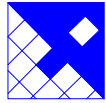




**MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA**



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 V – EIXO LESTE
R5 – SISTEMA ADUTOR – CANAIS,
AQUEDUTOS, TOMADAS DE USOS DIFUSOS,
TÚNEL, ESTRUTURAS DE CONTROLE**



FUNCATE - Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais

TRECHO V – EIXO LESTE
R5 – SISTEMA ADUTOR – CANAIS, AQUEDUTOS, TOMADAS
DE USOS DIFUSOS, TÚNEL, ESTRUTURAS DE CONTROLE

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. Kirchhoff

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, março de 2001

Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais - FUNCATE

Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional; Trecho V – Eixo Leste R5 – Sistema adutor – Canais, aquedutos, tomadas de uso difusos, túnel, estruturas de controle. – São José dos Campos: Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais – FUNCATE, 2000.

21 p

1. Transposição de Águas, Estruturas e condutos de admissão
- I. Trecho V – Eixo Leste – R5 – Sistema adutor – Canais, aquedutos, tomadas de usos difusos, túnel, estruturas de controle.

CDU 556.5:627.84

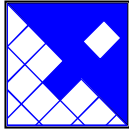
FUNCATE:

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

São José dos Campos – SP

CEP: 12210-131

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



FUNCATE

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

Projeto						Data	
Verificação						Data	
Aprovação						Data	
Aprovação						Data	
Código FUNCATE						Data	
EN.B/V.RF.GR.0005							
Rev.	Data	Folha	Descrição	Aprovação		FUNCATE	
						Data	Aprovação

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

**TRECHO V - EIXO LESTE
R5 - SISTEMA ADUTOR - CANAIS,
AQUEDUTOS, TOMADAS DE USOS DIFUSOS,
TÚNEL, ESTRUTURAS DE CONTROLE**

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*

José Carlos Mazzo: Chefe da Equipe de Hidráulica:

*Anibal Young Eléspuru – Engenheiro Civil
Rafael Guedes Valença – 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
José Luiz Barbosa Vianna – Tecnólogo em Obras Cíveis*

Ricardo Carone: Chefe da Equipe de Engenharia Mecânica

Bernd Dieter Lukas – Engenheiro Mecânico

Sidnei Collange: Chefe da Equipe de Engenharia Elétrica

Coaraci Inajá Ribeiro – Engenheiro Eletricista

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

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

Laryssa Lillian Lopes – Técnica em Geoprocessamento

Henrique de Brito Farias – Técnico 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



APRESENTAÇÃO

O presente documento se constitui no Relatório R5 – SISTEMA ADUTOR – CANAIS, AQUEDUTOS, TOMADAS DE USOS DIFUSOS, TÚNEL, ESTRUTURAS DE CONTROLE, parte integrante do **Projeto Básico do Trecho V – Eixo Leste**, 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/SEP/RE 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 V – Eixo Leste** compõe-se dos seguintes relatórios:

- R1 Descrição do Projeto
- R2 Critérios de Projeto
- R3 Sistemas de Captação no Reservatório da UHE Itaparica
- R4 Estações de Bombeamento
- R5 Sistema Adutor – Canais, Aquedutos, Tomadas de Usos Difusos, Túnel, Estruturas de Controle
- R6 Barragens e Vertedouros
- R7 Sistema de Drenagem
- R8 Bases Cartográficas
- R9 Geologia e Geotecnia
- R10 Estudos Hidrológicos
- R11 Sistemas de Supervisão, Controle e Telecomunicações
- R12 Modelo Hidrodinâmico e Esquema Operacional
- R13 Sistema Elétrico
- R14 Canteiros e Sistema Viário
- R15 Cronograma e Orçamentos
- R16 Caderno de Desenhos
- R17 Dossiê de Licitação
- R18 Memoriais de Cálculo



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

ÍNDICE	PG.
1 . OBJETO E OBJETIVO.....	1
2 . CANAIS	1
2.1 Aspectos Hidráulicos.....	1
2.2 Aspectos da Otimização do Traçado	1
2.3 Aspectos Geológicos.....	2
2.3.1 EST. 0 + 000 (Reservatório de Itaparica) à EBV-1	2
2.3.2 EBV-1 à EBV-2	2
2.3.3 EBV-2 à EBV-3	2
2.3.4 EBV-3 à EBV-4	3
2.3.5 EBV-4 à EBV-5	3
2.3.6 EBV-5 à EBV-6	3
2.3.7 EBV-6 à Estaca 204 + 251 (fim do canal).....	3
2.4 Aspectos Geotécnicos.....	4
2.5 Aspectos Estruturais	5
3 . AQUEDUTOS.....	5
3.1 Generalidades	5
3.2 Aspectos Hidráulicos.....	7
3.3 Aspectos Geológicos.....	7
3.3.1 Aqueduto Jacaré	7
3.3.2 Aqueduto Caetitu	7
3.3.3 Aqueduto Branco	7
3.3.4 Aqueduto Barreiro	8
3.4 Aspectos Geotécnicos.....	8
3.5 Aspectos Estruturais	9
4 . TOMADAS D' ÁGUA DE USOS DIFUSOS	10
5 . TOMADAS D'ÁGUA DE DERIVAÇÃO.....	12
6 . ESTRUTURAS DE CONTROLE DE SUPERFÍCIE.....	12
6.1 Características Gerais	12
6.2 Equipamentos Mecânicos das Estruturas de Controles	14
6.2.1 Comportas Segmento	14
6.2.2 Comportas Ensecadeiras	14
7 . ADUÇÃO POR TUBULAÇÃO	15
7.1 Características Gerais	15
7.2 Equipamentos Mecânicos da Estrutura de Transição Canal-Tubulação	16
7.2.1 Grades	16
7.2.2 Comportas Segmento	16
7.2.3 Comportas Ensecadeiras	17
8 . TÚNEL.....	17
8.1 Generalidades	17
8.2 Aspectos Geológicos.....	17
8.3 Aspectos Geotécnicos.....	18
8.4 Aspectos Estruturais	19



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

9 . PONTES E PASSARELAS.....	19
9.1 Ponte Tipo 1A ou 1B	19
9.2 Ponte Tipo 1C.....	19
9.3 Ponte Tipo 2	20
9.4 Ponte Tipo 3	20
9.5 Passarelas	21



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

1 . OBJETO E OBJETIVO

O objeto deste relatório é o Trecho V – Eixo Leste do Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco Para o Nordeste Setentrional; seu objetivo é apresentar as obras hidráulicas do Sistema Adutor.

O sistema adutor é composto por diversas estruturas típicas. Excetuando-se as estruturas das estações de bombeamento e as obras de drenagem, descritas em relatórios específicos, apresentam-se aqui as seguintes estruturas:

- Canais implantados em corte e aterro;
- Aquedutos;
- Tomadas d'Água de Uso Difuso;
- Tomada d'Água de derivação;
- Estrutura de Controle de Superfície;
- Vertedouros;
- Túnel;
- Adução por Tubulação (adutora Monteiro-Poções);
- Pontes e Passarelas.

2 . CANAIS

2.1 Aspectos Hidráulicos

Os canais foram dimensionados com a finalidade de aduzir as vazões de 28,0 e 18,0 m³/s, a partir do reservatório de Itaparica, no Rio São Francisco, e cujas dimensões e características são as seguintes:

- Canal trapezoidal, (canal de aproximação), com largura de base de 14,0 m, taludes laterais 1V:2H, escavado em solo e rocha, coeficiente de rugosidade de Manning $n=0,035 \text{ s/m}^{1/3}$, adotado para este caso, declividade de 0,0001 m/m, vazão de 28,0 m³/s, velocidade de 0,48 m/s, altura da lâmina d'água de 2,95 m e tendo um comprimento total de 5.665 m.
- Canal trapezoidal, (Canal adutor), com largura de base de 4,0 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 28 m³/s, velocidade de 0,99 m/s, altura da lâmina d'água de 3,21 m, tendo um comprimento total, incluindo as transições, de 93.611 m.
- Canal trapezoidal,(canal adutor), com largura da base de 3,0 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 18,0 m³/s, velocidade de 0,89 m/s, altura da lâmina d'água de 2,81 m, tendo um comprimento total, incluídas as transições, de 70.274 m.

2.2 Aspectos da Otimização do Traçado

Para o traçado do canal foram considerados os seguintes aspectos:

- Condições geológico-geotécnicas, quanto às espessuras de materiais de primeira e segunda categoria, tanto nos cortes como nos aterros, solos expansivos ou colapsíveis e solos arenosos que apresentam dificuldade de compactação;



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

- Otimização de momentos de transporte acima de 1km;
- Balanceamento entre volumes de corte e de aterro, considerando as três categorias de materiais;
- Faixa disponível de cartografia, obtida a partir de restituição aerofotogramétrica 1:2.000, com equidistância entre curvas de níveis de metro em metro;
- Otimização do comprimento do canal, entre elevatórias ou no total, no sentido de minimizar custo de bombeamento;
- Minimização das obras de drenagem superficial;
- Preocupação quanto às interferências, tais como rios, riachos, açudes, elevações topográficas, estradas e cidades;
- Logística de construção, como estradas de acesso e de serviço, canteiro e suprimento de materiais de construção;
- Disponibilidade de materiais naturais de construção como solo, areias, cascalho, materiais granulares rochosos e rocha;
- Minimização de custos de manutenção;
- Custos ambientais e atendimento às diretrizes e programas ambientais.

2.3 Aspectos Geológicos

Os canais são descritos, pelas suas particularidades, em trechos delimitados pelas estações elevatórias.

2.3.1 EST. 0 + 000 (Reservatório de Itaparica) à EBV-1

A partir da estaca 3 + 900 inicia-se a escavação do canal em terreno seco, onde a sondagem SR 02, cota 306, indica a presença de arenitos conglomeráticos até a cota de fundo do canal. Nesta sondagem não foi atingido o nível d'água freático até a profundidade de 11 m, prevendo-se que nas escavações não ocorram infiltrações de água. Este trecho de canal se prolonga até o local da elevatória EBV-1, na estaca 5 + 665. Nesse trecho do canal, a sondagem SR 03, executada na estaca 4 + 900, indicou a presença de conglomerado, típico de borda de bacia sedimentar.

2.3.2 EBV-1 à EBV-2

O canal neste trecho deverá ter o seu greide por volta da cota 358 e inclui cortes e aterros relativamente baixos. As escavações no trecho sedimentar deverão ser efetuadas em 2 m de material de 1.^a e em 8 m de material de 2.^a categoria, estimando-se uma permeabilidade de 10-4 cm/s. No trecho de cristalino, as escavações deverão interceptar, em média, 2 m de material de 1.^a e 2 m de material de 2.^a categoria.

Os aterros no trecho sedimentar ficarão apoiados em solos compactos de arenitos, normalmente recobertos por solos coluvionares arenosos, fofos, com espessura da ordem de 1,5 m.

2.3.3 EBV-2 à EBV-3

O canal deverá ser implantado em terrenos cristalinos desde a EBV-2 até a estaca 27 + 800. O seu greide está estabelecido por volta da cota 397 e inclui cortes altos, com altura superior a 10 m. A sondagem SR 27, executada na estaca 23 + 000, indicou a presença de 0,80 m de colúvio argilo-arenoso na superfície, capeando rocha alterada mole de granito porfirítico até a profundidade de 4,30 m. Daí para baixo, ocorre 1,10 m de rocha alterada dura, muito fraturada e rocha sã, pouco fraturada até a profundidade final da sondagem de 9,17 m. Estas condições geológicas são representativas da região, estimando-se uma permeabilidade para o maciço rochoso de 10-5 cm/s.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Da estaca 27 + 800 até a EBV-3, o canal será implantado em terrenos sedimentares, onde além das investigações do eixo da Barragem de Mandantes, foram executadas as sondagens SR 28 e SR 33 que mostraram a presença de conglomerado principalmente, e alguns trechos de arenito conglomerático. Os cortes neste trecho são relativamente baixos, devendo as escavações interceptarem 2 m de material de 1ª e 8 m de material de 2ª Categoria.

2.3.4 EBV-3 à EBV-4

A geologia deste trecho é constituída por rochas cristalinas, incluindo granitos porfiríticos, migmatitos, muscovita gnaisses e biotita gnaisses. Apresenta extensas coberturas coluvionares e depósitos aluvionares.

O primeiro grande trecho se estende desde a estação elevatória EBV-3, estaca 36 + 345 até a estaca 65 + 000, e inclui cortes menores que 10 m e aterros baixos, onde foi executado apenas o mapeamento geológico. No início aparece o granito porfirítico, recoberto por extenso coluvião e no final, o migmatito. Prevê-se que as escavações dos cortes interceptem de 2 a 3 m de material de 1ª e 2 m de material de 2ª categoria. A permeabilidade estimada para o maciço rochoso varia de 10^{-4} a 10^{-5} cm/s.

O segundo grande trecho se estende desde a estaca 65 + 000 até a estaca 86 + 000 e inclui alguns cortes altos. As sondagens indicaram, em geral, pequenas espessuras de alteração devendo as escavações dos cortes interceptar de 2 a 3 m de escavação de 1ª e 2 m de material de 2ª categoria. A permeabilidade estimada para os maciços rochosos variou de 10^{-4} a 10^{-5} cm/s, ocorrendo localmente, trechos de 10^{-3} cm/s, para maciços são e pouco alterados e extremamente fraturados.

O terceiro trecho, da estaca 86 + 000 a 96 + 576, inclui o dique de Cacimba Nova. Estabeleceu-se para este trecho que as escavações dos cortes devam interceptar, em média, 2 m de material de 1ª e 2,5 m de material de 2ª categoria. A permeabilidade admitida para o maciço rochoso é de 10^{-5} cm/s.

2.3.5 EBV-4 à EBV-5

A geologia deste trecho é constituída por rochas cristalinas, incluindo, migmatitos, muscovita, gnaisses e biotita gnaisses. Apresenta depósitos aluvionares ao longo das principais drenagens, sendo a mais expressiva, representada pelo rio Moxotó.

De uma maneira geral, o trecho apresenta pequena espessura de alteração em locais de ocorrência de migmatitos e muscovita gnaisses, da ordem de 4 a 4,5 m, em média, incluindo solos e rocha alterada mole. Nos trechos de biotita gnaisses, as espessuras médias de alteração são maiores, de até 9 m.

2.3.6 EBV-5 à EBV-6

Este trecho está situado entre as estacas 164 + 185 e 170 + 002 e inclui o reservatório da Barragem Barreiro. Trata-se de um trecho relativamente curto, onde o mapeamento geológico indicou a presença de granito gnaisses e migmatito

Essas condições são bastante semelhantes àquelas descritas para a estação elevatória EBV-5, devendo as escavações dos cortes interceptar 2 m de material de 1ª e 2 m de material de 2ª categoria. A permeabilidade estimada para este trecho é de 10^{-5} cm/s.

No segundo trecho, entre o reservatório e a estação elevatória EBV-6, ocorre granito gnaisses. No projeto foi admitido que a escavação dos cortes interceptará 2 m de material de 1ª e 2 m de material de 2ª categoria. A permeabilidade estimada é de 10^{-5} cm/s.

2.3.7 EBV-6 à Estaca 204 + 251 (fim do canal)

O trecho compreendido entre as estacas 170 + 529, estação elevatória EBV-6 e 204 + 251, fim do canal inclui a Barragem Campos e o Túnel Monteiro como obras singulares.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Logo após a EBV-6, o canal desenvolve-se num extenso aterro que vai desde a estaca 171 + 000 até a estaca 175 + 300, onde a cobertura de solo é pequena, sendo que a fundação do aterro será em solo de alteração compacto e/ou rocha alterada de gnaiss.

Em profundidade, o maciço rochoso apresenta-se são e pouco fraturado no local de maior alteração e pouco alterado e medianamente a muito fraturado no local de menor alteração. Estima-se uma permeabilidade de 10^{-4} cm/s para o trecho. As escavações, nos cortes, considerando-se a presença de afloramentos rochosos no local, deverão interceptar cerca de 1 m de material de 1ª e 2 m de material de 2ª categoria.

Após o reservatório de Campos, estaca 177 + 600 até a estaca 190 + 700, o mapeamento geológico indicou a presença de granito gnaiss num trecho que inclui cortes com alturas superiores a 10 m. Neste trecho foram realizadas as sondagens SR 144 a SR 152 que indicaram, em geral, profunda alteração da rocha, da ordem de 5 m, com alguns locais apresentando menor alteração. O maciço rochoso apresenta-se como rocha alterada dura, muito a extremamente fraturada, prevendo-se que as escavações interceptem 4 m de material de 1ª e 2 m de material de 2ª no trecho compreendido entre as estacas 177 + 600 e 185 + 000. No trecho final o maciço rochoso é menos alterado e menos fraturado, devendo a escavação interceptar 2,5 m de material de 1ª e 1,5 m de material de 2ª categoria. A permeabilidade estimada para o trecho variou de 10^{-4} a 10^{-5} cm/s.

Da estaca 190 + 700 à estaca 193 + 060, emboque do Túnel Monteiro, o traçado do canal desenvolve-se num fundo de vale, onde o mapeamento geológico indicou a presença de extenso aluvião, exceto no trecho próximo ao emboque. Para este trecho, inteiramente de corte, a escavação se dará em 8 m de material de 1ª e em 1 m de material de 2ª categoria. A permeabilidade estimada foi de 10^{-4} cm/s.

Do desemboque do Túnel Monteiro, estaca 199 + 549, até a estaca 203 + 000, ocorre biotita gnaiss, onde as sondagens SR 160 a SR 164 indicaram pequena espessura de alteração variando de 1,20 a 2,45 m de solo e rocha alterada mole, estabelecendo-se para escavação do corte, cerca de 1,5 m de material de 1ª e 1 m de material de 2ª categoria. A permeabilidade estimada para o trecho é de 10^{-5} cm/s.

Por fim, no trecho final do traçado do Trecho V – Eixo Leste, entre as estacas 207 + 800 e 204 + 200, a sondagem SR 165 indicou 1,60 m de solo coluvionar argilo-arenoso na superfície sobre solo de alteração de biotita gnaiss. O solo de alteração é constituído por silte argilo-arenoso, compacto a muito compacto que se estende até 6,70 m de profundidade. Abaixo ocorre rocha alterada mole e rocha alterada dura, extremamente fraturada, respectivamente até 8,20 e 18,33 m, esta com permeabilidade estimada de 10^{-5} cm/s.

2.4 Aspectos Geotécnicos

Do ponto de vista geotécnico, adotou-se:

- Os taludes em solo, exceto na seção molhada do canal, terão inclinação 1V:1,5H para possibilitar a sua proteção contra intempéries através da colocação de materiais granulares. Caso o solo seja bastante argiloso, a camada de material granular é simples. Para solos pouco argilosos ou arenosos haverá colocação de uma camada de transição fina entre o solo e a proteção granular constituída de blocos médios e grandes;
- Os taludes de escavação dos canais em regiões de maciços cristalino, em Rocha Alterada Mole(RAM) ou Rocha Alterada Dura(RAD) ou Rocha Sã(RS) terão a inclinação do talude de escavação de 2V:1H;
- Nos taludes de escavação em rocha sedimentar a proteção ou estabilização dependerá da consistência e coerência das descontinuidades e das condições hidrogeológicas. Nesses taludes, a inclinação do talude varia de 1V:1H a 1V:2H;



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

- Nas rochas sedimentares (conglomerados, arenitos e arenitos conglomeráticos) a inclinação da escavação será 1V:1H acima do NA do canal de adução.

Na seção molhada as inclinações dos taludes de escavação variam, sendo 1V:1,5H, para rochas cristalinas ou sedimentares e 1V:2H para rochas sedimentares incoerentes e saturadas. Nos aterros, homogêneo ou zoneado, a inclinação será 1V :1,5H.

Para o estudo de balanceamento entre volumes de escavação das três categorias de materiais e aterro, foram utilizados os coeficientes de empolamento estabelecidos nos critérios de projeto. Para efeito de cálculo de momento de transporte além de 1km foram calculadas distâncias entre centros de massas dos cortes e dos aterros adjacentes, intervenientes no processo de balanceamento, nos trechos entre as elevatórias.

O traçado do canal foi definido com o auxílio do programa GEOPAK, que permite quantificar os volumes de escavação para as 3 categorias de materiais envolvidos e de aterro para um dado traçado.

Através de várias alternativas de traçado, foi adotada aquela em que se obteve a compensação aproximada dos materiais de escavação com os materiais de aterro, de modo a não necessitar o emprego de materiais da zona de empréstimo, para a execução dos aterros, e nem a execução de bota-fora resultante das escavações.

O equilíbrio entre corte-aterro foi feito para a distância de transporte de 5 Km, distância esta que se mostrou ser a mais econômica, para a utilização dos materiais provenientes da escavação obrigatória nos aterros.

2.5 Aspectos Estruturais

Os canais serão revestidos por uma geomembrana protegida por concreto reforçado com fibra sintética de nylon ou de polipropileno, tendo espessura de 12,0 cm na base e 5,0 cm nos taludes laterais, com juntas de contração formando placas de 3x3 m, sendo uma na ligação entre a base e o talude, outra no meio do talude e outra no meio da base. As juntas de dilatação transversais foram projetadas a cada 30 m. Foi adotada a classe de concreto A, que apresenta $f_{ck}=15$ MPa aos 28 dias.

Prevê-se que o lançamento e o espalhamento do concreto na superfície do canal seja feito com pontes de concretagem, uma vez que este sistema permite um rendimento extremamente elevado.

A geomembrana será o único dispositivo responsável pela impermeabilização do canal, uma vez que abaixo desta será instalado um sistema de drenagem para alívio da subpressão com deságüe para fora do canal. Qualquer defeito na geomembrana ou nas suas emendas poderá ser detectado por acréscimo de vazão neste sistema de drenagem.

Poderão ser empregados dois tipos de geomembrana, a saber:

- geomembrana de PVC acoplada ao geotextil;
- geomembrana de PEAD (polietileno de alta densidade).

Cada um dos tipos de geomembrana possui características particulares quanto à resistência aos raios ultra-violetas, resistência ao puncionamento, resistência à tração, etc. Possuem em comum a baixa permeabilidade que garantirá a estanqueidade do canal.

3 . AQUEDUTOS

3.1 Generalidades

Os aquedutos são estruturas que substituem os canais em trechos reduzidos, onde normalmente ocorre a passagem de um rio com vazão elevada, transversalmente ao canal, não comportando



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

uma solução de drenagem com galerias enterradas sob o canal, conforme pode ser observado nos seguintes desenhos:

- EN.B/V.DS.ET.0701;
- EN.B/V.DS.ET.0702;
- EN.B/V.DS.ET.0711;
- EN.B/V.DS.ET.0712.

No Trecho V - Eixo Leste, foram projetados 4 aquedutos, sendo 2 com vazão de 28 m³/s e 2 com vazão de 18 m³/s, conforme descrição apresentada abaixo.

AQUEDUTO	VAZÃO(m ³ /s)	COMPRIMENTO (m)	ESTACAS	
			INICIAL	FINAL
JACARÉ	28	120	80 + 760	80 + 880
CAETITU	28	120	114 + 885	115 + 005
BRANCO	18	150	147 + 800	147 + 950
BARREIRO	18	210	151 + 000	151 + 210

Os aquedutos iniciam-se com uma estrutura de transição de montante, para passar da seção do canal para a seção do aqueduto em formato retangular. A mesma situação ocorre na saída do aqueduto, com a transição de jusante, que passa da forma retangular do aqueduto para a forma do canal, conforme pode ser verificado na Figura 1.

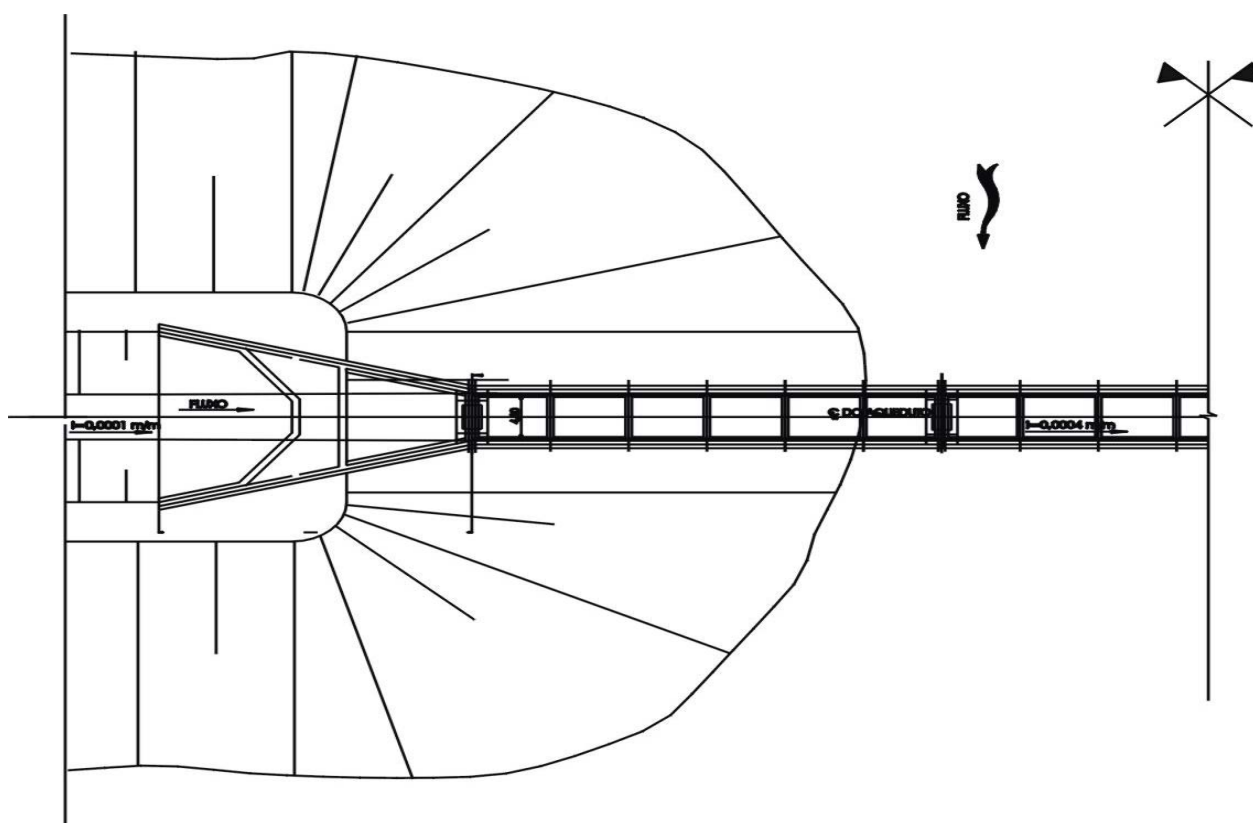


Figura 1 – Planta do Aqueduto



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Os comprimentos indicados na tabela acima, referem-se somente à parte do aqueduto situada sobre pilares, ou seja, valores múltiplos de 30 m (distância entre pilares). Não estão incluídos os comprimentos dos trechos das transições de montante e jusante, que medem 20 m, para vazão de 28 m³/s, e 15 m para vazão de 18 m³/s.

3.2 Aspectos Hidráulicos

Os aquedutos têm forma retangular com declividade de 0,0004 m/m. Para a vazão de 28 m³/s a sua base é de 4,20 m de largura e altura de 4,03 m, e para a vazão de 18 m³/s a sua base é de 3,80 m de largura e a altura de 3,17 m. O coeficiente de Manning adotado é de 0,015s/m^{1/3}.

3.3 Aspectos Geológicos

3.3.1 Aqueduto Jacaré

A geologia do local do aqueduto Jacaré é constituída exclusivamente por gnaisses migmatíticos. No leito do rio ocorrem sedimentos aluvionares. Em ambas as ombreiras o mapeamento geológico mostrou a presença de afloramentos rochosos, em parte recobertos por coluviões arenosos com espessura da ordem de 0,5 a 1,0 m.

No leito do rio, as sondagens indicaram a presença de aluvião bastante espesso, da ordem de 6 a 8 m, onde o trecho superior é constituído por argila arenosa e o trecho médio inferior por areia de granulação média a grossa com cascalhos. O aluvião encontra-se diretamente por sobre o gnaisse que se apresenta, no seu metro superior, muito alterado e extremamente fraturado, passando abaixo a rocha alterada dura, medianamente fraturada. O nível d'água está posicionado no aluvião entre 5 e 6 m.

3.3.2 Aqueduto Caetitu

A geologia do local do aqueduto Caetitu é constituída principalmente por muscovita gnaisse cinza. Nas proximidades, ocorrem gnaisses migmatítico e quartzito, este restrito a uma elevação junto à ombreira de jusante. No leito do rio ocorrem sedimentos aluvionares. As sondagens mostraram condições geológicas e geotécnicas bastante particulares no local, observando-se um processo de alteração mais intenso na ombreira de montante. O topo rochoso é constituído em suas partes superiores por rocha alterada dura, extremamente fraturada que passa em profundidade a rochas menos fraturadas.

No leito do rio, a sondagem indicou aluvião constituído por areia média a grossa, pouco siltosa, fofa a pouco compacta, sobreposta a solo de alteração de muscovita gnaisse.

3.3.3 Aqueduto Branco

A geologia do local do aqueduto Branco é constituída exclusivamente por gnaisse migmatítico, cinza. No leito do rio ocorrem sedimentos aluvionares. As sondagens mostraram condições geológicas e geotécnicas bastante particulares no local, observando-se um processo de alteração pouco mais intenso na ombreira de jusante, onde a sondagem atravessou 0,7 m de coluvião, solo de alteração muito compacto até 5,0 m e rocha alterada dura, muito a extremamente fraturada até 7,7 m de profundidade, passando a partir daí para uma rocha sã, pouco fraturada. Na ombreira de montante, a sondagem atravessou 3,3 m de aluvião arenosiltoso com cascalho, passando imediatamente ao gnaisse migmatítico sã, pouco a ocasionalmente fraturado.

No leito do rio, a sondagem indicou 3,0 m de aluvião constituído por argila arenosa marrom escura, dura, sobreposto diretamente sobre o gnaisse migmatítico subjacente, que se apresenta sã e pouco a ocasionalmente fraturado. O nível d'água não foi interceptado em nenhuma das sondagens, acreditando-se que as escavações para a implantação dos pilares ocorram em terrenos secos.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

3.3.4 Aqueduto Barreiro

A geologia do local do aqueduto Barreiro é constituída principalmente por gnaiss de granulação média e cor cinza. No leito do rio ocorrem sedimentos aluvionares. As sondagens mostraram condições geológicas e geotécnicas bastante particulares no local, observando-se um processo de alteração mais intenso na ombreira de montante, onde a sondagem atravessou 6,7 m de aluvião sobre solo de alteração e a sondagem da ombreira de jusante, 3,4 m, o que coloca o topo rochoso mais raso nessa região. Este solo de alteração é constituído por silte arenoso compacto com fragmentos de quartzo e feldspato. O topo rochoso é constituído em suas partes superiores por rocha alterada mole, extremamente fraturada que passa em profundidade a rochas menos alteradas e menos fraturadas, a 8,8 e 6,5 m, respectivamente. O nível d'água, em ambas as ombreiras, foi detectado à 5,5 m de profundidade.

No leito do rio, a sondagem indicou 6,1 m de aluvião constituído por argila arenosa, marrom escura, nos seus 2,5 m superficiais e areia fina a grossa, pouco siltosa, na base. O aluvião está sobreposto ao solo de alteração do gnaiss subjacente. Este solo, semelhante ao observado nas ombreiras, desenvolve-se até 10,3 m de profundidade, passando gradativamente à espessa camada de rocha alterada mole até 15,8 m. Daí para baixo, ocorre uma rocha sã, pouco a medianamente fraturada. O nível d'água está posicionado no solo de alteração a 7,4 m de profundidade.

3.4 Aspectos Geotécnicos

Os aterros nos encontros dos aquedutos foram concebidos em seção mista, ou seja, sob as extremidades dos canais retangulares em concreto estão previstos aterros compactados confinados lateralmente por maciços de enrocamento separados por camadas de transições fina e grossa, conforme pode ser observado na Figura 2.

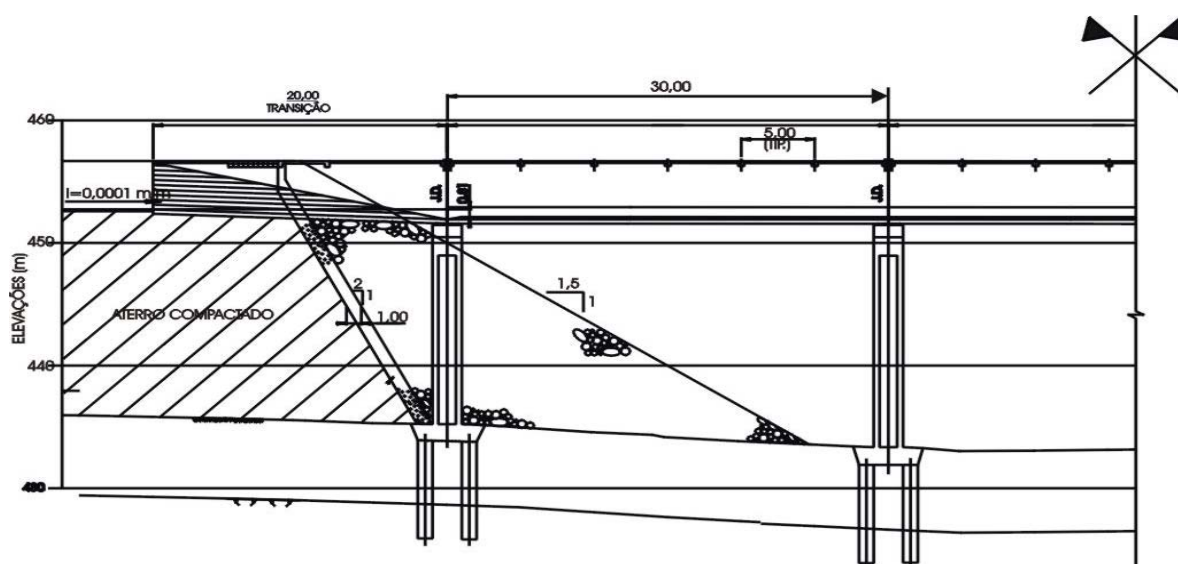


Figura 2

Os materiais da fundação serão removidos escavando-se até atingir material consistente ou compactado compatível com os carregamentos provenientes dos aterros de encontro.

As fundações dos pilares dos aquedutos serão em estacas escavadas cujas bases serão assentes no topo da rocha sã.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

No leito do rio ou riacho, geralmente coberto com aluvião, está prevista a remoção parcial do mesmo, ou substituição por camadas de enrocamento de grandes diâmetros assentes sobre uma camada de transição, constituídos de pedras de diâmetros médios e pequenos.

3.5 Aspectos Estruturais

Em geral, os aquedutos são formados por uma laje de fundo e duas paredes laterais. As espessuras dessas estruturas medem 0,35 m para os aquedutos que apresentam vazão de 28 m³/s e 0,30 m para os de vazão de 18 m³/s. Na parte superior dos aquedutos foram instalados tirantes de travamento a cada 5 m, de seção transversal de 0,4 x 0,4 m. A estrutura celular do aqueduto poderá ser moldada no local com auxílio de cimbramentos ou apresentar um processo construtivo misto, iniciando-se com o lançamento de vigas pré-moldadas e completada com a moldagem no local da laje de fundo e das paredes verticais, conforme pode ser observado na Figura 3.

Os pilares de sustentação da estrutura superior do aqueduto são estruturas celulares com seções vazadas retangulares de 0,40 m de espessura. 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.

Outras soluções, tais como aquedutos compostos por aduelas pré-moldadas protendidas, poderão ser analisadas em detalhe, durante a etapa de Projeto Executivo.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

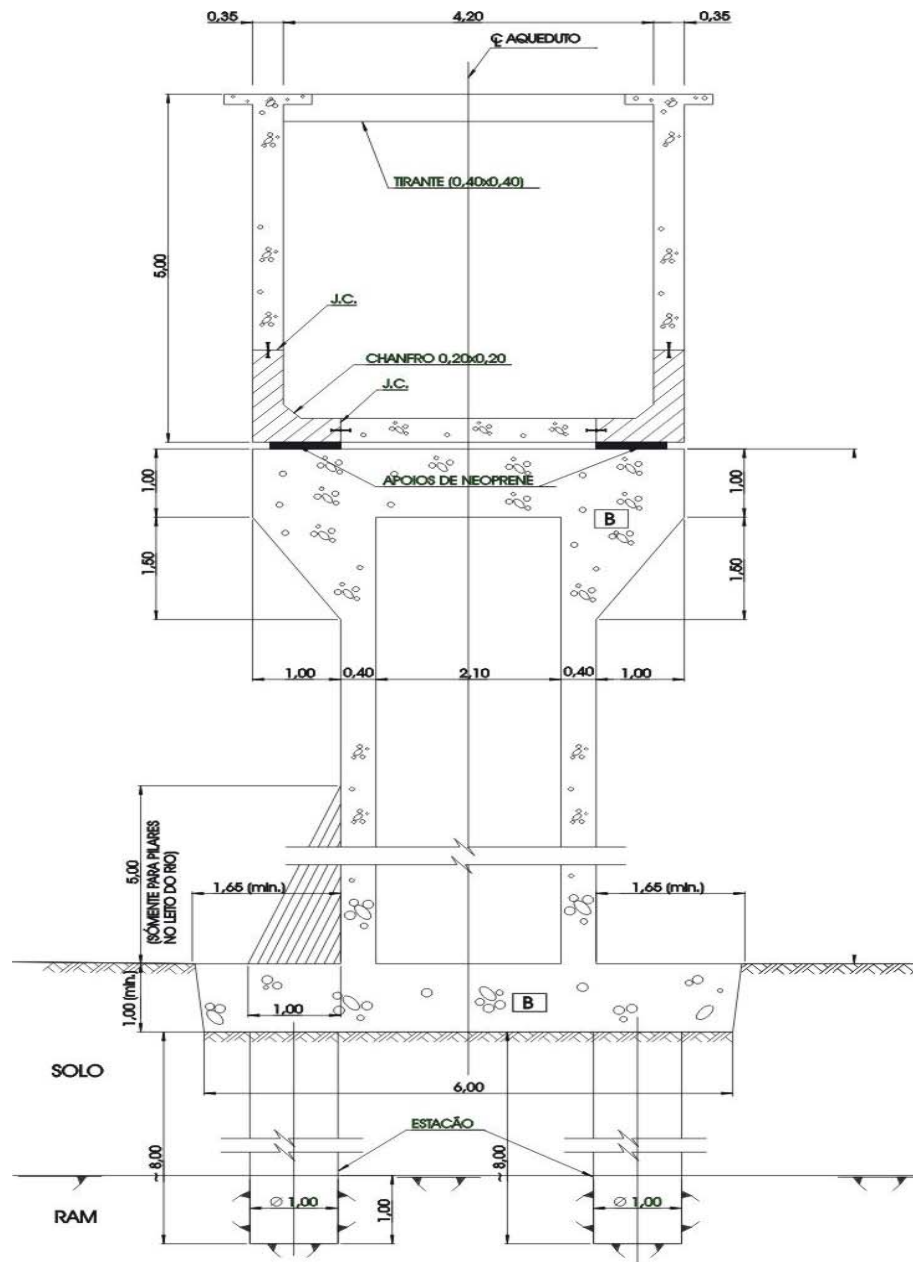


Figura 3

4 . TOMADAS D' ÁGUA DE USOS DIFUSOS

Ao longo do canal serão implantadas uma série de tomadas d'água de usos difusos. Estabeleceu-se como critério que a cada 10 km de canal seriam implantadas 3 tomadas, com vazões de 0,1 m³/s, 0,2 m³/s, e 0,5 m³/s. Ficou estabelecido também que, ao longo de todo canal, 50% das tomadas seriam em situação de corte e 50% em situação de aterro, conforme pode ser observado nas Figuras 4 e 5.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

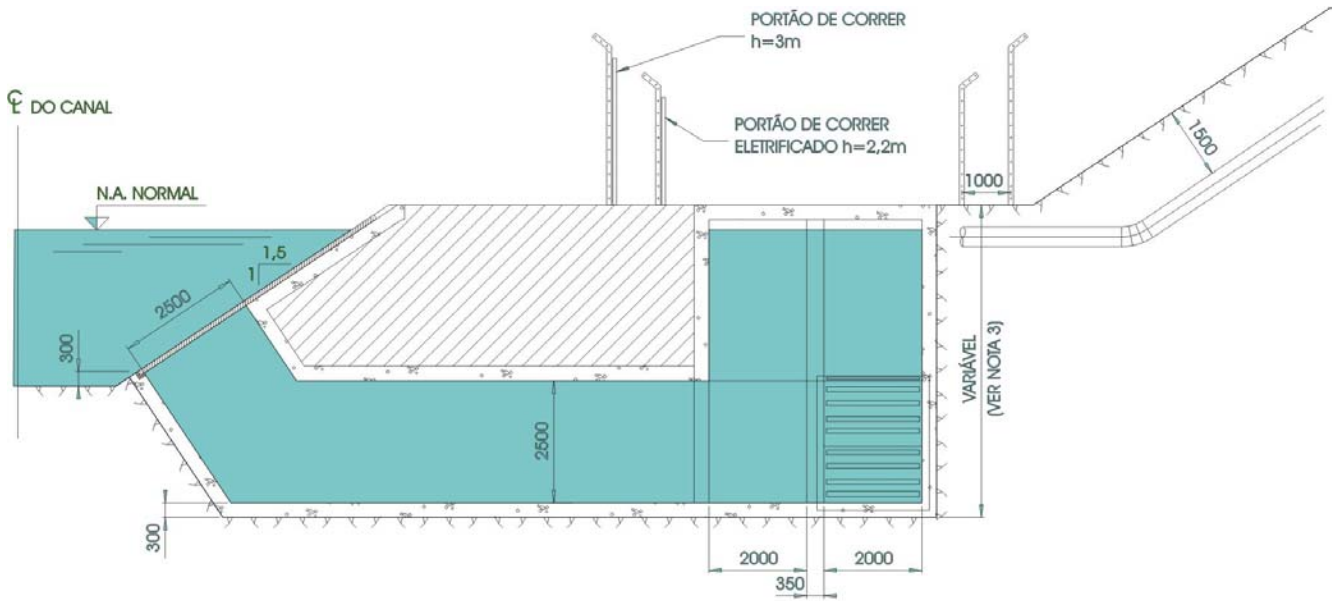


Figura 4

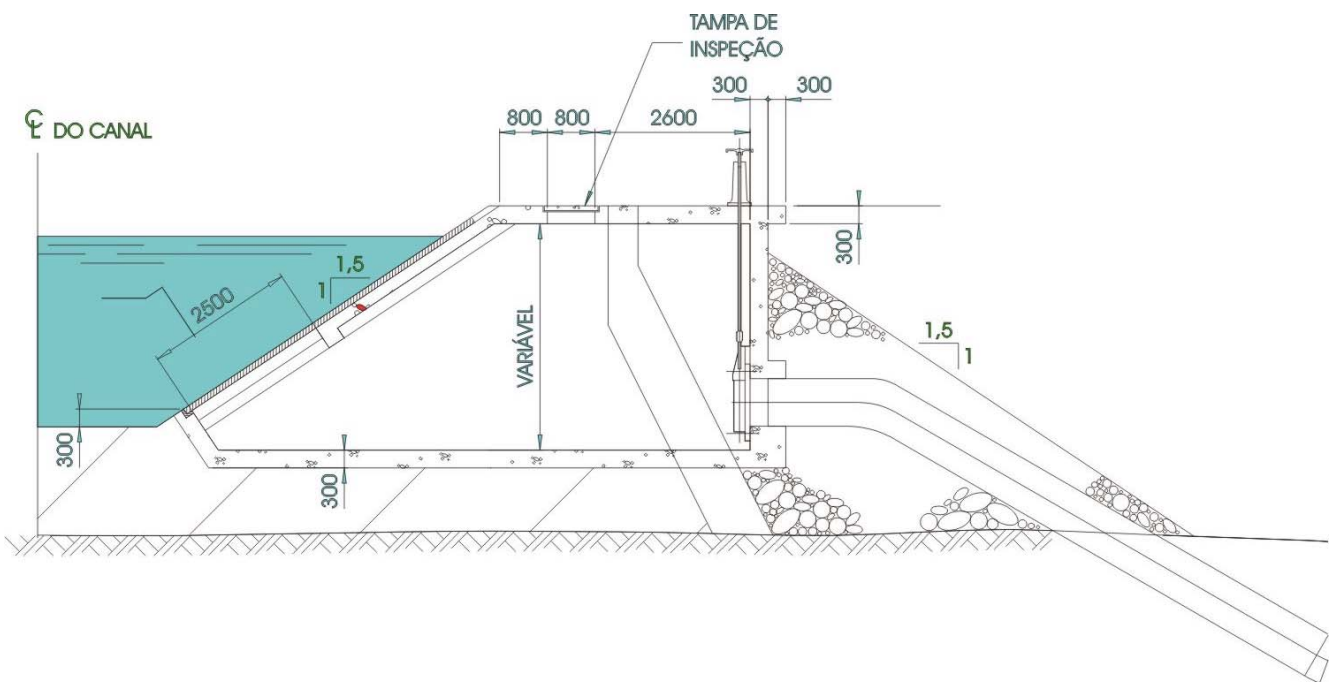


Figura 5



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

As estruturas das tomadas em situação de corte são formadas basicamente por uma tomada retangular com grade (2,0x2,5 m livre), galeria de acesso (2,0x2,5 m livre) e câmaras de bombeamento, sendo o número de câmaras uma função da vazão bombeada, a saber:

Vazão (m ³ /s)	Número de Câmaras
0,1	2
0,2	3
0,5	6

As dimensões de cada câmara são da ordem de 2,0 m de largura, 5,0 m de comprimento e 6,0 m de altura. A espessura das lajes e das paredes que compõem a tomada e a galeria de entrada, bem como as paredes externas e a laje superior da câmara de bombeamento é 0,30 m. A espessura das paredes internas da câmara de bombeamento é 0,35 m, conforme pode ser observado no desenho EN.B/V.DS.ME.0001 a 0005.

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

Em todos os reservatórios, exceto Muquém, Copiti e Campos onde existem tomadas d'água de derivação, foi prevista uma tomada d'água de uso difuso com vazão de 2,0 m³/s, conforme pode ser observado no desenho EN.B/V.DS.ET.1101.

Esta estrutura foi dimensionada para atender a vazão de projeto com o nível mínimo operacional nos reservatórios, ou seja, correspondente ao funcionamento de uma bomba da estação de bombeamento.

Estas tomadas d'água, ou estão em torres dentro do reservatório ou nos muros de ligação das barragens, e, foram projetadas para velocidades nas grades menor que 1,0 m/s. As válvulas para manutenção têm diâmetro de 500 mm.

5 . TOMADAS D'ÁGUA DE DERIVAÇÃO

Foram previstas tomadas d'água de derivação nos reservatórios de Muquém, Copiti e Campos, conforme pode ser observado no desenho EN.B/V.DS.ET.1102 e 1103.

No reservatório de Muquém a tomada d'água de derivação é para 10 m³/s, com duas válvulas dispensoras e duas válvulas para manutenção, com diâmetro de 900 mm.

No reservatório de Copiti a tomada d'água de derivação é para 18 m³/s, com duas válvulas dispensoras e duas válvulas para manutenção com diâmetro de 1.200 mm.

No reservatório de Campos a tomada d'água da derivação é para 8,0 m³/s, através de duas comportas setor de 1,60 m de largura e altura de 2,27m.

6 . ESTRUTURAS DE CONTROLE DE SUPERFÍCIE

6.1 Características Gerais

Foram projetadas estruturas de Controle de Superfície para vazões de 28 m³/s e estruturas de Controle de Superfície para vazões de 18 m³/s, conforme pode ser observado na Figura 6. As estruturas de Controle para 28 m³/s estão localizadas nos canais de saída dos reservatórios Areias, Braúnas, Muquém, Salgueiro e Bagres. As estruturas de controle para 18 m³/s estão localizadas nos canais de saída dos reservatórios Copiti, Barreiro e Campos. Essas estruturas têm por finalidade regular a vazão de adução aos canais a jusante. Não foram previstas comportas nos reservatórios de Mandantes, Cacimba Nova e Moxotó por encontrar-se próximo dos *forebays* de montante das estações de bombeamento EBV-3, EBV-4 e EBV-5 respectivamente.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

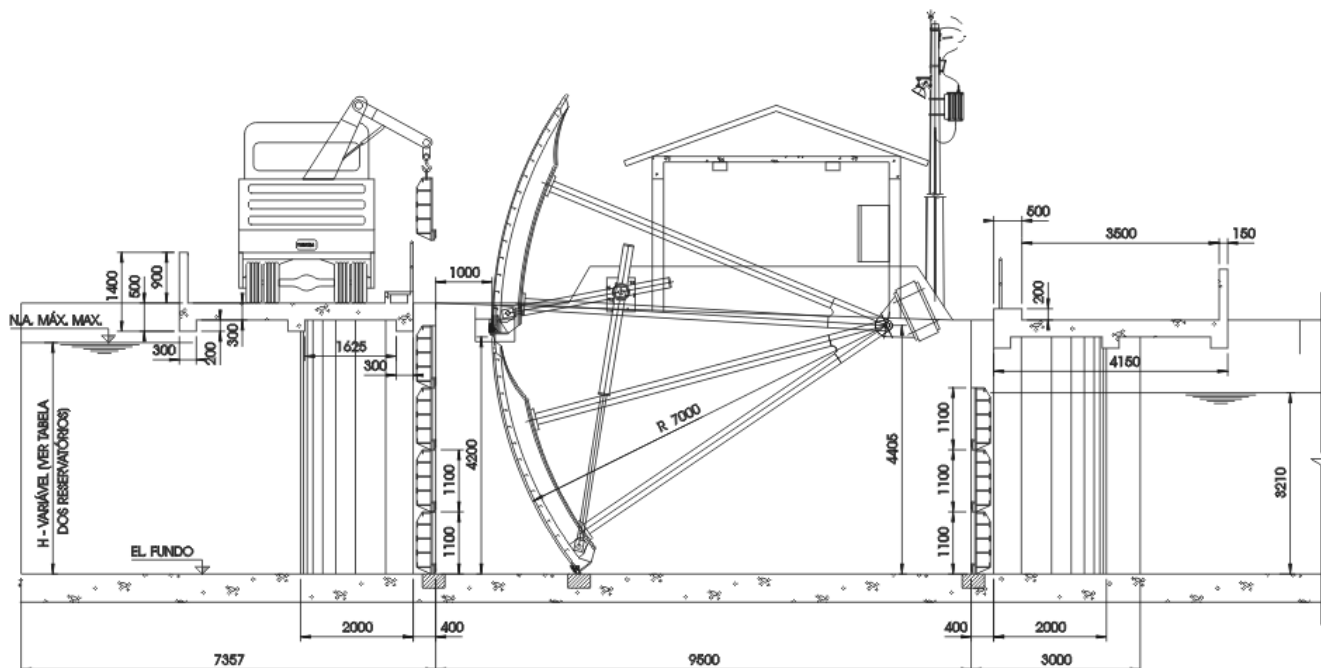


Figura 6

Estão previstos dois vãos nas Estruturas de Controle de Superfície, sendo cada um equipado com uma comporta do tipo segmento. Para a vazão de $28 \text{ m}^3/\text{s}$ estas comportas apresentam 3,0 m de largura e para a vazão de $18 \text{ m}^3/\text{s}$ apresentam 2,20 m de largura. No reservatório de Campos, também foi prevista uma estrutura de controle de superfície, que terá a finalidade específica de derivar $8 \text{ m}^3/\text{s}$ para o açude Pão de Açúcar, no rio Ipojuca, para abastecimento da região do Agreste de Pernambuco. Constará de uma estrutura de Controle de Superfície com dois vãos de 1,60 m de largura, seguido de um canal trapezoidal. O acionamento de cada uma das comportas segmento é feito através de dois servomotores, enquanto que a operação de ambas as comportas é realizada por uma única central hidráulica, instalada na Casa de Comando situada no coroamento da estrutura.

Para fins de manutenção, está prevista a utilização de duas comportas ensecadeiras, a serem colocadas em ranhuras a montante e a jusante da comporta segmento. São apenas duas comportas para utilização em todas as estruturas de $28 \text{ m}^3/\text{s}$, duas comportas para utilização nas duas estruturas de $18 \text{ m}^3/\text{s}$ e também duas comportas para utilização na estrutura de $8 \text{ m}^3/\text{s}$. A estocagem dos elementos das comportas ensecadeiras é feita em área própria na Estação de Bombeamento mais próxima da respectiva Estrutura de Controle, conforme pode ser observado nos desenhos EN.B/V.DS.ME.0006 a 0008 e EN.B/V.DS.ET.0901 a 0903.

Sobre a Estrutura de Controle foram locadas duas passagens de 4,15 m de largura, para possibilitar a entrada de guindastes móveis e caminhões para a montagem, manutenção e transporte das comportas ensecadeiras de e para a Estação de Bombeamento.

Estas estruturas, geometricamente dependentes da vazão, são divididas no sentido do fluxo em 3 subestruturas, separadas entre si por veda-juntas periféricos *fungensband* tipo O-22. São dotadas 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.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

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, apresenta 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.

6.2 Equipamentos Mecânicos das Estruturas de Controles

6.2.1 Comportas Segmento

As comportas são do tipo segmento, em estrutura de aço, constituída de tabuleiro de chapa de face curva, vigas horizontais e verticais, braços, que ligam o mancal de articulação à estrutura da comporta, e rodas. Cada uma das comportas é acionada através de dois servomotores de simples efeito. A operação de ambas as comportas é feita através de uma única central óleodinâmica.

As dimensões gerais do tabuleiro são:

ESTRUTURA	28 m ³ /s	18 m ³ /s	8 m ³ /s
Vão (m)	3,0	2,2	1,6
Altura (m)	4,3	3,9	2,4
Raio (m)	7,0	6,3	3,8

6.2.2 Comportas Ensecadeiras

As comportas ensecadeira são do tipo deslizante. A comporta ensecadeira de montante para a EC de 28 m³/s, é composta por quatro elementos e a comporta de jusante por três elementos. A comporta ensecadeira de montante para a EC de 18 m³/s é composta por cinco elementos e a comporta de jusante por quatro elementos. A comporta ensecadeira de montante e de jusante para a EC de 8 m³/s é composta por três elementos. A estrutura de cada elemento é metálica de construção soldada, com paramento e plano de vedação voltado para o lado a ser ensecado. O elemento inferior de cada comporta é provido de um sistema de *by-pass*, para permitir o enchimento do recinto ensecado. A comporta é guiada por sapatas guias instaladas nas cabeceiras e manobrada, em meio equilibrado, com auxílio de guindaste móvel e viga pescadora própria.

As dimensões gerais da comporta são:

ESTRUTURA	28 m ³ /s		18 m ³ /s		8 m ³ /s	
	MONTANTE	JUSANTE	MONTANTE	JUSANTE	MONTANTE	JUSANTE
Largura(m)	3,60	3,60	2,80	2,80	2,20	2,20
Altura(m)	4,40	3,30	3,60	2,88	2,40	2,40



7 . ADUÇÃO POR TUBULAÇÃO

7.1 Características Gerais

A Adução por tubulação está localizada no final do trecho em canal, próximo à cidade de Monteiro. Essa estrutura tem por finalidade aduzir e controlar a vazão, através de tubulação de PVC, com 2,8 m de diâmetro, para abastecer o Açude Poções. A vazão máxima através dos vãos da estrutura de transição é de 18 m³/s, conforme pode ser observado no desenho EN.B/V.DS.ET.0801 a 0803.

Na Estrutura de Transição Canal – Tubulação estão previstos dois vãos, sendo cada um equipado com um jogo de elementos de grade, removíveis, com bandejas para retenção de detritos, e com uma comporta do tipo segmento com 2,0 m de largura e 2,8 m de altura. O acionamento de cada uma das comportas segmento é feito através de dois servomotores, enquanto que a operação de ambas as comportas é realizada por uma única central hidráulica, instalada na Casa de Comando situada no coroamento da estrutura.

Para fins de manutenção, está prevista a utilização de duas comportas ensecadeiras, a serem colocadas em ranhuras a montante e a jusante da comporta segmento. A estocagem dos elementos das comportas ensecadeiras é feita nas próprias ranhuras de operação.

Para a montagem e manutenção dos equipamentos da Estrutura de Transição está se prevendo a utilização de guindastes móveis.

A tomada d'água por sua vez é uma estrutura formada por uma tomada, câmara central onde estão alojadas 2 comportas segmento e a transição de entrada na adutora. Esta estrutura apresenta basicamente uma laje de fundo de 1,0 m de espessura, duas paredes laterais de 0,80 m de espessura e a estrutura de fechamento superior. No trecho de montante este fechamento é feito por uma estrutura de formato anelar de 0,50 m de espessura. Na parte central, o fechamento é feito por uma grade metálica. À jusante, sobre a transição, o fechamento é feito por uma laje de 1,0 m de espessura mínima.

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

A adutora, um tubo de PVC envelopado por concreto, de 2,8 m de diâmetro, conforme pode ser observado na Figura 7, apresenta um comprimento da ordem de 12 km. O processo construtivo desta adutora segue basicamente os seguintes passos:

- Escavação da vala, no trecho de material de 1^a Categoria, taludes de inclinação 1:1, no trecho de material de 2^a e 3^a os taludes são subverticais e pré-fissurados. Nota: a largura da vala é tal que a espessura mínima do revestimento de concreto do tubo de PVC seja de 0,15 m;
- Colocação de um berço de regularização, de concreto classe A, de 0,15 m de espessura, com a colocação de ganchos de fixação espaçados a cada 2 m em cada lado da vala;
- Colocação de um trecho de tubo de PVC;
- Amarração do tubo de modo a evitar a flutuação durante a concretagem da 1^a etapa;
- Concretagem da 1^a etapa até a metade da altura do tubo. Nota: aguardar o tempo de pega do concreto da 1^a etapa e colocar armadura superior (tela metálica Q 335);
- Instalação de formas metálicas superiores e concretagem da 2^a etapa.

Para o revestimento da adutora foi adotada a classe de concreto A, que apresenta $f_{ck}=15$ MPa aos 28 dias.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

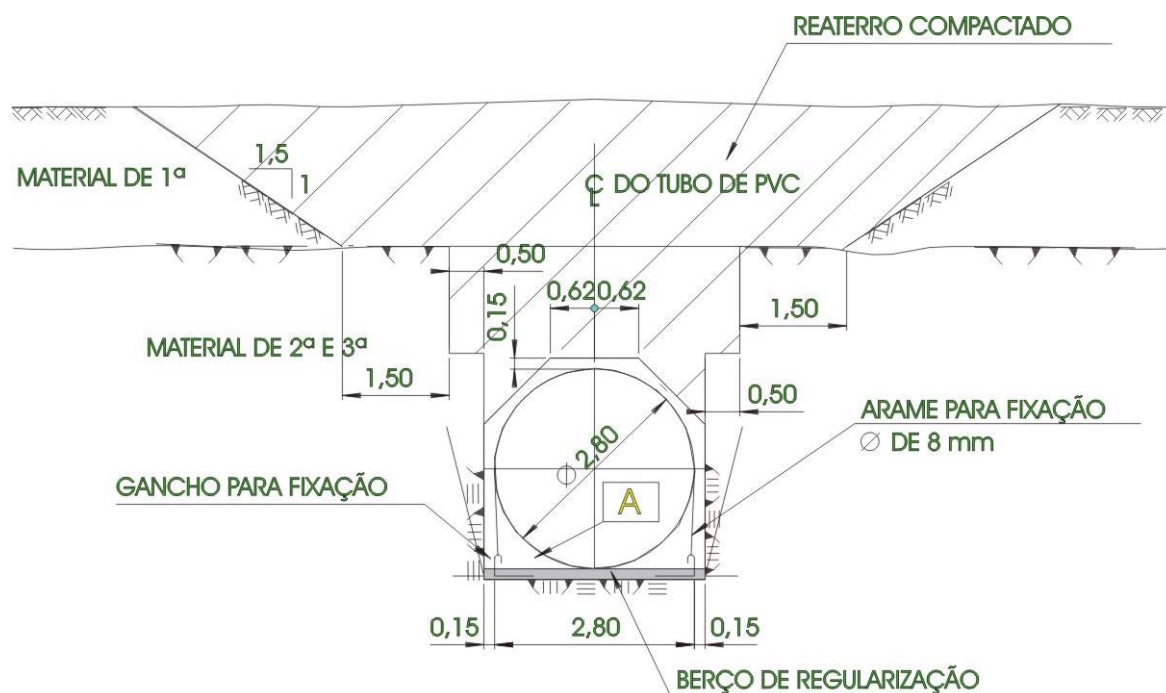


Figura 7

A chegada da adutora ao açude de Poções é feita através de uma estrutura de chegada composta por um bloco de 4,10 m de comprimento, 4,10m de largura e altura variável. Esta estrutura é vazada por um tubo com diâmetro de 2,8 m, dando continuidade à adutora de PVC.

À jusante desta estrutura implantou-se uma estrutura de transição dissipadora, antecedendo o canal de aproximadamente 400 m que desemboca no reservatório do açude Poções.

Esta estrutura dissipadora é formada por laje de fundo e paredes laterais de 0,5 m de espessura. À jusante desta estrutura será implantado um vertedouro que terá por finalidade dissipar a energia hidráulica proveniente da adutora. Na parte superior desta transição foi projetado um sistema de vigas de travamento de 0,3x0,6 m a cada 3 m aproximadamente.

7.2 Equipamentos Mecânicos da Estrutura de Transição Canal-Tubulação

7.2.1 Grades

As grades são do tipo removível, construídas de barras verticais montadas sobre quadro de aço estrutural, com bandejas de coleta de detritos, e movimentadas com auxílio de uma viga pescadora através de guindastes móveis.

As dimensões principais de cada grade são:

ESTRUTURAS	18 m³/s
Largura (m)	3,0
Altura (m)	2,3

7.2.2 Comportas Segmento

As comportas são do tipo segmento, em estrutura de aço constituída de tabuleiro de chapa de face curva, vigas horizontais e verticais, braços, que ligam o mancal de articulação à estrutura da comporta, e rodas. Cada uma das comportas é acionada através de dois servo-motores de



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

simples efeito. A operação de ambas as comportas é feita através de uma única central oleodinâmica.

As dimensões gerais do tabuleiro são:

ESTRUTURA	18 m³/s
Vão (m)	2,0
Altura (m)	2,8
Raio (m)	4,9

7.2.3 Comportas Ensecadeiras

As comportas ensecadeiras são do tipo deslizante, sendo cada uma composta por dois elementos. A estrutura de cada elemento é metálica de construção soldada, com paramento e plano de vedação voltado para o lado a ser ensecado. O elemento inferior de cada comporta é provido de um sistema de *by-pass*, para permitir o enchimento do recinto ensecado. A comporta é guiada por sapatas guias instaladas nas cabeceiras e manobrada, em meio equilibrado, com auxílio de guindaste móvel e viga pescadora própria.

As dimensões gerais da comporta são:

ESTRUTURA	18 m³/s
Largura (m)	2,6
Altura (m)	3,0

8 . TÚNEL

8.1 Generalidades

Um único túnel, denominado Monteiro, é contemplado ao longo do Trecho V – Eixo Leste. Este túnel foi dimensionado com a finalidade de aduzir 18 m³/s através de uma seção arco-retângulo de 5,20 m de largura e altura. Escavado em rocha, foram adotados para este túnel os seguintes coeficientes de Manning: $n=0,015 \text{ s/m}^{1/3}$ no piso e $n=0,035 \text{ s/m}^{1/3}$ nas paredes laterais e abóboda, resultando num coeficiente médio $n=0,028 \text{ s/m}^{1/3}$. A altura da lâmina d'água será limitada em $0,75D$, ou seja, a 3,9 m da altura. A declividade do túnel é de $0,0004 \text{ m/m}$, apresentando uma extensão de 6.500 m.

8.2 Aspectos Geológicos

Conforme indicado no desenho EN.B/V.DS.GL.0029, o túnel está localizado no domínio das rochas cristalinas, devendo interceptar na sua primeira metade e no seu trecho final, biotita gnaisse e na sua segunda metade, o migmatito. Exatamente na parte central do túnel, recoberto o biotita gnaisse, ocorre um espesso depósito aluvionar na superfície.

O emboque foi estabelecido na estaca 193 + 060, onde a sondagem indicou a presença de solo de alteração até 11,1 m de profundidade capeando rocha alterada dura, extremamente fraturada até 13,5 m e rocha alterada dura, medianamente a muito fraturada até 17,0 m. A partir daí, a sondagem intercepta rocha sã, pouco fraturada que se encontra cerca de 3 m acima da abóbada prevista para a cota 598. Levantamentos com sísmica de refração confirmam esse perfil indicando uma velocidade de onda sísmica entre 5.050 e 5.250 m/s para o maciço rochoso são e entre 4.285 e 4.340 m/s para a rocha alterada dura, o que confere ao maciço, segundo classificação de Barton, respectivamente, classes B e C, onde $V_p = \log Q_c - 3.5 \text{ (km/s)}$. Entretanto, considerando a pequena cobertura, será prudente considerar o maciço rochoso da abóbada como classe C ou D.

No desemboque, estaca 199 + 549, as sondagens indicaram uma cobertura mínima de rocha da ordem de 11 m e a presença de biotita gnaisse são e pouco fraturado na região da abóbada,



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

caracterizando um maciço rochoso classe B, segundo Barton. O perfil sísmico indicou para o maciço rochoso são uma velocidade sísmica entre 5.000 e 5.200 m/s, confirmando as boas características geomecânicas observadas.

Ao longo do túnel foi executado um levantamento sísmico para a avaliação do maciço rochoso, observando-se, regra geral, que para uma profundidade de 20 m a velocidade sísmica é superior a 5.000 m/s, indicando um excelente maciço rochoso, classes A e B. Excepcionalmente, entre as estacas 198 + 900 e 199 + 300 foi interceptada uma zona de baixa velocidade sísmica de 2.100 a 3.000 m/s, admitindo-se no projeto um maciço rochoso da classe D. A sondagem executada na estaca 199 + 100 mostrou que o maciço rochoso apresenta-se alterado e muito fraturado, classe D, confirmando os resultados obtidos no levantamento sísmico. Para este trecho, estabeleceu-se a seção S3 para escavação e estabilização. Na sela existente na estaca 193 + 800 foi executada uma sondagem inclinada de 30 °, que interceptou rocha alterada dura, extremamente fraturada e rocha sã, pouco fraturada, respectivamente, a 9,0 m e 12,5 m de profundidade, garantindo uma cobertura de rocha da ordem de 17 m. Ensaio de perda d'água indicaram permeabilidades médias com equivalentes de permeabilidade da ordem de 10^{-4} cm/s e localizadamente, perda d'água total no fecho da abóbada. Tal fato, entretanto, deve ser considerado como esporádico, devendo o maciço rochoso apresentar baixa permeabilidade ao longo das escavações do túnel.

8.3 Aspectos Geotécnicos

Com base no conhecimento geológico e na classificação de maciços rochosos de Barton foram definidas 5 (cinco) seções de escavação, representadas no desenho de nº EN.B/V.DS.GL.0029.

A seção de escavação é comum ao longo de todo traçado do túnel, do tipo arco retângulo, com 5,20 m de largura, exceto nos trechos revestidos com concreto estrutural, quando essa largura é de 5,80 m.

Na tabela seguinte apresenta-se um resumo das características de tratamento das seções de escavação.

Características das Seções de Escavação

SEÇÃO	CLASSE DE ROCHA	ÁREA (m ²)	TIRANTES (m/m)	CONCRETO PROJETADO Espessura (m)	TRECHO (estacas)
S1	Independente	30,00	variável	Variável	193+060 a 193+160 199+450 a 199+549
S2	A e B	25,20	esporádico	Eventual	193+260 a 198+070 198+570 a 199+000 199+200 a 199+450
S3	C e D	25,20	7,5	0,05	193+160 a 193+260 198+070 a 198+170 198+470 a 198+570 199+000 a 199+200
S4	E e F	25,20	9,0	0,12	198+170 a 198+270 198+370 a 198+470
S5	G	25,20	Cambotas	0,12	198+270 a 198+370

Obs. A seção S1 é admitida revestida como critério de projeto.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

8.4 Aspectos Estruturais

O túnel deverá ter o seu piso totalmente regularizado com concreto magro com espessura da ordem de 15 centímetros.

Nos seus 100 m iniciais e finais, seção S1 e, em 100 m no trecho central, seção S5, 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.

9 . PONTES E PASSARELAS

As pontes e passarelas são apresentadas nos desenhos EN.B/V.DS.ET.1001 a 1005.

9.1 Ponte Tipo 1A ou 1B

São pontes que atravessam perpendicularmente o canal em situação de aterro (1A), ou corte (1B).

Estas pontes apresentam as seguintes principais características:

No. de vãos:	1
Trem tipo	TB 45
Classe	II
Faixa de rolamento:	3,5 m
Acostamento:	2,5 m

Em cada lado do tabuleiro das pontes foram projetados passeios de 1,0 m de largura e guarda corpo de 0,80 m de altura.

Estas pontes são estruturadas por intermédio de 6 vigas pré-moldadas protendidas em forma de "I", de 30 m de comprimento, apresentando uma laje de 20 cm de espessura, moldada no local sobre placas pré-moldadas de 7 cm de espessura apoiadas nas vigas pré-moldadas protendidas. Em cada apoio da ponte, situação em aterro, foi projetado um par de pilares (tubulão) de 1,4 m de diâmetro.

Para as vigas protendidas foi adotada a classe de concreto P, que apresenta $f_{ck}=30$ MPa aos 28 dias. Para as estruturas em concreto armado foi adotada a classe de concreto B, que apresenta $f_{ck}=25$ MPa aos 28 dias.

9.2 Ponte Tipo 1C

São pontes indicadas para estradas vicinais que atravessam perpendicularmente o canal em situação de corte ou aterro. Estas pontes apresentam as seguintes principais características:

No. de vãos:	1
Trem tipo	TB 36
Faixa de rolamento :	3,0 m

Em cada lado do tabuleiro das pontes foram projetados passeios de 1,0 m de largura e guarda corpo de 0,80 m de altura, não apresentando acostamento.

Estas pontes são estruturadas por intermédio de 3 vigas pré-moldadas protendidas em forma de "I", de 30 m de comprimento, apresentando uma laje de 20 cm de espessura, moldada no local sobre placas pré-moldadas de 7 cm de espessura apoiadas nas vigas pré-moldadas protendidas. Em cada apoio da ponte, em situação de aterro, foi projetado um par de pilares (tubulão) de 1,0 m de diâmetro.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Para as vigas protendidas foi adotada a classe de concreto P, que apresenta $f_{ck}=30$ MPa aos 28 dias. Para as estruturas em concreto armado foi adotada a classe de concreto B, que apresenta $f_{ck}=25$ MPa aos 28 dias.

9.3 Ponte Tipo 2

São pontes que atravessam os rios ao lado dos aquedutos Jacaré e Caetitu. Estas pontes apresentam as seguintes principais características:

No. de vãos:	2
Trem tipo	TB 45
Classe	IV
Faixa de rolamento :	3,0 m
Acostamento:	1,5 m

Em cada lado do tabuleiro das pontes foram projetados passeios de 1,0 m de largura e guarda corpo de 0,80 m de altura.

Estas pontes são estruturadas por intermédio de faixa de 5 vigas pré-moldadas protendidas em forma de “ I “, de 30 m de comprimento, apresentando uma laje de 20 cm de espessura, moldada no local sobre placas pré-moldadas de 7 cm de espessura apoiadas nas vigas pré-moldadas protendidas. Em cada apoio da ponte foi projetado um par de pilares (tubulão) de 1,4 m de diâmetro.

Para as vigas protendidas foi adotada a classe de concreto P, que apresenta $f_{ck}=30$ MPa aos 28 dias. Para as estruturas em concreto armado foi adotada a classe de concreto B, que apresenta $f_{ck}=25$ MPa aos 28 dias.

9.4 Ponte Tipo 3

São pontes que atravessam os rios ao lado dos aquedutos Branco e Barreiro. Estas pontes apresentam as seguintes principais características:

No. de vãos:	3(Branco) 5(Barreiro)
Trem tipo	TB 45
Classe	IV
Faixa de rolamento :	3,0 m
Acostamento:	1,5 m

Em cada lado do tabuleiro das pontes foram projetados passeios de 1,0 m de largura e guarda corpo de 0,80 m de altura.

Estas pontes são estruturadas por intermédio de 5 vigas pré-moldadas protendidas em forma de “ I “, de 30 m de comprimento, apresentando uma laje de 20 cm de espessura, moldada no local sobre placas pré-moldadas de 7 cm de espessura apoiadas nas vigas pré-moldadas protendidas. Em cada apoio da ponte foi projetado um par de pilares (tubulão) de 1,4 m de diâmetro.

Para as vigas protendidas foi adotada a classe de concreto P, que apresenta resistência característica $f_{ck}=30$ MPa aos 28 dias. Para as estruturas em concreto armado foi adotada a classe de concreto B, que apresenta resistência característica $f_{ck}=25$ MPa aos 28 dias.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

9.5 Passarelas

Ao longo do sistema adutor, sobre o canal, foram projetadas cerca de 45 passarelas para passagem de pessoas e animais, apresentando as seguintes principais características:

Nº de vãos:	1
Comprimento:	16,1 m
Largura livre:	2,0 m
Largura total:	3,0 m

Estas passarelas são estruturadas por intermédio de 2 vigas pré-moldadas de concreto armado de 1,5 m de altura, que serve de guarda corpo, e uma laje de 30 cm de espessura moldada no local. Em cada apoio da passarela foi projetado um bloco de apoio, com dimensões dependentes da fundação ser em corte ou aterro.

Para as passarelas foi adotada a classe de concreto A, que apresenta resistência característica $f_{ck}=15$ MPa aos 28 dias.