própria Funcate, respectivamente. O Projeto Básico do Trecho II, tema deste relatório, foi inteiramente desenvolvido pela Funcate, no decorrer do ano 2001.

### **4 . ESTUDOS DE TRAÇADO**

A observação detalhada do traçado e dos arranjos estudados para o Trecho II durante a fase de Estudos de Viabilidade permitiu algumas otimizações, cujas alternativas foram desenvolvidas visando a redução de custos e de imponderáveis, além de melhorar o planejamento e os processos construtivos.

O enfoque de maior incidência dos estudos se deu na região a jusante da barragem Atalho, onde o canal se desenvolve por uma encosta íngreme do maciço de xisto dando origem a imponderáveis executivos e operacionais, tais como: provável instabilidade dos maciços de aterros ou enrocamentos compactados construídos sobre taludes das encostas íngremes, dificuldade executiva, tanto na escavação do canal em encosta íngreme, como na construção dos maciços compactados, em praças de trabalho estreitas, principalmente na região da saída dos aterros, dificuldade de construção por problemas de acessos, risco alto no funcionamento e manutenção onerosa do sistema de drenagem superficial e o não funcionamento adequado do sistema de drenagem do revestimento. Nesta fase de Projeto Básico esses imponderáveis devem ser levados em conta e foram traduzidos como um índice de incerteza que onerou os custos unitários correntes.

Assim, as alternativas consideradas conceituais e de porte foram basicamente desenvolvidas em dois sub trechos: a primeira entre a barragem Atalho e a estaca 38+016 (região do riacho dos Porcos), e a segunda entre o desemboque do túnel Cuncas e a região denominada dos Morros. Nos dois casos, sobrepondo-se a vantagem técnica à coerência de custos, o arranjo em canal foi



substituído por reservatórios, tendo sido adaptados os critérios hidráulicos e as conseqüentes regras operativas por estrutura.

### 4.1 Região dos Porcos

O traçado prévio dos canais nesse trecho se desenvolveria na meia encosta, em região de xisto, tendo como maior incidência o sistema de drenagem das bacias atravessadas pelo canal. Essa incidência refletia-se no custo, pois haveriam de ser construídos canais de drenagem e sistemas de travessia de magnitude compatível com o próprio canal de transposição. Os imponderáveis nessa solução também criaram relutâncias em sua aceitação.

As alternativas a esse traçado passaram pela utilização de barragens e túneis em traçados variados, tendo sido aceita aquela que prevê a utilização de barragens na região do pé da encosta, como pode ser visto nos desenhos EN.B/II.DS.GT.0006 a 0013 do relatório 17 “Caderno de Desenhos”.

Foi criado um sistema de reservatórios interligados, desde o pé de jusante da barragem Atalho, eliminando da ordem de 17 km de canal, o reservatório Logradouro e os aquedutos Zé Joaquim e Cana Brava.

O sistema alternativo final foi concebido agrupando as seguintes estruturas, de montante para jusante: barramento no vale do Riacho dos Porcos, composto da barragem principal, dique auxiliar e um vertedouro de cheias. Esse vertedouro foi dimensionado para verter a cheia com TR 1000 anos, proveniente da bacia contribuinte do reservatório Atalho, avaliada em 1.600 m<sup>3</sup>/s. A essa vazão foi adicionada à cheia equivalente da bacia contribuinte complementar, desde a barragem Atalho até o barramento dos Porcos, cujo hidrograma de cheia se encontra defasado no tempo, em relação ao hidrograma de Atalho, adicionando somente 100 m<sup>3</sup>/s à cheia a ser escoada em Porcos. Assim, essa estrutura foi dimensionada com 334 m de vão vertente que, com uma lâmina de 2 m, escoará 1.700 m<sup>3</sup>/s.

A seguir existe uma ligação em canal não revestido, com uma estrutura de controle com 3 comportas segmento, para o reservatório Cana Brava. A operação dessas comportas garantirá uma vazão máxima de 89 m<sup>3</sup>/s, evitando qualquer contribuição de cheias das bacias a montante.

O reservatório Cana Brava, por sua vez, recebe a vazão transposta e pode receber a cheia da bacia contribuinte. As águas da Transposição encaminhar-se-ão, então, para o reservatório do Cipó e em seguida para o do Boi, interligados por canais escavados em solo e rocha. Os estudos de condução das enchentes através dos mesmos demonstraram que os três operam como se fosse um único reservatório.

Por razões topográficas e geológicas optou-se por dividir o vertedouro correspondente, de 530,00m de largura, em dois segmentos de 430,0m e 100,0m, respectivamente, ao lado da barragem do Cipó e entre as barragens de Boi I e Boi II, com uma carga máxima de 0,5m, coeficiente de descarga de 1,8, que permitirá a passagem da vazão de 340,0m<sup>3</sup>/s

A saída desse último reservatório para voltar ao canal é, mais uma vez, controlada por um conjunto de 4 comportas segmento que garantem que a vazão máxima aduzida ao canal seja de 89 m<sup>3</sup>/s. Note-se que o arranjo alternativo manteve a cota do fundo do canal, nesse ponto, conforme definição dos estudos de viabilidade. Esse procedimento foi necessário para garantir a cota de chegada no final do trecho, no reservatório Cuncas.

A garantia do acerto na escolha da alternativa foi confirmada pelo estudo de custos comparativos, em que ficou configurada a coerência dos mesmos, onde foram feitos detalhamentos do canal como definido na viabilidade, e adotados custos unitários atualizados na data de novembro de 2000, referidos aos preços constantes do orçamento do Projeto Básico.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

A tabela 5.1 mostra o resumo dos cálculos.

Tabela 5.1

CUSTO DA VIABILIDADE X BASICO		
<b>VIABILIDADE</b>		
1	Custo do Canal ( Revestimento , drenagem, regularização em concreto e Geomembrana) ,Custos do dreno, Bueiro e fundação do aterro do canal	R\$ 62.122.906
2	Aqueduto Zé Joaquim	R\$ 1.750.827
3	Aqueduto Cana Brava	R\$ 2.083.648
4	Barragem Logradouro + equipamentos	R\$ 6.473.384
5	Desapropriação ( 1064 ha )	R\$ 911.582
6	Desmatamento e limpeza ( 200 m x 17040 m + 9 ha )	R\$ 1.506.960
	* 30% maior nas áreas de encosta	
	<b>Total</b>	<b>R\$ 74.849.308</b>
<b>BÁSICO</b>		
1	Barramento Porcos - Obras civis e montagem	R\$ 23.849.874
2	Barramento Cana Brava - Obras civis e montagem	R\$ 14.915.348
3	Barramento Cipó - Obras civis e montagem	R\$ 5.962.698
4	Barramento Boi I - Obras civis e montagem	R\$ 13.335.939
5	Barramento Boi II - Obras civis e montagem	R\$ 8.720.360
6	Desapropriação	R\$ 1.035.482
7	Desmatamento e limpeza ( Levado em conta nas Barragens)	R\$ -
	<b>Sub Total</b>	<b>R\$ 67.819.701</b>
8	Eventuais na conta ( 10 % )	R\$ 6.781.970
	<b>Total</b>	<b>R\$ 74.601.671</b>
<b>DIFERENÇA</b>		<b>R\$ 247.636</b>



### 4.2 Região de Morros

A jusante do túnel Cuncas, região topograficamente mais adequada para o traçado do canal, impôs que seu desenvolvimento se desse pelo talvegue do córrego da Égua. A análise do traçado, agora com base topográfica mais adequada, nesta fase de Projeto Básico, indicou a necessidade de se criar uma extensa galeria evitando assim, um sistema de drenagem pluvial de alto custo. Além deste inconveniente procurou-se outros aspectos que pudessem reduzir o custo e a complexidade do projeto nesse trecho.

Finalmente, optou-se por formar um reservatório nesse vale, criando-se uma barragem na região da localidade de Morros, de tal forma que o remanso praticamente atinja o desemboque do túnel. Dessa forma, o reservatório projetado eliminará 1.342 m de canal revestido e todo o sistema de drenagem a montante. O custo da barragem e do vertedouro correspondente, para escoar a cheia de 40 m<sup>3</sup>/s (TR 1000 anos), orçados em aproximadamente R\$ 3.800.000,00, é significativamente mais atrativo que R\$ 10.400.000,00 do projeto original do Estudo de Viabilidade. A tabela 4.1 mostra o resumo dos cálculos.

Tabela 4.1



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

ITEM	DESCRIÇÃO	UN	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO (Data base Nov 2000)	CUSTO TOTAL
	<b>Escavação do canal não revestido a jusante do túnel</b>				
CS 002	Escavação de material de 1ª categoria	m³	98.990,00	2,06	203.919,40
CS 004	Escavação de material de 2ª categoria	m³	88.613,00	3,77	334.071,01
CS 006	Escavação de material de 3ª categoria ( rocha a céu aberto )	m³	238.128,00	9,33	2.221.734,24
	<b>Barragem Morros</b>				
CS 002	Escavação de material de 1ª categoria	m³	69.364,00	2,06	142.889,84
CS 013	Aterro compactado	m³	188.719,00	3,26	615.223,94
CS 018	Filtros horizontais de areia	m³	5.800,00	27,69	160.602,00
CS 019	Execução de filtros e transições finas verticais e/ou inclinados de areia	m³	2.550,00	29,47	75.148,50
CS 021	Momento de transporte de areia para filtros	m³ x km	137.775,00	0,33	45.465,75
	<b>TOTAL</b>				<b>3.799.054,68</b>
	<b>Canal artificial ( viabilidade )</b>				
CS 002	Escavação de material de 1ª categoria	m³	196.895,00	2,06	405.603,70
CS 004	Escavação de material de 2ª categoria	m³	148.618,00	3,77	560.289,86
CS 006	Escavação de material de 3ª categoria ( rocha a céu aberto )	m³	526.110,00	9,33	4.908.606,30
CS 022	Fornecimento e aplicação de geomembrana de impermeabilização do canal	m²	89.232,00	7,41	661.209,12
CS 068	Regularização dos taludes do canal com pedrisco	m³	5.476,00	23,80	130.328,80
CS 017	Momento de transporte de brita/pedrisco.	m³ x km	90.354,00	0,33	29.816,82
CS 030	Concreto de revestimento e proteção da geomembrana	m³	5.881,00	209,82	1.233.951,42
CS 027	Fornecimento de fibras sintéticas	Kg	3.528,60	14,55	51.341,13
CS 047	Fornecimento, preparo e lançamento de concreto , 25 MPa	m³	5.198,00	205,55	1.068.448,90
CS 069	Formas planas de madeira	m²	25.990,00	23,88	620.641,20
CS 040	Armadura em barras de aço CA 50A ( fornecimento , corte , dobra e montagem )	t	415,84	1.659,89	690.248,66
	<b>TOTAL</b>				<b>10.360.485,91</b>



### 5. DESCRIÇÃO GERAL E OPERAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPosição DO RIO SÃO FRANCISCO - EIXO NORTE – TRECHO II

#### 5.1 Descrição Geral

A partir dos estudos de inserção regional e das otimizações nos estudos de viabilidade, estabeleceu-se a evolução das demandas de consumo de água ao longo do traçado e nos pontos de entrega, chegando-se, para o Eixo Norte, Trecho II, a um valor máximo de adução de 89 m<sup>3</sup>/s. Essa adução parte do Reservatório de Jati, pertencente ao Trecho I da Transposição.

Note-se que essa adução só se efetivará em 2025, quando as demandas atingirem os valores previstos nos cenários de projeto. Até lá as demandas evoluirão de tal forma que será possível conduzir aproximadamente metade da vazão prevista até 2007. Estudos de viabilidade demonstraram ser economicamente mais atraente construir-se os aquedutos em duas fases, coincidentes com a evolução prevista da demanda. Conseqüentemente, a segunda célula dos aquedutos não será construída até aquela data.

Por outro lado, durante a fase de estudos da viabilidade, as análises financeiras apontaram para uma solução de redução de custos operacionais, principalmente aqueles relativos à compra de energia para o bombeamento, garantindo a sustentabilidade do sistema.

A geração própria, a partir das vazões transpostas e tomando vantagem de desníveis adequados, foi a solução que melhor se adequou ao cenário pretendido.

Os estudos mostraram ser viável o aproveitamento das quedas criadas nos locais das barragens Jati e Atalho, considerando os desenhos de evolução das tarifas na época, tomando como valor base a tarifa de US\$30,00/MWh a uma taxa de conversão de R\$1,77/US\$.

Assim, levando-se em conta o cenário de evolução do atendimento às demandas de água e, conseqüentemente, das vazões, estabeleceu-se, nos referidos estudos de viabilidade, que seria viável instalar 40MW em Jati e 12 MW em Atalho.

Além disso, suas implantações, considerando os cronogramas de investimento, ficaram estabelecidas em 2 etapas, sendo Jati implantada nos anos de 2011 e 2015, e Atalho em 2014 e 2020. Note-se que ao longo do perfil financeiro analisado para o sistema, as usinas serão responsáveis por 17,7% das necessidades de bombeamento total para os dois eixos.

Para esta fase de Projeto Básico, essas usinas foram pré-dimensionadas para que se definissem as dimensões necessárias para implantação do sistema adutor nas barragens, estudando-se as necessidades futuras de escavações, acessos e ensecadeiras. Nas condições hidráulicas e geométricas resultantes no Projeto Básico deste trecho, as potências finais a serem instaladas nas usinas seriam 48,6 MW em Jati e 18 MW em Atalho. Essas potências foram utilizadas somente como parâmetro de dimensionamento de escavações futuras e posicionamento das válvulas dispersoras.

O Projeto Básico das usinas será desenvolvido na época de suas implantações. Note-se que as novas projeções do cenário de tarifas podem modificar esse quadro, ajustando o período de implantação e, mesmo, a potência instalada.

As estruturas hidráulicas previstas para serem incorporadas ao sistema são as seguintes:

- Túneis adutores com seção de escavação em arco retângulo com 6,20 m de altura e de largura no trecho subhorizontal, e circular, com diâmetro de 6,20 m, no trecho vertical, totalmente revestidos com concreto estrutural, com seção circular de 5,40 m de diâmetro.



- Túnel Cuncas com uma seção arco retângulo de 9,30 m de largura e altura no trecho não revestido. O piso será totalmente regularizado com concreto magro e tem uma inclinação de 0,04%. Os trechos revestidos nos emboques e, eventualmente no cruzamento com regiões de baixa capacidade de suporte, terão uma seção hidráulica equivalente com 8,0 m, de largura e altura.
- Canal de interligação sem revestimento entre reservatórios com 25,0 m de largura e taludes 1V:2H, até encontrar material de 1ª categoria, nesse ponto construir-se-á uma berma de transição com 3,0 m de largura, passando o talude a ter inclinação de 1V:1,5H. A altura da lâmina d'água será de 5,0m.
- Canal de adução sem revestimento com 23,5 m de largura e taludes 1V:2H, até encontrar material de 1ª categoria, nesse ponto construir-se-á uma berma de transição com 3,0 m de largura, passando o talude a ter inclinação de 1V:1,5H. A altura da lâmina d'água será de 5,00m.
- Canal trapezoidal, (canal adutor), com largura de base de 6,0 m, taludes laterais de 1V:1,5H, escavado em solo e rocha, revestido de concreto, coeficiente de rugosidade de Manning  $n=0,015 \text{ s/m}^{1/3}$ , declividade de 0,0001 m/m, vazão de 89 m<sup>3</sup>/s, velocidade de 0,99 m/s, altura da lâmina d'água de 3,21 m.
- Reservatórios de passagem e de derivação, formados por barragens de terra e enrocamento, com tomadas d'água para usos difusos, vertedouros e estruturas de controle.
- Aquedutos com forma retangular com declividade de 0,0004 m/m. Para a vazão de 44,5 m<sup>3</sup>/s em cada uma das duas células, a sua base é de 4,81 m de largura e altura de 5,00 m. O coeficiente de Manning adotado é de 0,015 s/m<sup>1/3</sup>.

### 5.2 Adaptação da Barragem Atalho

A revisão dos estudos hidrológicos mostrou que a cheia correspondente ao período de retorno de 1000 anos deve elevar o nível máximo maximorum do reservatório para a cota 329,8, deixando uma borda livre de apenas 20 cm. Por esse motivo, adicionando-se ainda a sobrelevação devida ao efeito das máximas ondas prováveis, estabeleceu-se que a cota da barragem Atalho deverá ser elevada em 1,0 m, para a cota 431,0 m. Essa adaptação está considerada como um elemento do Projeto Básico do Trecho II.

O alteamento da barragem e do dique será realizado em seção homogênea, utilizando para sua construção os materiais argilosos, existentes nas proximidades, tais como, solo residual de micaxisto; RAM (rocha alterada mole) e material de bota-fora existente na margem direita do riacho Jardim, entre estacas 19+800 e 19+900. Este bota-fora foi formado na época da construção da barragem, entre os anos de 1990 e 1991.

Por outro lado, a alternativa de traçado com reservatórios a jusante de Atalho, fará com que o reservatório dos Porcos submerja parte do talude de jusante da Barragem Atalho. Nessa condição esse talude não é estável, pois os coeficientes de segurança ao deslizamento não atendem o critério de projeto.

Dessa forma, uma berma de estabilização com 37,50m de largura foi projetada com crista situada na cota 404,00m, talude 1V:2H e aterro constituído por solo compactado.

### 5.3 Tomada D'Água em Jati

O sistema Jati está caracterizado por uma barragem de seção homogênea, com vertedouro livre na barragem direita, tomada d'água, túnel adutor que se direciona à futura Casa de Força, com derivação para a direita que termina em duas válvulas dispersoras. A barragem e o vertedouro estão definidos como escopo do Trecho I.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

---

A vazão afluyente é de  $89,0\text{m}^3/\text{s}$ , que corresponde à vazão recalçada máxima, por 8 bombas, na estação de bombeamento EB-I 3, também no Trecho I. O desnível entre o NA normal do reservatório Jati e o NA normal de jusante é de 61,73 m.

Os níveis operacionais do reservatório Jati são os seguintes:

NA normal	486,72 m
NA mínimo	484,73 m
NA normal a jusante	425,00 m

A tomada d'água estará localizada na ombreira direita da barragem de terra Jati.

Será constituída por um bloco de 11,80 m de largura máxima e altura máxima de 19,40 m, tendo a crista na cota 488,80m.

O bocal de entrada apresenta 9,0 m de largura máxima e cerca de 10,0 m de altura. O paramento de montante terá a inclinação de 6V:1H.

As cotas da soleira e do topo da boca da entrada da tomada d'água, foram definidas considerando-se as obstruções, para aduzir uma vazão de  $89\text{ m}^3/\text{s}$  através de duas válvulas dispersoras ou para duas unidades geradoras, a partir da submergência requerida para operação do reservatório no seu nível normal na cota 486,72 m.

No interior da tomada d'água estão locadas as ranhuras da comporta vagão de emergência, bem como a transição horizontal em concreto, na qual a seção retangular de 4,80 m de largura e 5,40 m de altura se transformará em seção circular de 5,40 m de diâmetro. A partir daí inicia-se um trecho curvo de  $90^\circ$ , blindado com revestimento de concreto, com 12,70m de raio médio até a cota 463,00 m. A partir daí inicia-se o trecho vertical do túnel revestido em concreto armado.

A tomada d'água está apresentada no desenho EN.B/II.DS.ET.0003 e na figura 5.1.

No lado esquerdo da Tomada d'água de Jati foi projetado um muro em CCR de gravidade que será abraçado pela barragem de terra. O comprimento deste muro é da ordem de 30 m com paramentos de montante e jusante com inclinação de 1,0V:0,4H. Este muro apresenta-se fundado na cota 472,00 m com crista de 4,0 m de largura na cota 488,80 m.

A geometria desta estrutura pode ser observada no desenho EN.B/II.DS.ET.0003. A respectiva seção transversal típica pode ser observada na Figura 5.2.

No lado direito da Tomada d'água de Jati, complementando a barragem de terra, foi projetada uma barragem em CCR de paramento de montante vertical e paramento de jusante com inclinação 1,0V:0,8H. O comprimento deste trecho de barragem é da ordem de 109,0 m, apresentando-se fundado entre as elevações 472,00 m e 485,00 m, estando a crista de 4,0 m de largura na cota 488,80 m.

A geometria desta estrutura pode ser observada no desenho EN.B/II.DS.ET.0003. A respectiva seção transversal típica pode ser observada na Figura 5.3.



# Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Figura 5.1

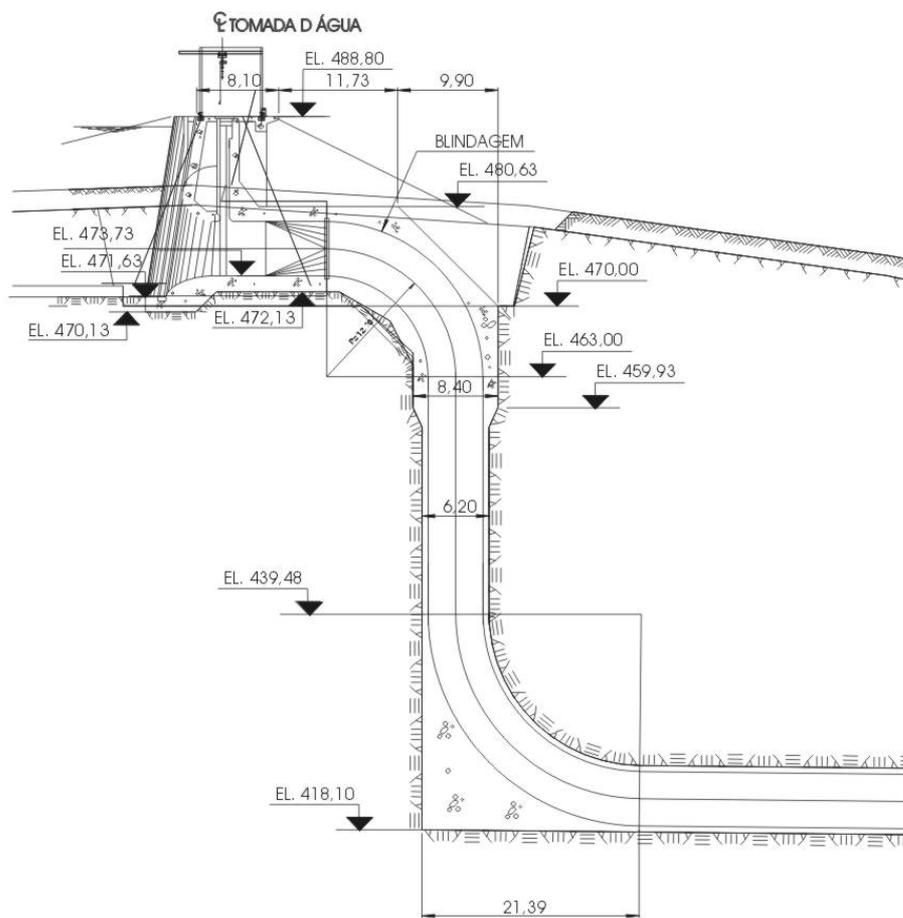


Figura 5.2



# Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

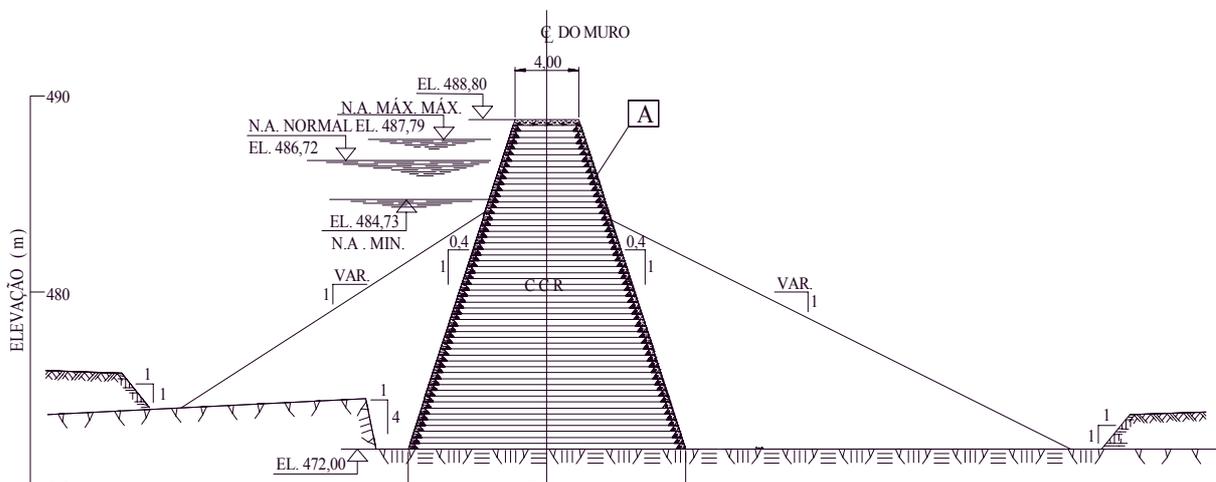
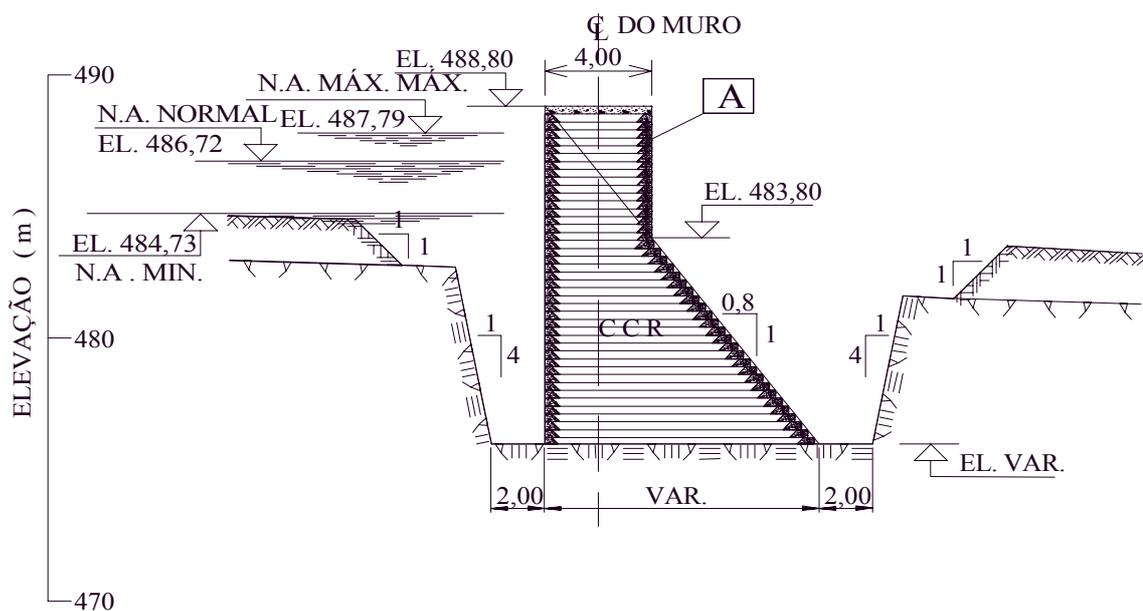


Figura 5.3





### 5.4 Túnel Adutor Jati

O túnel adutor de Jati inicia-se na tomada d'água, situada no corpo da barragem, através de um poço vertical, desenvolvido entre as cotas 470 e 418, e a partir daí, desenvolve-se em um trecho subhorizontal até a Casa de Força, totalizando 278 m de comprimento, conforme indicado no desenho de N° EN.B/II.DS.ET.0009. A seção de escavação será em arco retângulo com 6,20 m de altura e de largura no trecho subhorizontal, e circular, com diâmetro de 6,20 m, no trecho vertical. O túnel será totalmente revestido com concreto estrutural, com seção circular de 5,40 m de diâmetro e blindado nos seus 25 m finais. O diâmetro interno do túnel de 5,40 m foi definido considerando a velocidade da água no túnel inferior a 4,0 m/s. O dimensionamento estrutural efetuado indicou que a espessura do concreto de revestimento não seja inferior a 0,40 m, considerando-se concreto com resistência característica à compressão  $f_{ck}=25\text{MPa}$ .

A blindagem do trecho final do túnel terá continuidade a céu aberto até a derivação que aduzirá as águas para as válvulas dispersoras. O terminal que alimentará as turbinas da futura usina hidrelétrica será fechado com uma calota esférica.

### 5.5 Válvulas Dispersoras e Canal

Após a bifurcação oblíqua implantada no final do túnel, a adução à Casa das Válvulas dispersoras é efetuada por um trecho reto em rampa que apresenta cerca de 25 m de comprimento e 6,0 m de desnível. Um muro de 1,5m de espessura, a ser construído com crista na cota 432,00, vai separar a bifurcação oblíqua em rampa e a estrutura das válvulas da futura e eventual Casa de Força. Após a instalação da tubulação de aço de 4,0 m de diâmetro, devidamente apoiada no maciço rochoso, este espaço será reaterrado até o pátio da cota 432,00, conforme pode ser observado nos desenhos EN.B/II.DS.ET.0006 e EN.B/II.DS.ME.0001.

Após a rampa, a tubulação de adução de 4,0 m de diâmetro passa por uma derivação de 140° e por uma bifurcação simétrica que reduz a tubulação simples em duas tubulações de 1,6 m de diâmetro.

Nas derivações e bifurcação situadas a montante da estrutura das válvulas dispersoras foram inseridos blocos de ancoragens armados de modo a neutralizar esforços devidos a mudança de direção do fluxo. Para estas ancoragens foi adotada a classe de concreto A, que apresenta resistência característica  $f_{ck}=15\text{MPa}$  aos 28 dias.

A estrutura das válvulas dispersoras situa-se à direita da futura Casa de Força. Trata-se basicamente de uma estrutura formada por dois pisos, um formado pela laje de fundo, onde se apoiam as válvulas dispersoras, e outro de fechamento situado na cota 432,00. Esta estrutura apresenta 22,32 m de comprimento e 14,73 m de largura, apresentando no lado esquerdo um muro de separação com a futura Casa de Força de 1,5m de espessura, com topo na cota 432,00, dando continuidade ao muro que nasce na região da bifurcação ortogonal. No lado direito, esta estrutura apresenta uma parede de 0,5 m de espessura, até a cota 432,00 m.

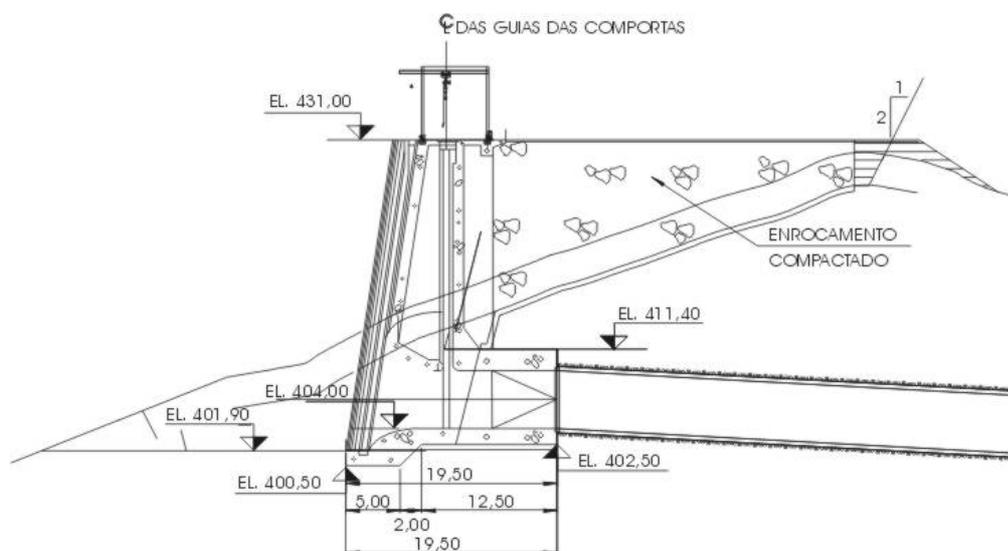
O piso inferior, situado na cota 425,50 m, é formado por uma laje de fundo de 0,5 m de espessura. Nesta laje, nasce um pilar quadrado de 0,5 m de lado, que juntamente com a estrutura de saída das válvulas dispersoras mais os muros laterais darão apoio ao piso da cota 432,00, conforme pode ser observado na Figura 5.4.

Figura 5.4





## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico



O bocal de entrada apresenta 9,0 m de largura máxima e cerca de 10,0 m de altura. O paramento de montante terá a inclinação de 6V:1H.

As cotas 401,90 m e 411,90 m, respectivamente da soleira e do topo da boca da entrada da tomada d'água, foram definidas considerando-se as obstruções, para aduzir uma vazão de 89 m<sup>3</sup>/s através de duas válvulas dispersoras ou para duas unidades geradoras, a partir da submersão requerida para operação do reservatório no seu nível normal na cota 425,00 m.

No interior da Tomada d'água estão localizadas as ranhuras da comporta vagão de emergência, bem como a transição em concreto, na qual a seção retangular de 4,80 m de largura e 5,40 m de altura se transformará em seção circular de 5,40 m de diâmetro. A tomada estará equipada ainda, com um jogo de dois elementos de grade removíveis, com bandejas para retenção de detritos, e com uma comporta de emergência do tipo vagão.

Na seqüência existirá um trecho reto escavado em rocha de aproximadamente 250,0 m de comprimento e de seção arco-retângulo de 6,20 m de largura e altura que, após o revestimento de concreto armado ficará com seção circular de 5,40 m de diâmetro.

O arranjo geral da Tomada d'água está mostrado no desenho EN.B/II.DS.ET.0009. A geometria da Tomada d' Água está mostrada no desenho EN.B/II.DS.ET.0008.

Para a estrutura da Tomada d'água foi adotada a classe de concreto B, que apresenta resistência característica  $f_{ck}=25$  MPa aos 28 dias.

### 5.7 Túnel Adutor Atalho

Um túnel adutor escavado em rocha e revestido de concreto com 5,40m de diâmetro, formado por um trecho reto e inclinado com 250,0 m de comprimento foi projetado para aduzir a vazão de 89 m<sup>3</sup>/s, da Tomada d'água às válvulas dispersoras, com previsão de alimentar os grupos geradores da futura usina Atalho.

O diâmetro interno do 5,40 m foi definido considerando a velocidade da água no túnel inferior a 4,0 m/s. O dimensionamento estrutural efetuado indicou que a espessura do concreto de revestimento seja não inferior a 0,40 m, considerando-se concreto com resistência característica à compressão  $f_{ck}=25$ MPa.

O trecho inclinado do túnel inicia-se na cota 402,50 m, junto à tomada d'água e termina na cota 390,00 m, próximo à bifurcação para as estruturas das válvulas dispersoras, perfazendo um comprimento de aproximadamente 250,0 m.



Nos últimos 25m de túnel, o revestimento de concreto foi blindado. Esta blindagem está ligada a jusante com o ramo que se dirige à futura Casa de Força e termina numa calota de fechamento e com o ramo que se bifurca obliquamente à estrutura das válvulas dispersoras situada no lado esquerdo.

Para o revestimento do túnel foi adotada a classe de concreto B, que apresenta resistência característica  $f_{ck}=25$  MPa aos 28 dias.

### 5.8 Válvulas Dispersoras

Após a bifurcação oblíqua implantada no final do túnel, a adução à Casa das Válvulas dispersoras é efetuada por um trecho reto em rampa que apresenta cerca de 36,0 m de comprimento e cerca de 12,0 m de desnível. Um muro de 1,5m de espessura, a ser construído até as cotas 405,00 - 409,30 m vai separar a bifurcação oblíqua em rampa e estrutura das válvulas, da futura e eventual Casa de Força. Após a instalação da tubulação de aço de 4,0 m de diâmetro, devidamente apoiada no maciço rochoso, este espaço será reaterrado até o pátio da cota 409,30m.

Após a rampa, a tubulação de adução de 4,0 m de diâmetro passa por uma derivação a 40° e por uma bifurcação simétrica que transforma a tubulação simples em duas tubulações de 2,2 m de diâmetro, conforme pode ser observado no desenho EN.B/II.DS.ET.0011.

A estrutura das válvulas dispersoras situa-se à esquerda da futura Casa de Força. Trata-se basicamente de uma estrutura formada por dois pisos, um formado pela laje de fundo, onde se apoiam as válvulas dispersoras, e outro de fechamento situado na cota 409,30m. Esta estrutura apresenta cerca de 25,00 m de comprimento e 17,00 m de largura, apresentando no lado esquerdo um muro de separação com a futura Casa de Força, com 1,5m de espessura, com topo na cota 409,30 m, dando continuidade ao muro que nasce na região da bifurcação oblíqua. No lado direito, esta estrutura apresenta uma parede de 0,5 m de espessura, até a cota 409,30 m.

O piso inferior, situado na cota 402,00 m, é formado por uma laje de fundo de 0,5 m de espessura. Nesta laje, nasce um pilar quadrado de 0,5m de lado, que juntamente com a estrutura de saída das válvulas dispersoras mais os muros laterais darão apoio ao piso da cota 409,30 m.

O piso superior situado na cota 409,30 m é formado por uma laje retangular apresentando as mesmas dimensões em planta da laje de fundo. Sob esta laje foi lançado um conjunto de vigas ortogonais de 0,50 m de largura e 0,70 m de altura. Esta laje apresenta um conjunto de aberturas com tampas metálicas para a passagem de equipamentos mecânicos.

A estrutura situada no desemboque das válvulas dispersoras é formada por duas câmaras blindadas de formato interno cilíndrico de 4,75m de diâmetro, com centro na cota 428,00m, e formato externo retangular. Após a saída do jato, a câmara dupla blindada apresenta 4,40m de comprimento. A extremidade de jusante da estrutura das válvulas dispersoras é formada por um muro vertical de 0,5m de espessura que liga a laje de fundo à cota 397,50 m.

Para a estrutura das Válvulas Dispersoras foi adotada a classe de concreto B, que apresenta resistência característica  $f_{ck}=25$  MPa aos 28 dias.

O canal de fuga das válvulas dispersoras de Atalho apresenta, na cota 397,50 m, um trecho reto de 5,00 m e em seguida uma bacia dissipadora de 19,74 m de comprimento com seção transversal trapezoidal com fundo de 14,50 m na cota 394,88 m. Após a bacia dissipadora o canal de fuga das válvulas dispersoras segue até concordar com o futuro canal de restituição da Casa de Força de Atalho.

### 5.9 Reservatório e Dique dos Porcos



A barragem dos Porcos apresenta 1384,0 m de comprimento, 27,5 m de altura máxima, com a crista situada na cota 405,50 m. Trata-se de uma barragem do tipo homogênea, apresentando os níveis d'água nas seguintes cotas:

- Nível d'água Máximo Maximorum 404,46 m
- Nível d'água Normal 401,46 m
- Nível d'água Mínimo 396,46 m

A seção típica da barragem é homogênea em função dos materiais disponíveis para sua construção e das condições geológicas das fundações e das ombreiras.

A seção homogênea será construída em solo residual de micaxisto, ou silte argiloso da formação geológica Brejo Santo, ou argila aluvionar.

O dique dos Porcos apresenta 201,17 m de comprimento, 7,65 m de altura máxima, com crista situada na cota 405,50 m. Trata-se de um dique do tipo homogêneo, apresentando os níveis d'água nas seguintes elevações:

- Nível d'água Máximo Maximorum 404,46 m
- Nível d'água Normal 401,46 m
- Nível d'água Mínimo 396,46 m

A seção típica do dique é homogênea, em função dos materiais disponíveis para sua construção e das condições geológicas das fundações e das ombreiras.

A seção será construída em solo residual de micaxisto ou argila aluvionar ou silte argiloso da formação Brejo Santo.

### 5.10 Vertedor dos Porcos

O vertedouro tem sua crista na cota 402,46 m e será de concreto rolado e lâmina livre, carga de 2,00 m, comprimento da soleira de 334,00m, coeficiente de descarga 1,8, que permitirá a passagem de 1.700 m<sup>3</sup>/s, pico da enchente de período de retorno de 1.000 anos. A sua vazão específica é, portanto, 5,09 m<sup>3</sup>/s/m. A altura do vertedouro é de 27,00 m, terminando numa bacia de dissipação da ordem de 30,0 m de comprimento.

As características principais são:

NA normal	401,46 m
NA mínimo	396,46 m
NA max. max.	404,46 m
Crista do vertedouro	402,46 m
Crista da barragem	405,50 m

O vertedouro dos Porcos foi implantado num local que apresenta espessura de aluvião da ordem de 5 m. Por isso, um vertedouro de soleira livre de 334 m de comprimento e altura máxima da ordem de 30 m, em CCR foi fundado em rocha de boa qualidade situada na El. 374,00 m, conforme pode ser observado na Figura 5.6.

Figura 5.6





A jusante da válvula dispersora, a estrutura apresenta uma bacia de dissipação do jato da válvula, conforme pode ser observado no desenho EN.B/II.DS.ME.0003.

### 5.12 Estrutura de controle entre os reservatórios dos Porcos e Cana Brava

Entre o reservatório dos Porcos e o reservatório Cana Brava a passagem de água se dá através de um canal de interligação escavado sem revestimento, localizado entre as estacas 29+317 e 29+597. Nesse canal será construída uma estrutura de controle projetada para uma vazão de 89 m<sup>3</sup>/s. Essa estrutura tem por finalidade conter o volume d'água no reservatório dos Porcos.

Na Estrutura de Controle estão previstos três vãos, sendo cada um equipado com uma comporta do tipo segmento. O acionamento de cada uma das comportas segmento é feito através de dois servomotores, enquanto que a operação de todas as comportas é realizada por uma única central hidráulica, instalada na Casa de Comando.

Essa estrutura, geometricamente dependente da vazão, será dividida no sentido do fluxo em 3 subestruturas, separadas entre si por veda-juntas periféricos *Fungenband* tipo O-22. Será dotada de muro de aproximação, e ranhura para *stop-log* no caso de manutenção. A estrutura de entrada apresenta um afunilamento de 45° antes de entrar na câmara central, onde estão instaladas as comportas, seguindo-se um trecho de transição antes de entrar no canal adutor.

A estrutura de entrada e a câmara central apresentam laje de fundo de 0,50 m e paredes laterais de 1,0 m de espessura. A transição de saída, que passa da seção retangular para a seção do canal, tem 0,30 m de espessura.

Para as estruturas de controle foi adotada a classe de concreto B, que apresenta resistência característica  $f_{ck}=25$  MPa aos 28 dias.

### 5.13 Reservatório Cana Brava

A barragem de Cana Brava apresenta 2169,7 m de comprimento, 26,5 m de altura máxima, com crista situada na cota 402,35 m. Trata-se de uma barragem do tipo zoneada, apresentando os níveis d'água nas seguintes elevações:

- Nível d'água Máximo Maximorum 401,50 m
- Nível d'água Normal 400,55 m
- Nível d'água Mínimo 397,50 m

### 5.14 Canal entre Cana Brava e do Cipó

Para se superar o divisor de águas entre os reservatórios Cana Brava e do Cipó, e criar condições para que eles operem integrados, será necessário escavar um canal de interligação, sem revestimento, com 25,0 m de largura e taludes 1V:2H, até encontrar material de 1ª categoria, nesse ponto construir-se-á uma berma de transição com 3,0 m de largura, passando o talude a ter inclinação de 1V:1,5H. A altura da lâmina d'água será de 5,0 m.

### 5.15 Reservatório do Cipó

A barragem do Cipó está situada entre as estacas 32+089 e 32+705, totalizando 616m de comprimento. A crista da barragem está projetada para a cota 402,35, o que determina uma altura máxima de 25,65 m. Trata-se de uma barragem do tipo zoneada, apresentando os níveis d'água nas seguintes elevações:

- Nível d'água Máximo Maximorum 401,50 m
- Nível d'água Normal 400,52 m
- Nível d'água Mínimo 397,50 m



### 5.16 Vertedor dos reservatórios Cana Brava – do Cipó – do Boi (Vertedor do Cipó)

Estes três reservatórios estão interligados por canais escavados em solo e rocha. Os estudos hidrológicos demonstraram que os reservatórios operam como se fosse um único.

Por problemas topográficos e geológicos se optou por dividir o vertedouro de 530,00 m de comprimento em dois vertedouros de 430,0 m e 100,0 m, com uma carga máxima de 0,5 m, coeficiente de descarga de 1,8, que permitirá a passagem da vazão de 340,0 m<sup>3</sup>/s de pico da enchente do período de recorrência de 1000 anos. A sua vazão específica é, portanto, de 0,64 m<sup>3</sup>/s. A altura do vertedouro é de 2,5 m, terminando numa bacia de dissipação de 10,0 m de comprimento, a partir da qual a água escoará sobre a rocha até atingir o talvegue.

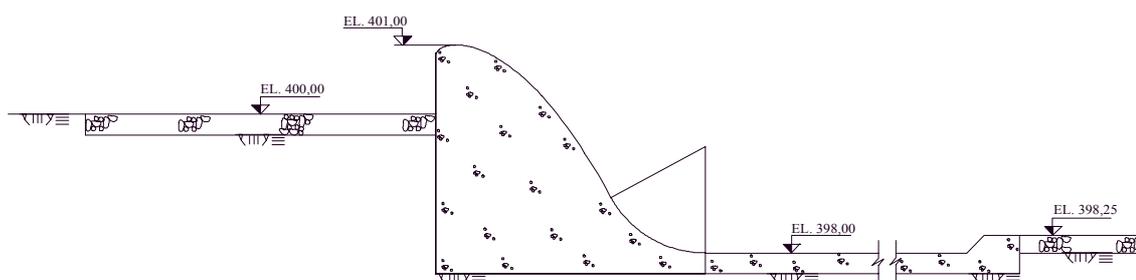
O traçado é percorrido em terreno natural desde a estaca 32+705 até a estaca 32+722, iniciando-se aí o vertedor do Cipó que vai até a estaca 33+152, totalizando 430 m de extensão.

As características principais são:

- NA Normal 400,55 m
- NA Mínimo 397,50 m
- NA Máximo Maximorum 401,50 m
- cota da Crista do vertedouro 401,00 m
- Crista da barragem 402,35 m

Este vertedouro se caracteriza por apresentar um perfil vertente de soleira livre de pequena altura e bacia de dissipação, bem como uma laje de aproximação, conforme pode ser observado na Figura 5.8 e no desenho EN.B/II.GT.0045.

Figura 5.8



### 5.17 Canal entre o Reservatório do Cipó e o Reservatório do Boi

Entre os reservatórios do Cipó e Boi a passagem de água se dá através de um canal de interligação escavado em solo natural, compreendido entre as estacas 33+152 e 34+152, conforme descrito em 5.1.

### 5.18 Reservatório do Boi.

A barragem do Boi está subdividida em dois segmentos. A barragem do Boi I, que está situada entre as estacas 34+152 e 35+577, totalizando cerca de 1.425 m, tem a crista da barragem projetada para a cota 402,35 m conferindo-lhe uma altura máxima de 26,15 m. Trata-se de uma barragem do tipo zoneada, apresentando os níveis d'água nas seguintes elevações:

- Nível d'água Máximo Maximorum 401,50 m
- Nível d'água Normal 400,41 m



- Nível d'água Mínimo 397,50 m

Já a barragem Boi II está situada entre as estacas 35+692 e 37+053, totalizando cerca de 1.361m. A sua altura máxima é de 28,35m. Trata-se de uma barragem do tipo homogênea, apresentando os níveis d'água nas seguintes elevações:

- Nível d'água Máximo Maximorum 401,50 m
- Nível d'água Normal 400,41 m
- Nível d'água Mínimo 397,50 m

### 5.19 Vertedor do reservatório Cana Brava – do Cipó – do Boi (Vertedor do Boi)

Entre os dois segmentos das barragens do Boi I e II há um leito natural, entre as estacas 35+577 e 35+592. Imediatamente em seguida está locado o vertedor do reservatório do Boi. A sua estaca inicial é a 35+592 e a final é a 35+692. O vertedor do Boi completa a necessidade de vertimento para o complexo de reservatórios Cana Brava – do Cipó - do Boi. (vide 5.15)

Esse vertedor terá uma carga máxima de 0,5 m, coeficiente de descarga de 1,8, que permitirá a passagem do pico da enchente do período de recorrência de 1000 anos; a sua vazão específica é portanto de 0,64 m<sup>3</sup>/s. A altura do vertedouro é de 2,5 m terminando numa bacia de dissipação de 10,0 m de comprimento, a partir da qual a água escoará sobre a rocha até atingir o talvegue.

- As características principais são:
  - NA Normal 400,55 m
  - NA Mínimo 397,50 m
  - NA Máximo Maximorum 401,50 m
  - cota da Crista do vertedouro 401,00 m
  - Crista da barragem 402,35 m

Este vertedouro se caracteriza por apresentar um perfil vertente de soleira livre de pequena altura e bacia de dissipação, bem como uma laje de aproximação, conforme pode ser observado na Figura 5.8 e no desenho EN.B/II.GT.0048.

### 5.20 Estrutura de Saída

A estrutura de saída tem a mesma descrição da estrutura de controle na saída do reservatório dos Porcos, exceto pelo número de comportas que, neste caso é 4. A estrutura localiza-se entre a estaca 38+016 e 38+084, início do canal adutor.

### 5.21 Canal entre reservatório do Boi e aqueduto do Boi

Da estaca 38+084 até a estaca 48+435 o traçado passa a ser feito por canal, com características referidas em 5.1, até o aqueduto do Boi, com uma extensão de 10.351,00 m.

### 5.22 Aqueduto do Boi

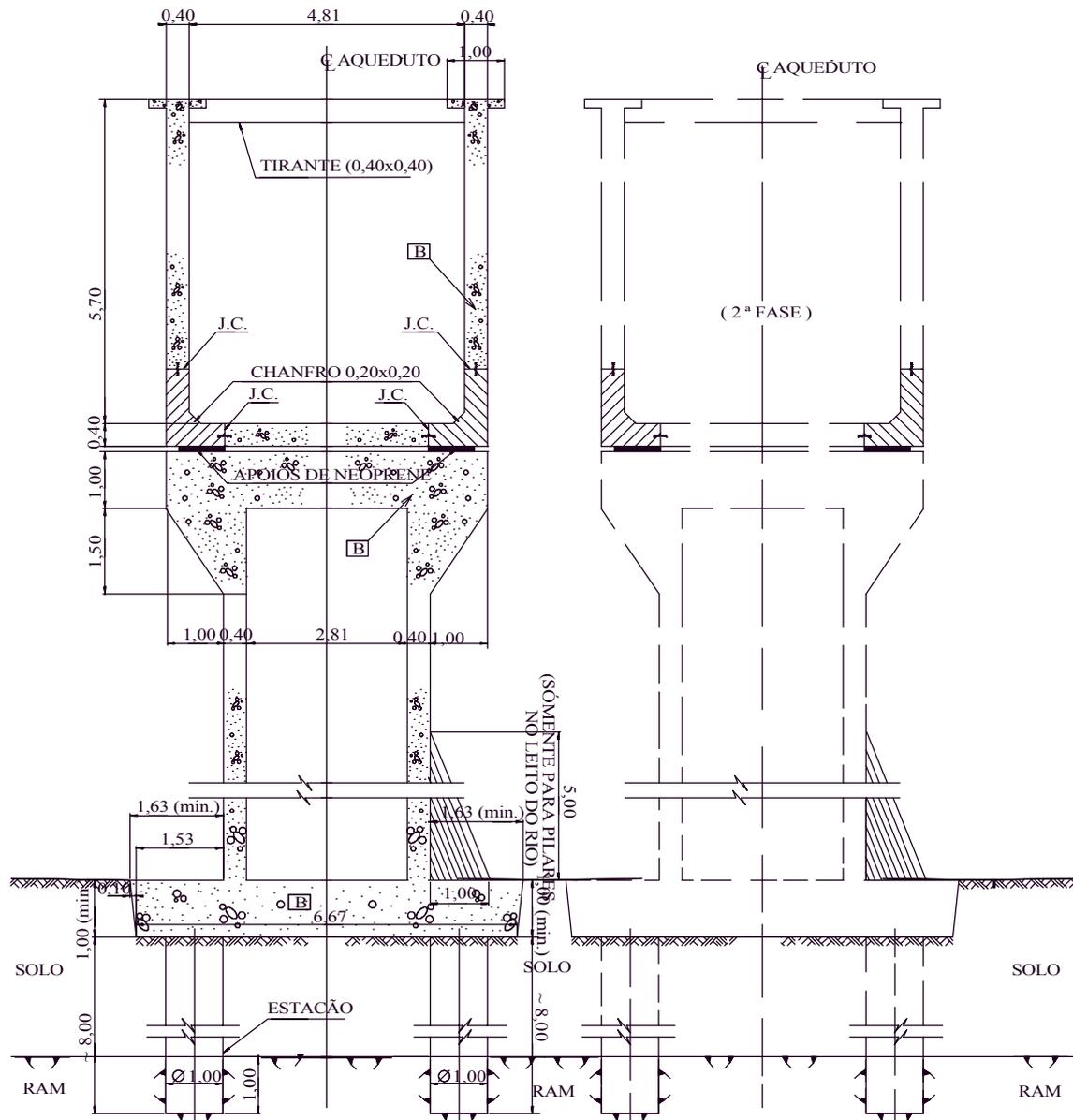
O aqueduto do Boi está situado entre as estacas 48+435 a 48+615, totalizando 180 m de extensão e tem suas características apontadas em 5.1.

Em geral, os aquedutos são formados por uma laje de fundo e duas paredes laterais. Na parte superior dos aquedutos foram instalados tirantes de travamento a cada 5 m, de seção transversal de 0,4 x 0,4 m conforme pode ser observado na Figura 5.9.

Figura 5.9



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico



Os pilares de sustentação da estrutura superior do aqueduto são estruturas celulares com seções vazadas retangulares de 0,40 m de espessura. Para os aquedutos do Boi e Pinga, na parte inferior dos pilares, junto à fundação, considerou-se um bloco maciço encabeçando 4 estacas circulares apresentando 8,0 m de profundidade média e 1,0 m de diâmetro. Na parte superior dos pilares foi implantada uma estrutura maciça sobre a qual foram colocadas almofadas de neoprene para apoio da estrutura adutora.

Os pilares, num trecho de aproximadamente 5 m de comprimento, apresentam forma hidrodinâmica na face de montante, de modo a minimizar os efeitos decorrentes do fluxo da água do rio em alta velocidade.

Nas juntas de construção e de contração da estrutura adutora foram inseridas veda-juntas, de modo a impedir vazamentos. Nas juntas de construção das vigas pré-moldadas, foram implantadas veda-juntas tipo *Fungenband* O-22. Nas juntas de contração da estrutura adutora foram inseridas veda-juntas tipo *Jeene* JJ4050M.



Para as estruturas dos aquedutos, formadas pelas transições, adução, pilares e fundações foram adotadas a classe de concreto B, que apresenta  $f_{ck}=25$  MPa aos 28 dias.

### 5.23 Canal entre aqueduto do Boi e aqueduto Pinga

Da estaca 48+615, final do aqueduto do Boi, até a estaca 49+414 o traçado volta a ser feito por canal, com características referidas em 5.1, até o aqueduto Pinga.

### 5.24 Aqueduto Pinga

O aqueduto Pinga está situado entre as estacas 49+414 a 49+564, totalizando 150 m de extensão e tem suas características descritas em 5.1 e 5.22.

### 5.25 Canal entre aqueduto Pinga e aqueduto Catingueira

O trajeto entre o aqueduto Pinga e o aqueduto Catingueira, da estaca 49+564 até a estaca 57+387, é feito através de canal com as características referidas em 5.1.

### 5.26 Aqueduto Catingueira

O aqueduto Catingueira está situado entre as estacas 57+387 a 57+567, totalizando 180 m de extensão e tem suas características apontadas em 5.1 e 5.22. Para este aqueduto não será necessária a inclusão das 4 estacas para o bloco de fundação, tendo em conta que o topo rochoso encontra-se na superfície do terreno natural.

### 5.27 Canal entre aqueduto Catingueira e galeria Sobradinho

O trajeto entre o aqueduto Catingueira e galeria Sobradinho, da estaca 57+567 até a estaca 76+347, é feito através de canal com as características referidas em 5.1.

### 5.28 Galeria Sobradinho

O canal adutor, ao atravessar transversalmente um curso d'água denominado riacho Sobradinho, com elevação de fundo da ordem de 10m abaixo do leito natural do riacho, transformou-se em galeria, permitindo que o riacho passasse por cima da mesma. Esta galeria é formada por 3 células de seção retangular que apresentam 4,70 m de largura e 6,0 m de altura. Vai da estaca 76+347 até a estaca 76+547.

### 5.29 Canal entre galeria Sobradinho e túnel Cuncas

O trajeto entre a galeria Sobradinho e o túnel Cuncas, da estaca 76+547 até a estaca 78+440, é feito através de canal com as características referidas em 5.1.

### 5.30 Túnel Cuncas

O túnel Cuncas constitui-se na principal obra ao longo do sistema adutor do Trecho II – Eixo Norte com um comprimento de 15.211 m, limitado entre as estacas 78+440 e 93+651. Este túnel foi dimensionado com a finalidade de aduzir 89 m<sup>3</sup>/s através de uma seção de escavação, comum ao longo da maior parte do traçado do túnel, do tipo arco retângulo com 9,3 m de largura, exceto nos emboques revestidos com concreto estrutural, quando essa largura é de 8,0 m. O túnel deverá ter o seu piso totalmente regularizado com concreto magro com espessura da ordem de 20 cm.

Foram adotados para este túnel os seguintes coeficientes de Manning:  $n=0,015$  s/m<sup>1/3</sup> no piso e  $n=0,035$  s/m<sup>1/3</sup> nas paredes laterais e abóbada, resultando num coeficiente médio  $n=0,028$  s/m<sup>1/3</sup>. A altura da lâmina d'água será limitada em 0,75 D, ou seja, a 6,975 m de altura e a declividade do túnel foi fixada em 0,0004 m/m.

Nos seus 50 m iniciais e finais o túnel deverá ser revestido com concreto estrutural, tela soldada Q333, aço CA60B. O revestimento está projetado com 0,30 m de espessura, sendo adotado concreto que apresenta  $f_{ck} = 25$  MPa aos 28 dias.



### 5.31 Canal entre o túnel Cuncas e o reservatório de Morros

O trajeto entre o túnel Cuncas e o reservatório de Morros, da estaca 93+651 até a estaca 95+764, é feito através de canal sem revestimento com as características referidas em 5.1.

### 5.32 Reservatório de Morros

A barragem de Morros tem cerca de 525 m de comprimento e altura máxima de 15 m. O reservatório está compreendido entre as estacas 95+764 e 97+106.

A seção típica da barragem é homogênea, em função dos materiais disponíveis para sua construção, de empréstimos ou das escavações obrigatórias, e das condições geológicas das fundações e das ombreiras.

A seção, homogênea, será construída em solo residual de xistos e metassedimentos ou argila aluvionar.

A crista da barragem tem a cota 391,60m. O NA Max Maximorum é 390,30 m, o Normal é 389,55 m, e o Mínimo é 386,86 m.

O vertedor do reservatório de Morros tem 63,0 m de comprimento, foi dimensionado para a vazão de 40,0 m<sup>3</sup>/s e a cota de sua crista é 389,80 m. Sua descrição é a mesma dos reservatórios do Cipó e do Boi.

### 5.33 Canal até o Reservatório Cuncas

Após o reservatório de Morros, e até o reservatório Cuncas, entre as estacas 97+106 e 101+382, o trajeto é retomado em canal com revestimento segundo características apresentadas em 5.1.

### 5.34 Reservatório Cuncas

O reservatório Cuncas é formado pela barragem principal e dois diques, cujas denominações são: Barragem Cuncas, Dique Cuncas e Dique Pereiros.

Há duas Tomadas d'água em Cuncas. A primeira, com uma vazão de 3 m<sup>3</sup>/s, tem por finalidade a derivação para o riacho Cuncas. A segunda tomada é projetada para a derivação de 50 m<sup>3</sup>/s de água para o reservatório Eng<sup>o</sup>. Ávidos.

O dique Pereiros, parte integrante do reservatório Cuncas, apresenta uma extensão de 50 m, com crista na cota 391,10 m e altura máxima de 6,10 m. Complementa essa obra a implantação de vertedouro em ambas às ombreiras.

A seção típica do dique é homogênea, em função dos materiais disponíveis para sua construção e das condições geológicas das fundações e das ombreiras. A seção homogênea será construída em solo residual de gnaisse ou xistos, coluvios ou argila aluvionar.

A seção típica da barragem Cuncas é homogênea, em função dos materiais disponíveis para sua construção e das condições geológicas das fundações e das ombreiras. A seção homogênea será construída em solo residual de gnaisse ou argila aluvionar.

O dique Cuncas está localizado na estrada de terra secundária que liga as localidades de Cacaré, Prazeres e Engenho Velho Quixeramobim (PB).

A seção típica do dique é homogênea, em função dos materiais disponíveis para sua construção e das condições geológicas das fundações e das ombreiras. A seção homogênea será construída em solo residual de gnaisse ou argila aluvionar. O Dique Cuncas tem cota de coroamento 391,10 m. O comprimento da crista é de 211,64 m.

O NA Normal do reservatório é de 389,04 m, o NA Mínimo é de 386,46 m e o NA Max Maximorum é de 390,04 m.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

### 6 . DESCRIÇÃO GEOMÉTRICA DO TRECHO II

Descrição	Estacas		Coordenadas UTM (estaca de início)		Extensão horizontal (m)	Acumulado
	Início	Fim	N	E		
Início - eixo da tomada d'água de adução no Reservatório Jati	0 + 0,00	0 + 22,98	9.148.197,06	499.718,84	22,98	22,98
Canal lateral para escoamento de cheia início			9.148.113,73	500.061,02		
Canal lateral para escoamento de cheia fim			9.148.648,45	500.089,76	620,99	
Emboque do Pique Vertical	0 + 22,98	0 + 22,98	9.148.201,67	499.741,36	0,00	22,98
Túnel de adução Jati	0 + 22,98	0 + 261,46	9.148.410,25	499.856,97	238,48	261,46
Até a bifurcação para adução das válvulas dispersoras	0 + 261,46	0 + 263,67			2,21	263,67
Da bifurcação até as válvulas dispersoras	0 + 263,67	0 + 343,10			79,43	343,10
Canal de restituição até a ponte da rodovia Jati -S. J. Belmonte	0 + 343,10	0 + 631,72	9.148.666,43	500.109,48	288,62	631,72
Ponte da rodovia Jati -S. J. Belmonte	0 + 600,00					
Canal de restituição da ponte até o Reservatório Atalho	0 + 631,72	2 + 809,18			2.177,46	2.809,18
Reservatório de Atalho até o eixo da Tomada D'Água de adução	2 + 809,18	17 + 597,90	9.155.370,05	511.361,93	14.788,72	17.597,90
Tomada D'Água	17 + 597,90	17 + 612,37			14,47	17.612,37
Túnel de adução de Atalho	17 + 612,37	17 + 872,90			260,54	17.872,90
Até a bifurcação para adução das válvulas dispersoras	17 + 872,90	17 + 887,50			14,60	17.887,50
Da bifurcação até as válvulas dispersoras	17 + 887,50	17 + 988,71			101,20	17.988,71
Reservatório dos Porcos até o dique dos Porcos	17 + 988,71	27 + 286,24	9.161.324,42	513.131,96	9.297,53	27.286,24
Ponte tipo C cruzando o Riacho Verde	22 + 500,00		9.158.659,20	510.147,67	120,00	
Dique dos Porcos	27 + 286,24	27 + 487,41	9.161.298,45	513.331,44	201,17	27.487,41
Reservatório dos Porcos até barragem dos Porcos - ME	27 + 487,41	27 + 932,76	9.161.157,34	513.736,26	445,35	27.932,76
Barragem dos Porcos - Margem Esquerda	27 + 932,76	28 + 678,57	9.160.844,57	514.333,39	745,82	28.678,57
Vertedouro dos Porcos	28 + 678,57	29 + 12,57	9.160.959,56	514.646,97	334,00	29.012,57
Válvula dispersora com capacidade de 7m <sup>3</sup> /s	29 + 12,57	29 + 23,07	9.160.962,40	514.654,72	10,50	29.023,07
Barragem dos Porcos - Margem Direita	29 + 23,07	29 + 316,66	9.161.008,00	514.943,43	293,59	29.316,66
Canal de interligação I início			9.160.881,44	514.930,14		
Canal de interligação I fim			9.160.939,67	515.379,80	453,42	
Estrutura de Controle I			9.160.917,51	515.208,69		
Entre Porcos e Cana Brava	29 + 316,66	29 + 596,84	9.161.045,17	515.221,13	280,18	29.596,84
Barragem Cana Brava	29 + 596,84	31 + 757,26	9.162.145,58	516.943,22	2.160,42	31.757,26
Entre Cana Brava e do Cipó	31 + 757,26	32 + 88,83	9.162.464,23	516.996,40	331,57	32.088,83
Barragem do Cipó	32 + 88,83	32 + 705,19	9.162.994,37	517.310,77	616,36	32.705,19
Canal de interligação II início			9.162.082,43	517.013,55		
Canal de interligação II fim			9.162.193,24	517.085,40	132,07	
Entre Barragem do Cipó e Vertedouro do Cipó	32 + 705,19	32 + 721,60	9.163.008,67	517.318,83	16,41	32.721,60
Vertedouro do Cipó	32 + 721,60	33 + 151,60	9.163.330,64	517.603,85	430,00	33.151,60
Entre Vertedouro do Cipó e Barragem do Boi I	33 + 151,60	34 + 137,33	9.163.455,09	518.575,47	985,73	34.137,33
Canal de interligação III início			9.162.833,07	518.065,25		
Canal de interligação III fim			9.163.164,30	518.567,12	601,33	
Ponte sobre o canal de interligação III - Tipo 1C			9.163.050,00	518.393,16		
Barragem do Boi I	34 + 137,33	35 + 577,22	9.164.353,69	519.559,95	1.439,89	35.577,22
Entre a Barragem do Boi I e Vertedouro do Boi	35 + 577,22	35 + 592,22	9.164.367,49	519.560,07	15,00	35.592,22
Vertedouro do Boi	35 + 592,22	35 + 692,22	9.164.391,99	519.657,03	100,00	35.692,22
Barragem do Boi II	35 + 692,22	37 + 53,47	9.165.097,33	520.796,96	1.361,26	37.053,47
Entre Barragem do Boi II e a Estrutura de Saída	37 + 53,47	38 + 16,02	9.165.559,73	521.543,52	962,55	38.016,02
Estrutura de Saída	38 + 16,02	38 + 84,70	9.165.627,67	521.553,53	68,68	38.084,70
Interferência - Passarela	38 + 200,00					
Interferência - Cruzamento com estrada vicinal - Ponte tipo 1C	39 + 800,00					
Canal	38 + 84,70	48 + 434,87	9.171.194,33	527.483,80	10.350,17	48.434,87
Interferência - Passarela	41 + 100,00					
Interferência - Cruzamento com estrada vicinal - Ponte tipo 1C	42 + 0,00					
Interferência - Passarela	43 + 200,00					
Interferência - Cruzamento com estrada vicinal - Ponte tipo 1C	46 + 0,00					
Aqueduto do Boi	48 + 434,87	48 + 614,90	9.171.312,06	527.620,00	180,03	48.614,90
Ponte paralela ao aqueduto - tipo 2	48 + 400,00					
Canal	48 + 614,90	49 + 414,29	9.172.061,17	527.704,28	799,39	49.414,29



## Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Aqueduto Pinga	49 + 414,29	49 + 564,32	9.172.182,47	527.616,00	150,03	49.564,32
Interferência - Cruzamento com estrada vicinal - Ponte tipo 1C	49 + 0,00					
Ponte paralela ao aqueduto - tipo 2	49 + 500,00					
Canal	49 + 564,32	57 + 387,19	9.176.917,92	530.163,35	7.822,86	57.387,19
Interferência - Passarela	50 + 0,00					
Interferência - Passarela	52 + 300,00					
Interferência - Cruzamento com estrada vicinal - Ponte tipo 1C	53 + 800,00					
Interferência - Passarela	55 + 500,00					
Aqueduto Catingueira	57 + 387,19	57 + 567,22	9.177.089,69	530.217,27	180,03	57.567,22
Ponte paralela ao aqueduto - tipo 2	57 + 500,00					
Canal	57 + 567,22	71 + 596,41	9.190.952,73	537.337,92	14.029,20	71.596,41
Interferência - Cruzamento com estrada vicinal - Ponte tipo 1C	58 + 600,00					
Interferência - Passarela	61 + 500,00					
Interferência - Cruzamento com estrada vicinal - Ponte tipo 1C	65 + 100,00					
Interferência - Passarela	68 + 500,00					
Bueiro Palha	71 + 596,41	71 + 704,41	9.187.406,14	534.456,12	108,00	71.704,41
Ponte paralela ao bueiro - tipo 2	71 + 500,00					
Canal	71 + 704,41	76 + 346,64			4.642,22	76.346,64
Interferência - Cruzamento com estrada vicinal - Ponte tipo 1C	72 + 200,00					
Interferência - Cruzamento com estrada vicinal - Ponte tipo 1C	74 + 300,00					
Interferência - Cruzamento sobre o canal - Ponte tipo 1C	75 + 700,00					
Galeria Sobradinho	76 + 346,64	76 + 546,64	9.191.147,82	537.381,97	200,00	76.546,64
Canal	76 + 546,64	78 + 440,00	9.192.993,97	537.802,02	1.893,37	78.440,00
Interferência - Passarela	77 + 800,00					
Túnel Cuncas	78 + 440,00	93 + 651,36	9.207.749,13	541.499,43	15.211,36	93.651,36
Canal sem revestimento, de adução ao Reservatório dos Morros	93 + 651,36	95 + 764,32			2.112,96	95.764,32
Interferência - Cruzamento sobre o canal - Ponte tipo 1C	93 + 750,00					
Barragem dos Morros início			9.210.108,12	544.204,54		
Barragem dos Morros fim			9.209.609,50	544.166,31		
Vertedouro dos Morros início			9.209.592,87	544.171,75		
Vertedouro dos Morros fim			9.209.532,99	544.191,34		
Trecho do Reservatório dos Morros ao longo do traçado	95 + 764,32	97 + 105,70			1.341,38	97.105,70
Canal até o reservatório Cuncas	97 + 105,70	101 + 382,32			4.276,63	101.382,32
Interferência - Passarela	97 + 800,00					
Interferência - Cruzamento com estrada vicinal - Ponte tipo 1C	98 + 700,00					
Interferência - Passarela	100 + 0,00					
Interferência - Cruzamento sobre o canal - Ponte tipo 1C	101 + 0,00					
Vertedouro Pereiros ME início			9.213.999,99	543.944,00		
Vertedouro Pereiros ME fim			9.213.932,23	543.926,38		
Dique Pereiros início			9.213.932,23	543.926,38		
Dique Pereiros fim			9.213.712,54	543.869,24		
Vertedouro Pereiros MD início			9.213.712,54	543.869,24		
Vertedouro Pereiros MD fim			9.213.644,80	543.851,62		
Barragem Cuncas início			9.214.262,30	545.258,92		
Barragem Cuncas fim			9.215.051,84	545.560,11		
Estrutura de Derivação para o açude Eng. Ávidos			9.214.385,72	545.306,00		
Estrutura de Derivação para o Riacho Cuncas			9.214.523,80	537.755,13		
Trecho do Reservatório Cuncas ao longo do traçado	101 + 382,32	105 + 519,60			4.137,28	105.519,60
Estrutura de Controle para o Trecho III	105 + 519,60	105 + 578,13	9.216.980,53	542.367,98	58,53	105.578,13

Os textos na cor azul correspondem às estruturas que não se encontram no alinhamento do eixo. Conseqüentemente as estacas são aproximadas.

Os textos na cor vermelha correspondem às interferências no alinhamento do eixo.