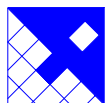




**MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA**



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 IV – EIXO NORTE
R1 – DESCRIÇÃO DO PROJETO**



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

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

PROJETO BÁSICO

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL

Ministro de Estado da Integração Nacional: **Ciro Ferreira Gomes**

Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica

Secretário de Infra-Estrutura Hídrica: **Hypérides Pereira de Macêdo**

Coordenador Geral: **João Urbano Cagnin**

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Diretor: **Luiz Carlos Moura Miranda**

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**

São José dos Campos, março de 2004

Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais - FUNCATE

Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional – Projeto Básico; Trecho IV – Eixo Norte – R1 – Descrição do Projeto. - São José dos Campos: Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais – FUNCATE, 2004.

34 p

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

CDU 556.18

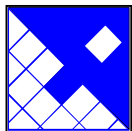
FUNCATE:

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

São José dos Campos – SP

CEP: 12210-131

Telefone: (0XX 12) 3925 1399 Fax: (0XX 12) 3941 2829



FUNCATE

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

Projeto	RAA, GLM, CRML, FB, RGV, AYE, JCD, JRJV, BDL, SC	Data	MAR/2004
Verificação	RAA	Data	MAR/2004
Aprovação	ACAV	Data	MAR/2004
Aprovação	JAVM	Data	MAR/2004
Código FUNCATE	EN.B/IV.RF.GR.0001		



MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL

Verificação		Data	
Aprovação		Data	

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

PROJETO BÁSICO

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

**Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco
para o Nordeste Setentrional**
Projeto Básico

Equipe

José Armando Varão Monteiro: Gerente

Antônio Carlos de Almeida Vidon: Coordenador Técnico

Ricardo Antônio Abrahão: Coordenador Técnico Adjunto

Geverson Luiz Machado: Chefe da Equipe de Geotecnia
Clóvis Ribeiro de Moraes Leme: Engenheiro

Frederico Bohland: Chefe da Equipe de Geologia

Rafael Guedes Valença: Chefe da Equipe de Hidráulica
Anibal Young Eléspuru: Engenheiro

José Carlos Degaspare: Chefe da Equipe de Estrutura

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

Bernd Dieter Lukas: Chefe da Equipe de Engenharia Mecânica

Sidnei Collange: Chefe da Equipe de Engenharia Elétrica

Equipe de Produção

Antonio Carlos Cunha Aguiar – Projetista

Antonio Muniz Neto – Projetista

Leandro Eboli – Projetista

João Luiz Bosso – Projetista

Laryssa Lillian Lopes – Técnica em Geoprocessamento

Mônica de Lourdes Sampaio – Desenhista Projetista

Infra Estrutura e Apoio

Ana Julia Cristofani Belli – Secretária

Célia Regina Pandolphi Pereira – Assistente Adm. Especializada

Andréa Marques Moraes – Aux. Administrativo

Maria Aparecida de Souza – Servente

Consultor

Luiz Antonio Villaça de Garcia



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 IV – 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 IV – Eixo Norte** compõe-se dos seguintes relatórios:

- R1 Descrição do Projeto
- R2 Critérios de Projeto e Memoriais de Cálculo
- R3 Sistema de Drenagem
- R4 Bases Cartográficas
- R5 Geologia e Geotecnia
- R6 Canteiros e Sistema Viário, Cronograma e Orçamentos
- R7 Dossiê de Licitação
- R8 Caderno de Desenhos



ÍNDICE	PG
1 . OBJETO E OBJETIVO.....	1
2 . LOCALIZAÇÃO.....	1
3 . INTRODUÇÃO.....	1
3.1 Estudos Anteriores.....	2
4 . TRAÇADO.....	3
5 . DESCRIÇÃO GERAL E OPERAÇÃO DO SISTEMA.....	3
5.1 Estruturas de controle no reservatório Caiçara e no açude Angicos.....	3
5.1.1 Equipamentos Mecânicos.....	4
5.1.2 Aspectos Estruturais.....	4
5.2 Canais.....	5
5.2.1 Aspectos Hidráulicos.....	5
5.2.2 Aspectos da Otimização do Traçado.....	8
5.2.3 Aspectos Geológicos.....	8
5.2.4 Aspectos Geotécnicos.....	8
5.2.5 Aspectos Estruturais.....	9
5.3 Escadas Dissipadoras.....	10
5.4 Aquedutos.....	10
5.4.1 Características Hidráulicas.....	10
5.5 Túneis.....	12
5.5.1 Túnel Tambor.....	12
5.5.2 Túnel Major Sales.....	12
5.5.3 Túnel Diamantina.....	13
5.5.4 Túnel Javaris.....	13
5.6 Açude Angicos.....	13
5.7 Tomadas d'água de Uso Difuso.....	14
5.7.1 Tipo 1 – Estação de Bombeamento de 0,1 m ³ /s.....	14
5.7.2 Tipo 2 – Estação de Bombeamento de 0,2 m ³ /s.....	15
5.7.3 Tipo 3 – Estação de Bombeamento de 0,5 m ³ /s.....	15
5.7.4 Tipo 4 – Por Gravidade de 0,1 m ³ /s.....	16
5.7.5 Tipo 5 – Por Gravidade de 0,2 m ³ /s.....	16
5.7.6 Tipo 6 – Por Gravidade de 0,5 m ³ /s.....	17
5.8 Sistema Elétrico.....	17
5.8.1 Estruturas de Controle.....	17
5.8.2 Tomadas d'Água de Uso Difuso.....	18
5.8.3 Sistema Digital de Supervisão e Controle.....	19
5.8.4 Sistema de Comunicação Via Satélite.....	20
5.8.5 Sistemas de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada.....	22
5.8.6 Sistema de Iluminação e Tomadas.....	23
5.8.7 Sistema de Vias de Cabos.....	24
5.8.8 Sistema de Fiação.....	24
5.8.9 Sistema de Aterramento.....	25
5.8.10 Sistema de Proteção Atmosférica.....	25
5.9 Sistema Viário.....	25
5.10 Operação do Sistema.....	28



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

5.11 Planejamento e orçamento	28
6 . FICHA TÉCNICA E DESCRIÇÃO GEOMÉTRICA DA COMPLEMENTAÇÃO DO TRECHO IV ..	30



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

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 do Projeto Básico do Trecho IV, Eixo Norte.

2 . LOCALIZAÇÃO

O Trecho IV desenvolve-se ao longo dos estados da Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte, partindo do reservatório Caiçara, pertencente ao Trecho II da Transposição do Rio São Francisco, no município de São José de Piranhas na Paraíba, em direção ao município José da Penha, no Rio Grande do Norte, tendo uma extensão aproximada de 112 km até o ponto de entrega no Açude Público Angicos, já na bacia do rio Apodi.

Em continuação ao sistema adutor do Trecho II, este trecho inicia na estrutura de controle do reservatório Caiçara, nas coordenadas UTM Norte 9.222.809 e 543.806 Leste, e termina no Açude Angicos, nas coordenadas Norte 9.296.081 e Leste 581.170. A localização da área do projeto, em relação ao Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco, está mostrada na **Figura 2.1**, e detalhada no desenho EN.B/IV.DS.GR 0001.

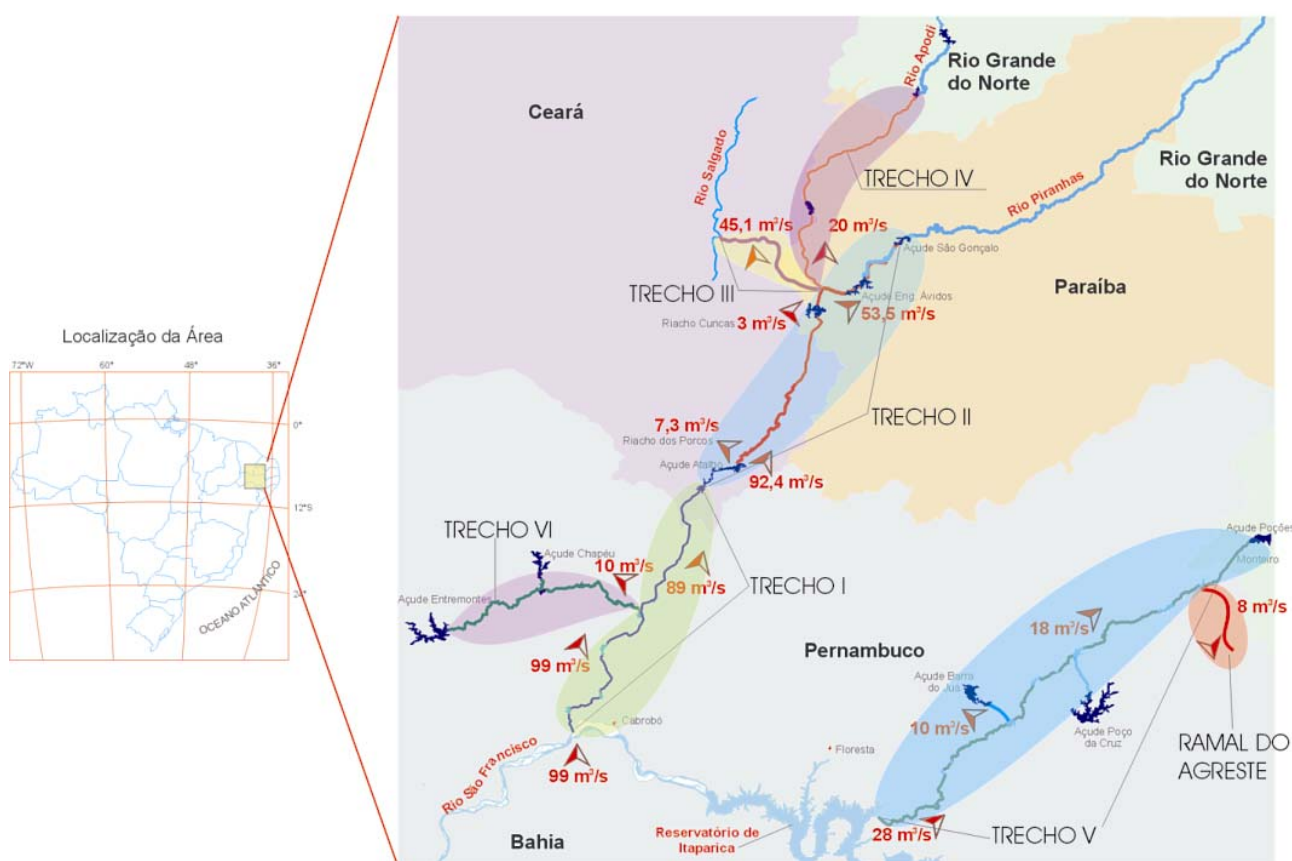


Figura 2.1 – Localização da área do Projeto

3 . INTRODUÇÃO

Os conceitos desenvolvidos para o sistema operativo da Transposição do rio São Francisco durante os estudos de Viabilidade, e mais tarde confirmados no Projeto Básico da parte de montante do Trecho II, foram adicionados da maximização da geração de energia elétrica, o que originou uma



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

adaptação no traçado dos Trechos II, III e IV. Esses traçados foram rearranjados de forma a tomar partido de desníveis topográficos compatíveis com a instalação de usinas hidrelétricas sem, no entanto, prejudicar o objetivo maior que é a distribuição das águas para atendimento das demandas em pontos específicos.

Nos estudos de viabilidade estabeleceu-se que o Trecho IV iniciaria no açude Santa Helena, aduzindo um máximo de 40 m³/s em direção ao açude Pau dos Ferros, sendo, em uma primeira fase, aduzidos somente 20 m³/s até o açude Angicos e, daí, utilizando-se o próprio leito do rio Apodi atingindo-se os açudes Pau dos Ferros e Santa Cruz, receptor das águas transpostas. Numa segunda etapa seria feito um canal lateral ao vale do rio Apodi até o Pau dos Ferros, para garantir a adução dos 20 m³/s adicionais, pois, nesse trecho, o rio Apodi não tem capacidade para escoar mais do que 20 m³/s.

Nos estudos adicionais “Reavaliação da Capacidade Requerida e da Operação do Sistema de Transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional” de fevereiro de 2001, adaptando-se os conceitos de demandas gerais e de usos difusos, estabeleceu-se que a vazão de dimensionamento do Trecho IV deveria ser somente 20 m³/s. Dessa forma, além da adaptação do traçado, foi também feito o redimensionamento hidráulico de todo o sistema, reduzindo a vazão de dimensionamento de 40 para 20 m³/s, eliminando intervenções a jusante do açude público Angicos. A **Figura 3.1** mostra, esquematicamente, a relação entre o projeto como concebido nos estudos de viabilidade e o projeto atual.

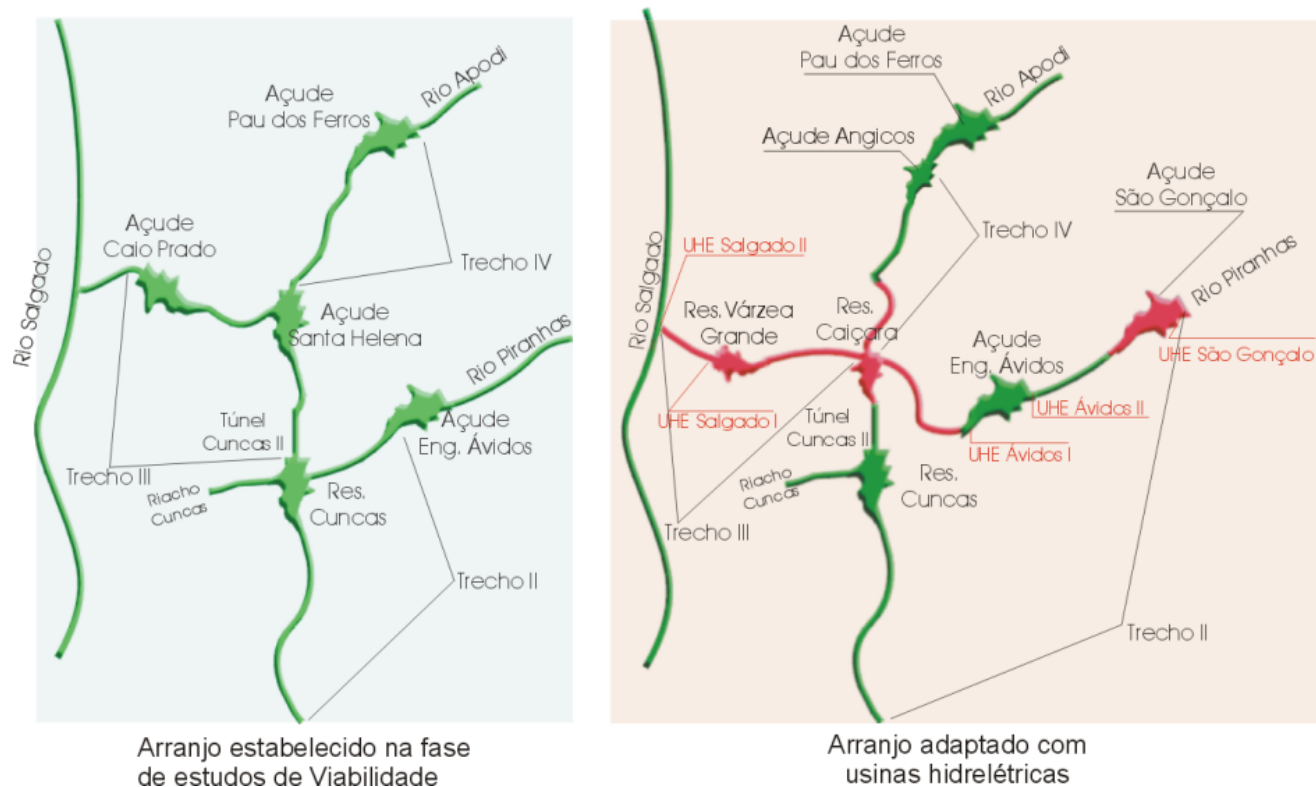


Figura 3.1 – Comparação entre os arranjos

3.1 Estudos Anteriores

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



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Jaakko Pöyry-Tahal, respectivamente, contratados pela FUNCATE por meio de licitações públicas.

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 foi inteiramente desenvolvido pela FUNCATE, no decorrer do ano de 2001. Os projetos básicos do complemento do Trecho II e do Trecho III, foram desenvolvidos no decorrer dos anos 2002 e 2003 pela própria FUNCATE.

4 . TRAÇADO

Com o novo traçado, o Trecho IV inicia na estrutura de controle de superfície no reservatório Caiçara, prosseguindo por meio de 19 trechos de canais, 11 escadas dissipadoras, 7 aquedutos e 4 túneis, completando 112 km até a barragem do açude Angicos, onde, além da adaptação da própria barragem e vertedouro, será construída uma estrutura de controle de superfície, com comportas tipo segmento, para controle das vazões demandadas. O sistema operará totalmente por gravidade com controles de vazão somente nos extremos de montante e jusante A disposição das obras e suas características principais podem ser vistas nos desenhos de números EN.B/IV.DS.GR 0001 e 0002. O resumo das obras está mostrado no item 6, e a implantação nos desenhos EN.B/IV.DS.GT 0006 a 0046.

5 . DESCRIÇÃO GERAL E OPERAÇÃO DO SISTEMA

5.1 Estruturas de controle no reservatório Caiçara e no açude Angicos

Devido a características geométricas e hidráulicas assemelhadas, as estruturas serão iguais. Essas estruturas terão por finalidade conter o volume d'água no reservatório e controlar a vazão de adução a jusante, que tem um máximo previsto de 20 m³/s. As estruturas foram projetadas com dois vãos de 3,40 m de largura com 6,1 e 7,3 m de altura para as comportas de Caiçara e Angicos, respectivamente, sendo cada um deles equipado com uma comporta do tipo segmento com 7,3 m de raio. O acionamento de cada uma das comportas segmento será feito através de dois servomotores, enquanto que a operação de todas as comportas será realizada por uma única central hidráulica, instalada na Casa de Comando, situada no coroamento da respectiva estrutura, conforme pode ser observado na **Figura 5.1**. (Desenho EN.B/IV.DS.ET.0001).

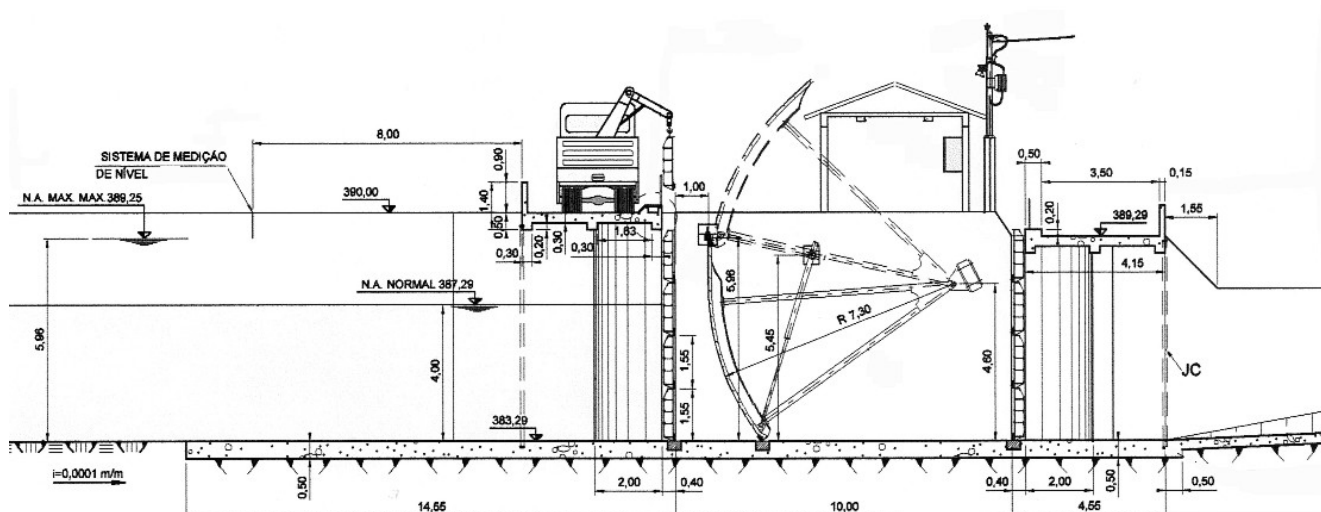


Figura 5.1 – Estrutura de controle no reservatório Caiçara (excetuando as cotas é mesma de Angicos)



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

5.1.1 Equipamentos Mecânicos

O acionamento de cada uma das comportas segmento é feito através de dois servomotores, enquanto que a operação das comportas é realizada por uma única central hidráulica, instalada na casa de comando situada no coroamento da estrutura.

As comportas serão dimensionadas para operar abrindo ou cortando o fluxo correspondente à vazão máxima e fecharão sob a ação de seu próprio peso.

As características principais são:

Comportas Segmento	Caiçara	Angicos
Quantidade	2	2
Vão	3,4 m	3,4 m
Raio externo	7,3 m	7,3 m
Cota da Soleira	383,29	267,20
Cota do coroamento	390,00	274,50
Nível máximo máximum de montante	389,25	273,50
Nível d'água normal de montante	387,29	271,20
Vazão máxima de uma abertura	10 m ³ /s	10 m ³ /s

Para fins de manutenção, foi previsto o emprego de duas comportas ensecadeira a serem colocadas em ranhuras a montante e a jusante da comporta segmento.

A estocagem dos elementos correspondentes será feita nas próprias ranhuras das respectivas Estruturas de Controle. Para a montagem e manutenção dos elementos das comportas ensecadeira serão utilizados guindastes móveis sobre pneus.

As características principais são:

Comportas Ensecadeira	Valores
Quantidade de vãos	2
Quantidade de comportas ensecadeiras	2
Quantidade de painéis por comporta	3
Vão livre	3,4 m
Altura do painel	1,50 m

5.1.2 Aspectos Estruturais

As estruturas de controle foram projetadas de modo a serem divididas, no sentido do fluxo, em três subestruturas, separadas entre si por veda-juntas periféricos Fungenband tipo O-22. Foram previstos muros de aproximação e ranhuras para comportas ensecadeira no caso de manutenção. A estrutura de entrada, foi concebida como uma transição de 10 m de comprimento com um afunilamento de 10° antes de entrar na câmara central, onde foi projetada a instalação das comportas, seguindo-se um trecho de transição antes de entrar no canal adutor.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

As transições de entrada e saída, que geometricamente variam entre a seção do canal e a seção retangular da câmara central, através de dois planos, tiveram sua laje de fundo e parede lateral projetadas com espessura de 0,30 m. Já a câmara central apresenta a laje de fundo com 0,5 m de espessura e paredes laterais com 0,60 m de espessura, bem como o pilar central divisório com 1 m de espessura, onde se alojam as ranhuras das comportas.

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

5.2 Canais

Os canais do Trecho IV que iniciam no reservatório da barragem Caiçara e terminam no reservatório de Angicos, serão em número de dezenove, com um comprimento total de 97.372 m. A topografia do trecho, bastante acidentada, determinou a utilização de túneis e aquedutos em substituição aos aterros.

5.2.1 Aspectos Hidráulicos

Os canais foram dimensionados com a finalidade de aduzir a vazão de 20 m³/s, a partir da Estrutura de Controle, apresentando as seguintes características:

- Canal trapezoidal, com largura de base de 3 m, talude laterais de 1V:1,5H, escavado em solo e rocha ou construído em aterro. O canal será impermeabilizado com uma manta geossintética protegida por placas de concreto com coeficiente de rugosidade de Manning $n=0,015$ s/m^{1/3}, declividade de 0,0001 m/m, e altura da lâmina d'água em condições de operação em regime de 2,95 m. (Desenhos EN.B/IV.DS.GT.0001 A 0005).
- A borda livre dos canais foi considerada de acordo com os critérios de projeto, sendo que a geometria do canal está apresentada na **Tabela 5.1**

Tabela 5.1

Estaca	Local	Cota de Fundo do Canal	NA normal	NA máximo maximorum	Coroamento do Canal
6.400	Estrutura de Controle	383,29	387,29	389,25	390,00
6.440	Canal 01	384,32	387,27	387,27	387,72
6.600		384,30	387,25	387,25	387,70
6.600	Escada Arruido	384,30	387,25	387,25	387,70
6.901		376,80	379,75	379,75	380,20
6.901	Canal 02	376,80	379,75	379,75	380,20
9.100		376,58	379,53	379,53	379,98
9.100	Aqueduto Cabeça da Onça	376,58	379,53	379,53	379,98
9.790		376,30	379,25	379,25	379,70
9.790	Canal 03	376,30	379,25	379,25	379,70
13.400		375,94	378,89	378,89	379,34
13.400	Escada Angical 01	375,94	378,89	378,89	379,34
14.510		345,45	348,40	348,40	348,85
14.510	Canal 04	345,45	348,40	348,40	348,85
15.870		345,31	348,26	348,26	348,71



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

continuação...Tabela 5.1

Estaca	Local	Cota de Fundo do Canal	NA normal	NA máximo maximorum	Coroamento do Canal
15.870	Escada Angical 02	345,31	348,26	348,26	348,71
16.094		337,81	340,76	340,76	341,21
16.094	Canal 05	337,81	340,76	340,76	341,21
16.500		337,77	340,72	340,72	341,17
16.500	Túnel Tambor	337,77	340,72	340,72	341,17
16.520		336,70	340,71	340,71	341,16
16.830		336,58	340,59	340,59	341,04
16.850		337,65	340,60	340,60	341,05
16.850	Canal 06	337,65	340,60	340,60	341,05
16.950		337,64	340,59	340,59	341,04
16.950	Escada Redondo	337,64	340,59	340,59	341,04
17.100		327,64	330,59	330,59	331,04
17.100	Canal 07	327,64	330,59	330,59	331,04
18.400		327,51	330,46	330,46	330,91
18.400	Aquaduto Cachoeria da Vaca	327,51	330,46	330,46	330,91
18.400		327,51	330,46	330,46	330,91
18.400	Canal 07-A	327,51	330,46	330,46	330,91
22.150		327,14	330,09	330,09	330,54
22.150	Escada Carrasco	327,14	330,09	330,09	330,54
22.270		322,63	325,58	325,58	326,03
22.270	Canal 08	322,63	325,58	325,58	326,03
23.400		322,52	325,47	325,47	325,92
23.400	Aquaduto Pedra Preta	322,52	325,47	325,47	325,92
23.400		322,52	325,47	325,47	325,92
23.400	Canal 08-A	322,52	325,47	325,47	325,92
27.600		322,10	325,05	325,05	325,50
27.600	Aquaduto Pitombeira	322,10	325,05	325,05	325,50
28.200		321,86	324,81	324,81	325,26
28.200	Canal 09	321,86	324,81	324,81	325,26
37.600		320,92	323,87	323,87	324,32
37.600	Escada Cabaceira	320,92	323,87	323,87	324,32
37.980		316,42	319,37	319,37	319,82
37.980	Canal 10	316,42	319,37	319,37	319,82
41.800		316,04	318,99	318,99	319,44
41.800	Aquaduto Bananeira	316,04	318,99	318,99	319,44
42.100		315,92	318,87	318,87	319,32
42.100	Canal 11	315,92	318,87	318,87	319,32
49.400		315,19	318,14	318,14	318,59
49.400	Escada Timbaúba	315,19	318,14	318,14	318,59
49.580		309,69	312,64	312,64	313,09
49.580	Canal 12	309,69	312,64	312,64	313,09
50.620		309,59	312,54	312,54	312,99



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

continuação... **Tabela 5.1**

Estaca	Local	Cota de Fundo do Canal	NA normal	NA máximo maximorum	Coroamento do Canal
50.620	Escada Lagoa de Dentro	309,59	312,54	312,54	312,99
50.710		302,58	305,53	305,53	305,98
50.710	Canal 13	302,58	305,53	305,53	305,98
54.750		302,18	305,13	305,13	305,58
54.750	Aqueduto Lagoa Vermelha	302,18	305,13	305,13	305,58
55.590		301,84	304,79	304,79	305,24
55.590	Canal 14	301,84	304,79	304,79	305,24
71.100		300,29	303,24	303,24	303,69
71.100	Escada Cacimba Velha	300,29	303,24	303,24	303,69
72.200		298,75	301,70	301,70	302,15
72.200	Canal 15	298,75	301,70	301,70	302,15
86.200		297,35	300,30	300,30	300,75
86.200	Aqueduto Peixe	297,35	300,30	300,30	300,75
86.410		297,26	300,21	300,21	300,66
86.410	Canal 15-A	297,26	300,21	300,21	300,66
99.755		295,91	298,86	298,86	299,31
99.755	Túnel Major Sales	295,91	298,86	298,86	299,31
99.775		294,84	298,85	298,85	299,30
105.510		292,61	296,62	296,62	297,07
105.530		293,68	296,63	296,63	297,08
105.530	Canal 16	293,68	296,63	296,63	297,08
112.500		292,98	295,93	295,93	296,38
112.500	Túnel Diamantina	292,98	295,93	295,93	296,38
112.520		291,91	295,92	295,92	296,37
113.020		291,71	295,72	295,72	296,17
113.040		292,78	295,73	295,73	296,18
113.040	Canal 17	292,78	295,73	295,73	296,18
113.650		292,72	295,67	295,67	296,12
113.650	Túnel Javaris	292,72	295,67	295,67	296,12
113.670		291,65	295,67	295,67	296,12
114.150		291,46	295,47	295,47	295,92
114.170		292,53	295,48	295,48	295,93
114.170	Canal 18	292,53	295,48	295,48	295,93
114.270		292,52	295,47	295,47	295,92
114.270	Escada Canta Galo	292,52	295,47	295,47	295,92
114.593		282,52	285,47	285,47	285,92
114.593	Canal 19	282,52	285,47	285,47	285,92
117.870		282,19	285,14	285,14	285,59
117.870	Escada Arapuá	282,19	285,14	285,14	285,59
118.300		268,18	271,13	271,13	271,58
118.300	Reservatório Angicos		271,20	273,50	274,50



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

5.2.2 Aspectos da Otimização do Traçado

O estudo do traçado foi feito procurando-se sempre o adequado balanceamento entre os volumes de corte e aterro. Para tanto, observou-se, sempre que possível, a distância máxima de 1 km entre os centros de gravidade das escavações obrigatórias e do aterro. Quando não foi possível, procurou-se a otimização dos momentos de transporte acima de 1 km.

As condições geológico-geotécnicas, quanto às espessuras de materiais de primeira a terceira categorias, são praticamente constantes ao longo do traçado, com uma pequena capa de solo recobrimdo rocha alterada. Ao longo do Ramal do Agreste não são esperados solos expansivos ou colapsíveis.

Para a implantação do canal, foi sempre procurada a otimização do seu comprimento, no sentido de minimizar os custos de implantação e manutenção, com grande preocupação quanto às interferências, tais como rios, riachos, açudes, elevações topográficas, estradas e cidades. Por outro lado, considerou-se também, cuidados com a logística de construção, como estradas de acesso e de serviço, localização de canteiros de obras e suprimento de materiais de construção para o estabelecimento final do traçado.

Para a elaboração do projeto dos canais, foi empregado o módulo Roads do programa GEOPAK, executado sobre plataforma Microstation (CAD), que busca equilíbrio automático no balanceamento de materiais. Com este processo procurou-se reduzir a necessidade de empréstimos ou bota-foras, levando-se em conta a necessidade de se manter a diretriz do canal com a menor extensão possível considerando as perdas de carga, a presença de singularidades como túneis e reservatórios.

5.2.3 Aspectos Geológicos

Os trechos em canal serão implantados no embasamento cristalino, nas coberturas fanerozóicas da bacia do Rio do Peixe e na zona de contato entre estas duas unidades geológicas, descritas no relatório R5 – Geologia e Geotecnia. As unidades do embasamento são caracterizadas por uma associação de rochas gnáissicas, granítico-gnáissicas e graníticas, por vezes migmatizadas e/ou milonitizadas, recobertas por solos de alteração e coluviais, sendo freqüentes as exposições de rocha alterada e sã. As coberturas fanerozóicas da bacia do Rio do Peixe, e é representado por sedimentos mesozóicos do rifte de Uiraúna. São arenitos imaturos, mal selecionados e angulosos, incluindo conglomerados brechóides com seixos, calhaus e blocos de rochas, numa matriz arenosa com cimento argiloso, por vezes sílticos; leitos de argilitos, siltitos e arenitos finos ocorrem intercalados nestes sedimentos. No contato entre as duas unidades, por vezes tectônico e por vezes normal, o canal corre por hora sobre os sedimentos e por hora sobre o embasamento cristalino. Observa-se com regularidade processos de silicificação dos arenitos nas bordas da bacia. O desenho EN.B/IV.DS.GL.0001 mostra o posicionamento geológico de todo o trecho em canal.

A seção transversal trapezoidal do canal foi projetada em corte, em aterro ou em seção mista, de acordo com a topografia e a disponibilidade de materiais ao longo do traçado. De uma maneira geral, nos gnaisses a capa superficial de solo é pouco espessa, apresentando até 2 m de espessura, de modo que a escavação do canal irá englobar, obrigatoriamente, grande quantidade de rocha. Já nos sedimentos, estas espessuras chegam a 7,00 m. Assim, os cortes e os aterros serão executados em grande parte, em rocha quando o canal corta o embasamento e em materiais de 1ª e 2ª categorias quando o canal cruza os sedimentos.

5.2.4 Aspectos Geotécnicos

Quanto ao canal propriamente dito, para preparar o apoio da geomembrana impermeabilizante e também para permitir a drenagem interna dos canais, foi prevista a execução de uma camada de



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

10 cm de espessura de pedrisco ou concreto poroso. No centro da base do canal está prevista a instalação de um sistema de drenagem para conduzir para dispositivos de saída a água coletada. Segmentando-se essa saída de drenagem, é possível a detecção de eventual vazamento através de defeitos na geomembrana, delimitando-se facilmente o trecho que apresentar problemas.

Do ponto de vista geotécnico, adotou-se:

- Os taludes em solo terão inclinação 1V:1,5H. Para possibilitar a sua proteção contra intempéries, será executada proteção em camada única de material granular, segregado mecanicamente. Caso o solo seja bastante argiloso, a camada de material granular será 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 maciço 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, exceto na seção molhada do canal, onde a inclinação dos taludes será de 1V:1,5H;
- Nos taludes de escavação em rochas sedimentares a proteção e estabilização dependerão da consistência e coerência das descontinuidades e das condições hidrogeológicas. Nestes taludes, a inclinação pode variar de 1V:1H a 1V:2H. A inclinação da escavação nestas rochas será 1V:1H, acima do NA do canal de adução;
- Na seção molhada as inclinações dos taludes para rochas sedimentares incoerentes e saturadas pode ser 1V:2H. Nos aterros, homogêneo ou zoneado, a inclinação será 1V:1,5H.

5.2.5 Aspectos Estruturais

Os 19 trechos de canais do Trecho IV serão revestidos internamente para fins de impermeabilização, melhoria da rugosidade e, ainda, por questões de proteção contra vandalismo.

Os canais serão revestidos por uma geomembrana protegida por concreto reforçado com fibra sintética de nylon ou de polipropileno, tendo espessura de 12 cm na base e 5 cm nos taludes laterais, com juntas de contração formando placas de 3 x 3 m nos taludes e 2 x 3 m na base, 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 terá $f_{ck} = 15$ 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. Eventual defeito na geomembrana ou nas suas emendas poderá ser detectado por acréscimo de vazão neste sistema de drenagem.

Poderá ser empregado um dos 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, coeficiente de dilatação



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

térmica, etc. Possuem em comum a baixa permeabilidade que garantirá a estanqueidade do canal.

5.3 Escadas Dissipadoras

Devido às características topográficas deste trecho, existem subtrechos longos com declividades mais acentuadas, e que deverão ser transpostas por canais com degraus.

O dimensionamento dos canais com degraus foi feito adotando-se degraus de 0,5 m de altura e para simular as perdas de carga por atrito, pela implantação dos degraus, foi adotado como coeficiente de rugosidade de Manning, $n = 0,025 \text{ s/m}^{1/3}$.

A altura supercrítica do canal de declividade mais acentuada, foi calculada pela fórmula de Manning, partindo, inicialmente da determinação da altura crítica do canal de montante na seção de inflexão com o canal com degraus.

Ao final de cada canal com degraus, foram calculados os ressaltos hidráulicos, para definir as características do funcionamento hidráulico.

A partir da análise dos resultados obtidos, foram calculados na bacia de dissipação, vertedouros de parede espessa, o qual permitirá um escoamento mais tranqüilo nas estruturas subsequentes. O detalhamento das escadas está apresentado nos desenhos EN.B/IV.DS.GT.0049 e 0050

É recomendável, na etapa do projeto executivo, fazer um estudo com modelo hidráulico para verificar, otimizar e definir estas estruturas.

5.4 Aquedutos

5.4.1 Características Hidráulicas

Os aquedutos são estruturas em concreto que substituem os canais em trechos reduzidos, que cortam bacias de drenagem que têm uma vazão correspondente a chuvas com período de recorrência de 100 anos igual ou maior que $60 \text{ m}^3/\text{s}$, não comportando uma solução de drenagem convencional, ou então o trecho do canal em aterro se torna solução antieconômica em comparação com a solução em aqueduto detalhado nos desenhos EN.B/VI.DS.ET.0002 e 0003.

Neste trecho foram projetados 07 aquedutos dimensionados para a vazão de $20,00 \text{ m}^3/\text{s}$, com célula simples:

AQUEDUTO	COMPRIMENTO (m)
Cabeça da Onça	690
Cachoeira da Vaca	210
Pedra Preta	210
Pitombeira	600
Bananeira	300
Lagoa Vermelha	840
Peixe	210

Os dois extremos dos aquedutos serão estruturas de transição de 30 m de comprimento, para passar da seção do canal para a seção do aqueduto em formato retangular e vice-versa como mostrado na **Figura 5.2**.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

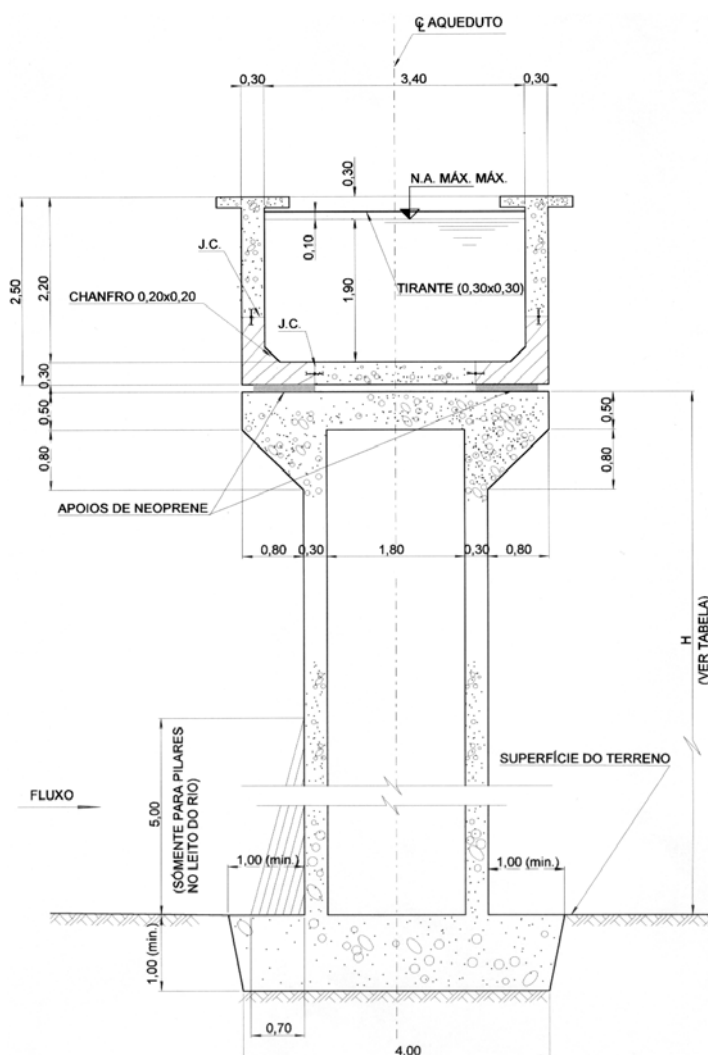


Figura 5.2 – Aqueduto do Trecho IV

Os comprimentos indicados na tabela anterior referem-se somente à parte do aqueduto, sem a inclusão dos trechos das transições de montante e jusante. Os aquedutos têm forma retangular com declividade de 0,0004 m/m. Para a vazão de 20 m³/s, a sua base é de 4,38 m de largura e altura variável em função dos estudos hidrodinâmicos, em torno de 6 m livres.

Em geral, os aquedutos são formados por uma laje de fundo e duas paredes laterais. As espessuras dessas estruturas medem 0,3 m. Na parte superior dos aquedutos foram instalados tirantes de travamento a cada 5 m, de seção transversal de 0,3 x 0,3 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, como detalhado nos desenhos EN.B/IV.DS.ET.0002 e 0003.

Os pilares de sustentação da estrutura superior do aqueduto são estruturas celulares com seções vazadas retangulares de 0,3 m de espessura. Na parte superior dos pilares foi implantada uma estrutura maciça sobre a qual foram colocadas almofadas de neoprene para



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

apoio da estrutura adutora. Na parte inferior dos pilares foi implantada uma sapata de fechamento de 1 m de espessura e base alargada de modo a uniformizar as tensões transferidas à fundação. Os pilares, quando da passagem por um rio perene ou não, 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 vedajuntas, 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 vedajuntas tipo Jeene JJ4050M. Para as estruturas dos aquedutos, formadas pelas transições, adução, pilares e fundações foi adotada a classe de concreto B, que apresenta resistência característica $f_{ck} = 25$ MPa aos 28 dias.

5.5 Túneis

Os túneis foram dimensionados com a finalidade de aduzir $20 \text{ m}^3/\text{s}$ através de uma seção arco-retângulo de 5,35 m de largura e altura. Escavados em rocha, foram adotados 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 abóbada, resultando num coeficiente equivalente $n=0,028 \text{ s/m}^{1/3}$. A altura da lâmina d'água será limitada em $0,75D$, ou seja, a 4,0 m de altura, sendo que a declividade do túnel foi fixada em $0,0004 \text{ m/m}$.

Os túneis deverão ter o seu piso totalmente regularizado com concreto magro com espessura da ordem de 20 cm.

Nos seus 50 m iniciais e finais, seção S1, os túneis deverão ser revestidos com concreto estrutural, armado com tela soldada. O revestimento está projetado com 0,3 m de espessura, sendo adotada a classe de concreto B, que deverá ter resistência característica $f_{ck} = 25$ MPa aos 28 dias.

Prevê-se no geral características geomecânicas de maciço classe II e III, podendo ocorrer localmente situações de maciço das outras classes.

5.5.1 Túnel Tambor

5.5.1.1 Características Gerais

O túnel Tambor está situado entre as estacas 16+520 e 16+830, com um comprimento de 0,31 km, (Desenhos EN.B/IV.DS.GT.0051 e 0052).

5.5.1.2 Aspectos Geológicos e Geotécnicos

O túnel Tambor situa-se a norte do reservatório Caiçara com orientação aproximada $S83^\circ E$. No emboque a cota de fundo será 337,77.

Sua escavação se dará em um maciço de gnaiss e biotita gnaiss e migmatitos. Corta perpendicularmente as estruturas de direção geral E-W afetadas pelo lineamento de Patos. O túnel desenvolver-se-á sob uma cobertura média de 20 m de rocha competente ao longo da maior parte de sua extensão, apresentando localmente cobertura superior a 45 m.

5.5.2 Túnel Major Sales

5.5.2.1 Características Gerais

O túnel Major Sales situado entre as estacas 99+775 e 105+510 com um comprimento da ordem de 5,73 km. (Desenhos EN.B/IV.DS.GT.0053 e 0054).



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

5.5.2.2 Aspectos Geológicos e Geotécnicos

O túnel Major Sales situa-se a Norte do Reservatório Caiçara com orientação aproximada S75°E. tendo o emboque na cota 295,91 m.

Sua escavação se dará em um maciço de rocha gnaissica. O túnel desenvolver-se-á sob uma cobertura média de 35 m de rocha competente ao longo da maior parte de sua extensão, apresentando localmente cobertura superior a 90 m. Corta obliquamente um alinhamento estrutural na porção central associado a Zona de Cisalhamento de Portalegre, podendo aparecer pequenas passagens milonitizadas, com probabilidades de que nestas faixas o maciço seja de classe IV. Deve se tomar cuidado especial, com a possibilidade de ocorrência de cunhas instáveis no teto, pois a foliação apresenta mergulhos de alto ângulo tanto para SE como para NW.

5.5.3 Túnel Diamantina

5.5.3.1 Características Gerais

O túnel Diamantina situado entre as estacas 112+520 e 113+020 com um comprimento da ordem de 0,5 km. (Desenhos EN.B/IV.DS.GT.0055 e 0056).

5.5.3.2 Aspectos Geológicos e Geotécnicos

O túnel Diamantina situa-se a Norte do Reservatório Caiçara com orientação aproximada N80°W. Seu emboque terá o fundo na cota 292,98 m.

Sua escavação se dará em um maciço rochoso de gnaiss a biotita gnaiss e migmatitos. O túnel desenvolver-se-á sob uma cobertura média de 20 m de rocha competente ao longo da maior parte de sua extensão, apresentando localmente cobertura superior a 40 m.

5.5.4 Túnel Javaris

5.5.4.1 Características Gerais

O túnel Javaris situado entre as estacas 113+670 e 114+150 com um comprimento da ordem de 0,5 km. (Desenhos EN.B/IV.DS.GT.0057 e 0058).

5.5.4.2 Aspectos Geológicos e Geotécnicos

O túnel Tigre situa-se ao Sul do reservatório Negros com orientação aproximada S10°W. A cota do fundo no emboque será 292,72.

Sua escavação se dará em um maciço de gnaiss a biotita gnaiss e migmatitos. O túnel desenvolver-se-á sob uma cobertura média de 18 m de rocha competente ao longo da maior parte de sua extensão, apresentando localmente cobertura superior a 40 m.

5.6 Açude Angicos

Durante a etapa dos estudos de viabilidade foi feita a reavaliação da adequabilidade da capacidade hidráulica dos vertedouros dos açudes existentes, com base no ajuste dos hidrogramas de cheias, feito segundo os critérios estabelecidos para a Transposição do rio São Francisco. Esses estudos estão apresentados no relatório FUNCATE R23 Dimensionamento das Obras Principais de Terra e Rocha – Tomo 2 de número EN.V/G.RT.GT.1000 Rev.0/A dos Estudos de Viabilidade.

Nesses estudos verificou-se que, dentre os açudes existentes na rota da Transposição – Eng. Ávidos, São Gonçalo, Atalho, Angicos, Flecha, Pau dos Ferros, Poções e Camalaú, estes dois



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

últimos no Eixo Leste – somente o Angicos não atende aos critérios reavaliados, apresentando possibilidade de galgamento para uma chuva com duração de 48 horas e recorrência de 1.000 anos, cuja vazão máxima foi estabelecida em 242 m³/s.

No presente estudo, o dimensionamento do vertedouro mostrou a necessidade de se elevar a cota atual da soleira, 271,2 m para 271,7 e, conseqüentemente, altear a barragem da cota atual 273,07 para 274,5, com aumentos de 0,5 m e 1,43 m, respectivamente.

Desta forma, nesta etapa será prevista a reforma das estruturas existentes do açude Angicos, com a introdução da estrutura de controle de superfície, alteamento da soleira do Vertedor e criação de uma mureta na barragem. (Desenho EN.B/IV.DS.GT.0062)

Por outro lado, como as condições geotécnicas atuais da barragem são desconhecidas e os custos de sua investigação ou reconstrução serão altos, devido ao pequeno tamanho da obra, definiu-se que sua recuperação e adaptação serão feitas nos moldes do revestimento do canal. Sua face de montante será recoberta com geomembrana revestida com placas de concreto e ancorada na mureta que garantirá o alteamento do coroamento, como mostrado no desenho EN.B/IV.DS.GT.0061. A mureta terá uma forma em “L” com 1,5 m de altura, ao longo de toda a crista, com espessura de 20 cm no topo e 30 cm na base, com largura de base de 1,2 m.

5.7 Tomadas d'água de Uso Difuso

5.7.1 Tipo 1 – Estação de Bombeamento de 0,1 m³/s

Serão instaladas seis tomadas d'água do tipo 1, equipadas com estações de bombeamento com capacidade de 0,1 m³/s, cujas características estão mostradas no desenho EN.B/IV.DS.ME 0001.

Está previsto o fornecimento, para cada uma das tomadas d'água do tipo 1, dos conjuntos moto-bombas, com todos os acessórios necessários para acoplamento a um conduto forçado de 400 mm), e equipamentos necessários para o comando e controle a distância, abaixo relacionados:

- duas bombas hidráulicas, do tipo eixo vertical de poço úmido, adequadas para acionamento direto por motor síncrono, 60 Hz, com potência nominal estimada de 26 kW;
- dois motores assíncronos trifásicos, 60 Hz, 380 V, 30 kW, para acionamento das bombas acima;
- um conjunto correspondente à descarga das duas bombas, composto de:
 - diversos trechos de conduto, com diâmetro de 400 mm;
 - duas válvulas de retenção de fechamento rápido, do tipo Clasar ou similar, com diâmetro nominal de 400 mm;
 - duas válvulas do tipo borboleta, com diâmetro nominal de 400 mm;
 - dois acoplamentos rígidos, com diâmetro nominal de 400 mm;
- um conduto forçado, com 100 m de comprimento (valor adotado, a ser devidamente detalhado no projeto executivo) e diâmetro nominal de 400 mm;
- um quadro de distribuição, comando e controle local das bombas;
- todas as ventosas, válvulas, instrumentos e partes metálicas dos apoios dos trechos de conduto, incluído as peças fixas embutidas no concreto, necessários;
- itens diversos para alimentação elétrica (poste, transformador, pára-raios tipo estação, proteção atmosférica, iluminação, aterramento, etc).



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

5.7.2 Tipo 2 – Estação de Bombeamento de 0,2 m³/s

Serão instaladas dez tomadas d'água do tipo 2, equipadas com estações de bombeamento com capacidade de 0,2 m³/s, cujas características estão mostradas no desenho EN.B/IV.DS.ME 0002.

Está previsto o fornecimento, para cada uma das tomadas d'água do tipo 2, dos conjuntos moto-bombas, com todos os acessórios necessários para acoplamento a um conduto forçado de 400 mm, e equipamentos necessários para o comando e controle a distância, abaixo relacionados:

- três bombas hidráulicas, do tipo eixo vertical de poço úmido, adequadas para acionamento direto por motor síncrono, 60 Hz, com potência nominal estimada de 26 kW;
- três motores assíncronos trifásicos, 60 Hz, 380 V, 30 kW, para acionamento das bombas acima;
- um conjunto correspondente à descarga das três bombas, composto de:
 - diversos trechos de conduto, com diâmetro de 400 mm;
 - três válvulas de retenção de fechamento rápido, do tipo Clasar ou similar, com diâmetro nominal de 400 mm;
 - três válvulas do tipo borboleta, com diâmetro nominal de 400 mm;
 - três acoplamentos rígidos, com diâmetro nominal de 400 mm;
- um conduto forçado, com 100 m de comprimento (valor adotado, a ser devidamente detalhado no projeto executivo) e diâmetro nominal de 400 mm;
- um quadro de distribuição, comando e controle local das bombas;
- todas as ventosas, válvulas, instrumentos e partes metálicas dos apoios dos trechos de conduto, incluído as peças fixas embutidas no concreto, necessários;
- itens diversos para alimentação elétrica (poste, transformador, pára-raios tipo estação, proteção atmosférica, iluminação, aterramento, etc).

5.7.3 Tipo 3 – Estação de Bombeamento de 0,5 m³/s

Serão instaladas quatro tomadas d'água do tipo 3, equipadas com estações de bombeamento com capacidade de 0,5 m³/s, cujas características estão mostradas nos desenhos EN.B/IV.DS.ME 0003 e 0004.

Está previsto o fornecimento, para cada uma das tomadas d'água do tipo 3, dos conjuntos moto-bombas, com todos os acessórios necessários para acoplamento a um conduto forçado de 500 mm, e equipamentos necessários para o comando e controle a distância, abaixo relacionados:

- seis bombas hidráulicas, do tipo eixo vertical de poço úmido, adequadas para acionamento direto por motor síncrono, 60 Hz, com potência nominal estimada de 26 kW;
- seis motores assíncronos trifásicos, 60 Hz, 380 V, 30 kW, para acionamento das bombas acima;
- um conjunto correspondente à descarga das seis bombas, composto de:
 - diversos trechos de conduto, com diâmetro de 400 mm;
 - seis válvulas de retenção de fechamento rápido, do tipo Clasar ou similar, com diâmetro nominal de 400 mm;
 - seis válvulas do tipo borboleta, com diâmetro nominal de 400 mm;



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

- seis acoplamentos rígidos, com diâmetro nominal de 400 mm;
- um conduto forçado, com 100 m de comprimento (valor adotado, a ser devidamente detalhado no projeto executivo) e diâmetro nominal de 500 mm;
- um quadro de distribuição, comando e controle local das bombas;
- todas as ventosas, válvulas, instrumentos e partes metálicas dos apoios dos trechos de conduto, incluído as peças fixas embutidas no concreto, necessários;
- itens diversos para alimentação elétrica (poste, transformador, pára-raios tipo estação, proteção atmosférica, iluminação, aterramento, etc).

5.7.4 Tipo 4 – Por Gravidade de 0,1 m³/s

Serão instaladas cinco tomadas d'água do tipo 4, para descarga por gravidade de 0,1 m³/s, cujas características estão mostradas no desenho EN.B/IV.DS.ME 0005.

Está previsto o fornecimento, para cada uma das tomadas d'água do tipo 4, de uma comporta do tipo Barbará, própria para acoplamento a um conduto forçado com diâmetro nominal de 400 mm, e demais equipamentos necessários, abaixo relacionados:

- uma comporta do tipo 'sentido duplo de fluxo', Barbará ou similar;
- um conduto forçado, com 100 m de comprimento (valor adotado, a ser devidamente detalhado no projeto executivo) e diâmetro nominal de 400 mm;
- uma válvula do tipo borboleta motorizada, com diâmetro nominal de 400 mm;
- um quadro de distribuição elétrica;
- todas as ventosas, válvulas, instrumentos e partes metálicas dos apoios dos trechos de conduto, incluído as peças fixas embutidas no concreto, necessários;
- itens diversos para alimentação elétrica (poste, transformador, pára-raios tipo estação, proteção atmosférica, iluminação, aterramento, etc).

5.7.5 Tipo 5 – Por Gravidade de 0,2 m³/s

Serão instaladas quatro tomadas d'água do tipo 5, para descarga por gravidade de 0,2 m³/s, cujas características estão mostradas no desenho EN.B/IV.DS.ME 0005.

Está previsto o fornecimento, para cada uma das tomadas d'água do tipo 5, de uma comporta do tipo Barbará, própria para acoplamento a um conduto forçado com diâmetro nominal de 600 mm, e demais equipamentos necessários, abaixo relacionados:

- uma comporta do tipo 'sentido duplo de fluxo', Barbará ou similar;
- um conduto forçado, com 100 m de comprimento (valor adotado, a ser devidamente detalhado no projeto executivo) e diâmetro nominal de 600 mm;
- uma válvula do tipo borboleta motorizada, com diâmetro nominal de 600 mm;
- um quadro de distribuição elétrica;
- todas as ventosas, válvulas, instrumentos e partes metálicas dos apoios dos trechos de conduto, incluído as peças fixas embutidas no concreto, necessários;
- itens diversos para alimentação elétrica (poste, transformador, pára-raios tipo estação, proteção atmosférica, iluminação, aterramento, etc).



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

5.7.6 Tipo 6 – Por Gravidade de 0,5 m³/s

Serão instaladas quatro tomadas d'água do tipo 6, para descarga por gravidade de 0,5 m³/s, cujas características estão mostradas no desenho EN.B/IV.DS.ME 0005.

Está previsto o fornecimento, para cada uma das tomadas d'água do tipo 6, de uma comporta do tipo Barbará, própria para acoplamento a um conduto forçado com diâmetro nominal de 900 mm, e demais equipamentos necessários, abaixo relacionados:

- uma comporta do tipo 'sentido duplo de fluxo', Barbará ou similar;
- um conduto forçado, com 100 m de comprimento (valor adotado, a ser devidamente detalhado no projeto executivo) e diâmetro de 900 mm;
- uma válvula do tipo borboleta motorizada, com diâmetro nominal de 900 mm;
- um quadro de distribuição elétrica;
- todas as ventosas, válvulas, instrumentos e partes metálicas dos apoios dos trechos de conduto, incluído as peças fixas embutidas no concreto, necessários;
- itens diversos para alimentação elétrica (poste, transformador, pára-raios tipo estação, proteção atmosférica, iluminação, aterramento, etc).

5.8 Sistema Elétrico

Após o bombeamento de água a partir do rio São Francisco, feito no Trecho I da Transposição, um conjunto de canais artificiais, barragens, túneis, estruturas de controle e tomadas de uso difuso conduzirá e distribuirá a água do reservatório de Caiçara ao reservatório Angicos no estado do Rio Grande do Norte. Com a finalidade de interligar todos os sistemas que permitem o controle e a operação do empreendimento, foi definido um sistema elétrico constituído de:

Sistemas elétricos de acionamento, supervisão e controle e auxiliares em cada uma das estruturas componentes do sistema de adução, e que são as estruturas de controle de vazão e as tomadas d'água de uso difuso.

A operação e supervisão da estrutura de controle e tomadas de uso difuso serão basicamente automáticas e referidas ao Centro de Controle e Operação (CCO) a ser instalado em um prédio na subestação da estação de bombeamento EBI-1, no Trecho I. Além disso, haverá a possibilidade de comando local em cada uma dessas unidades.

As vazões aduzidas, os níveis de água junto às comportas e tomadas, reservatórios e açudes serão monitorados à distância, via cabos ou via satélite por meio de sensores instalados nos locais apropriados, cujo banco de dados estará sendo controlado na CCO.

5.8.1 Estruturas de Controle

O sistema elétrico das estruturas de controle será alimentado através de uma linha de distribuição de concessionária local, em 13.800 V.

Serão instalados os seguintes equipamentos e sistemas:

5.8.1.1 Transformador de Distribuição

Um transformador de distribuição trifásico, 13.800-380/220 V, 30 kVA a óleo, instalado em poste.

5.8.1.2 Demais Sistemas

Sistema digital de supervisão e controle;

Sistema de comunicação via satélite;



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Sistema de serviços auxiliares de corrente alternada;
Sistema de iluminação;
Sistema de vias de cabos;
Sistema de fiação;
Sistema de aterramento;
Sistema de proteção atmosférica.

5.8.2 Tomadas d'Água de Uso Difuso

O sistema elétrico das tomadas d'água de uso difuso será alimentado através de uma linha de distribuição de concessionária local, em 13.800 V, sendo que existirão 6 tipos de estrutura de controle:

Seis unidades de 0,1 m³/s, com bombeamento;
Dez unidades de 0,2 m³/s, com bombeamento;
Quatro unidade de 0,5 m³/s, com bombeamento;
Cinco unidades de 0,1 m³/s, sem bombeamento;
Quatro unidades de 0,2 m³/s, sem bombeamento;
Quatro unidades de 0,5 m³/s, sem bombeamento.

Serão instalados os seguintes equipamentos e sistemas:

5.8.2.1 Transformador de Distribuição

Transformador de distribuição trifásico, 13.800-380/220 V, potência de acordo com o tipo de tomada, a óleo, instalado em poste.

5.8.2.2 Conjuntos Moto Bombas

Conjuntos moto-bombas em função do tipo de tomada d'água de uso difuso, poderá ser com 02 conjuntos, 03 conjuntos ou 06 conjuntos, em função da vazão definida para a tomada.

Cada Conjunto Moto-bombas será constituído por:

1 Bomba do tipo vertical de poço úmido, com sistema de acoplamento e desacoplamento, com capacidade de bombeamento de 0,1 m³/s e elevação de 15m;
1 Motor do tipo vertical com potência para acionamento da bomba acima;
1 Conjunto de materiais e equipamentos de instalação;

5.8.2.3 Demais Sistemas

Sistema digital de supervisão e controle;
Sistema de comunicação via satélite;
Sistema de serviços auxiliares de corrente alternada;
Sistema de iluminação;
Sistema de vias de cabos;
Sistema de fiação;
Sistema de aterramento;



Sistema de proteção atmosférica.

5.8.3 Sistema Digital de Supervisão e Controle

A supervisão, comando e controle das Estruturas de Controles e Tomadas D'Água de Uso Difuso serão executados normalmente, a partir do Centro de Controle e Operação (CCO) instalado na EBI-1 do Trecho I através de comunicação em protocolo aberto com o Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC) instalado nessas unidades. As Estruturas de Controle e Tomadas D'Água de Uso Difuso deverão executar as mesmas funções quando não estiverem interligadas ao Centro de Controle e Operação (CCO) ou ainda automaticamente sem supervisão pelas UACs ou manualmente atuando diretamente nos equipamentos.

5.8.3.1 Estrutura Hierarquica do Sistema

A estrutura hierárquica do Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC) foi concebido em três níveis funcionais:

Nível 1

- O nível inferior do SDSC, identificado como nível 1, corresponde aos subsistemas locais de aquisição de dados e controle associados aos elementos da estrutura de controle e tomadas d'água de uso difuso. Os equipamentos do nível 1 do SDSC, quais sejam, as unidades de aquisição e controle (UAC) formam subsistemas funcionalmente autônomos e independentes entre si e dos níveis superiores, no que se refere à execução das funções básicas de controle, automatismo, medições operacionais e de faturamento necessárias à operação correta e segura dos equipamentos.
- Através da UAC poderão ser executados os comandos manuais locais ou automáticos de cada equipamento ou sistema elétrico e, portanto uma IHM adequada a esse fim será prevista.
- Está prevista uma UAC para aquisição de dados para cada estrutura de controle e tomada d'água de uso difuso. Através da UAC serão executados comandos de comportas, válvulas, moto-bombas e aquisições de dados como vazão, níveis, estados, etc.

Nível 2

O nível 2 do SDSC é responsável pela supervisão e controle local das estações de bombeamento e usinas hidrelétricas, portanto não será utilizado no trecho IV.

Nível 3 Centro de Controle e Operação – CCO

O projeto do Centro de Controle e Operação foi desenvolvido no projeto básico do Trecho I e será construído junto à Subestação EBI-1 e terá como função controlar e operar todo o sistema.

O nível 3 - Centro de Controle e Operação CCO, definido no Trecho I, será responsável pela supervisão e controle dos equipamentos e sistemas de todo o empreendimento, compreendendo:

- três estações de bombeamento com suas subestações 230-6,9 kV, sistemas de transmissão de 230 e 6,9 kV, estruturas de controle dos reservatórios, tomadas d'água de uso difuso e postos de medição remotos apresentados no Trecho I;
- cinco usinas hidrelétricas e subestação 69-6,9 kV, sistemas de transmissão de 69 e 6,9 kV, subestações de Jati/Atalho e Caiçara, sistemas de transmissão de 230 kV, estruturas de controle dos reservatórios, tomadas d'água de uso difuso e postos de medição remotos apresentados no Trecho II;



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

- duas usinas hidrelétricas e subestação 69-6,9 kV, sistemas de transmissão de 69 e 6,9 kV, estruturas de controle dos reservatórios, tomadas d'água de uso difuso e postos de medição remotos apresentados no Trecho III;
- estruturas de controle;
- tomadas d'água de uso difuso;
- postos de medição remotos.

O nível 3 será constituído de duas plataformas computacionais de operação, padrão PC / AT, cada uma com dois monitores, impressora, teclado e mouse, uma plataforma computacional de treinamento, também padrão PC / AT, com dois monitores, teclado e mouse, duas plataformas computacionais para o gerenciamento da base de dados, dois roteadores para a transmissão de dados dos postos de medição remotos via satélite e um GPS para a sincronização de tempo.

As duas plataformas computacionais de operação funcionarão em regime *hot-standby* podendo a operação de qualquer equipamento ser efetuada de qualquer uma delas.

5.8.4 Sistema de Comunicação Via Satélite

5.8.4.1 Arquitetura Básica Sistema de Comunicação Via Satélite

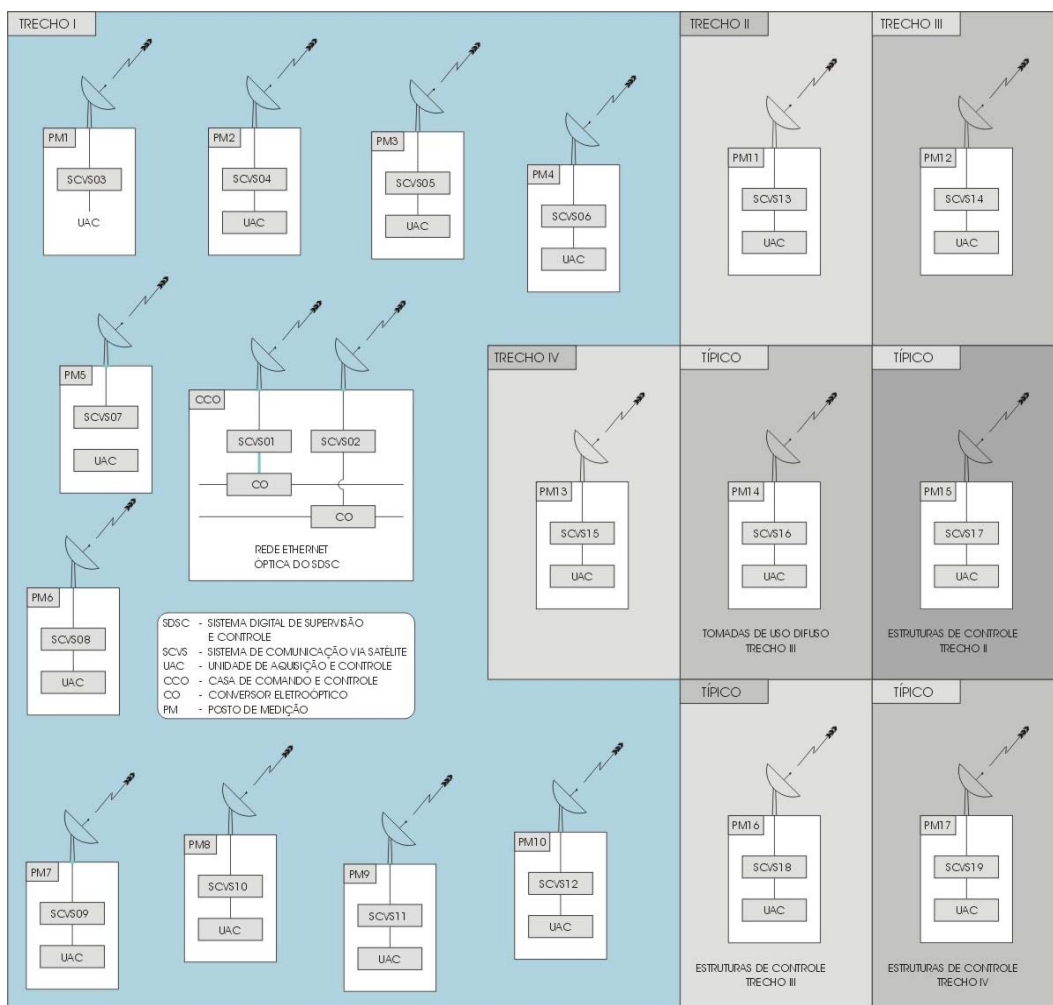


Figura 5.3 – Arquitetura de Telecomunicações



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

5.8.4.2 Equipamentos

Os equipamentos que serão fornecidos são:

- Trinta e cinco equipamentos de comunicação de dados via satélite, completo, com antena e cabo de conexão da antena ao receptor/transmissor;
- Trinta e cinco carregadores de baterias;
- Trinta e cinco baterias.

5.8.4.3 Características Técnicas / Operacionais

Todas as partes integrantes do sistema obedecerão às normas do ITU-TSS (antigo CCITT) e TELEBRÁS, vigentes para este setor de comunicação.

O modo de funcionamento será semiduplex.

A seleção dos equipamentos será por discagem telefônica convencional.

O conjunto transmissor - satélite - receptor permitirá comunicação de dados a até 19.200 *bits* por segundo.

O sistema terá o tempo de acesso (da conclusão da discagem ao estabelecimento da comunicação de dados) inferior a 5 segundos.

A perda de comunicação será inferior a 1 para 5.000.

A disponibilidade do canal será superior a 99,9 % do tempo

5.8.4.4 Equipamentos de TX/RX

Cada equipamento será fornecido completo para a operação, dotado de antena e bateria.

Os equipamentos possuirão um indicador de carga de bateria, ou seja, quando a bateria estiver com carga insuficiente e que venha prejudicar as comunicações deste transceptor, existirá sinalização visual do mesmo e transmissão de sinal para o CCO definido no Trecho I.

Os equipamentos serão concebidos para operarem em uma única rede do tipo estrela, tendo o CCO como elemento centralizador e, todos os postes de medição remotos em contato permanente e direto com o CCO.

A estrutura de comunicação permitirá comunicação 24 horas por dia, possibilitando uma monitoração *On Line* dos equipamentos controlados.

As portadoras a serem adotadas serão transparentes aos protocolos de comunicação CCO - Postos de medição remotos e vice versa.

As portadoras e os protocolos adotados para a comunicação não afetarão a lógica de *pooling* adotada para a monitoração do SCVS.

Com a finalidade de, garantir uma operação confiável, o sistema será concebido a partir de processos consagrados comercialmente, principalmente no que diz respeito aos enlaces de comunicação envolvendo os vários módulos do sistema (transmissão e recepção).

Os enlaces de comunicação serão de elevada disponibilidade e devem suportar recursos mínimos que garantam a segurança no processo de comunicação.

Estes recursos são basicamente os seguintes:

- Detecção de erros;
- Correção de erros;



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

- Técnicas de reconhecimento de mensagem recebida e transmitida sem erro;
- Proteção contra entradas impróprias;
- Técnicas adicionais para assegurar que não ocorram erros não detectáveis que poderiam causar interpretação errônea de dados transmitidos;
- Retransmissão de mensagem para comparação com a mensagem transmitida;
- Endereçamento discreto de todas as comunicações através de um número de identificação único.

As informações transmitidas/recebidas pelos módulos de comunicação nos enlaces existentes em equipamentos internos ao CCO ou nos enlaces do CCO diretamente para os postos de medição remotos, serão garantidas por protocolos de comunicação de alta confiabilidade, com a aplicação de técnicas de verificações que utilizem polinômios de elevada hierarquia no processo de manipulação, verificação e validação das mensagens.

Na elaboração, avaliação, verificação e validação dos vários enlaces de comunicação do SCVS, serão utilizadas as últimas edições das normas de referência aplicadas a sistemas de comunicação suportados por satélite.

5.8.5 Sistemas de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada

5.8.5.1 Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada da Estrutura de Controle

O Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada será constituído por quadro de distribuição e grupo diesel gerador.

Características do sistema:

Tensão nominal	380/220 Vca
Formação	Trifásico+Neutro
Frequência	60 Hz
Corrente Nominal	600 A
Corrente de Curto Circuito	5 kA

O Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada, na tensão de 380/220 V, trifásico será constituído por:

- Quadro de distribuição de corrente alternada QDRE completo, com alimentador proveniente do transformador de serviços auxiliares, alimentador proveniente do grupo diesel gerador, alimentadores de cargas, demarradores de motores, transformadores de corrente, sistema de proteção, sistema de medição e sistema de intertravamento;
- Grupo diesel gerador trifásico, 32 kVA, 380 / 220 Vca, completo com painel PCGD com alimentador para QDRE, transformadores de corrente, sistema de proteção, sistema de medição e sistema de intertravamento.

5.8.5.2 Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada das Tomadas D'Água de Uso Difuso

O Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada será constituído por quadro de distribuição e grupo diesel gerador.

Características do sistema:



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Tensão nominal	380/220 Vca
Formação	Trifásico+Neutro
Frequência	60 Hz
Corrente Nominal	600 A
Corrente de Curto Circuito	5 kA

O Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada, na tensão de 380/220 V, trifásico será constituído por:

- Quadro de distribuição de corrente alternada QDUD completo, com alimentador proveniente do transformador de serviços auxiliares, alimentador proveniente do grupo diesel gerador, alimentadores de cargas, demarradores de motores, transformadores de corrente, sistema de proteção, sistema de medição e sistema de intertravamento;
- Grupo diesel gerador trifásico, potência de acordo com a especificação técnica, 380 / 220 Vca, completo com painel PCGD com alimentador para QDUD, transformadores de corrente, sistema de proteção, sistema de medição e sistema de intertravamento.

5.8.6 Sistema de Iluminação e Tomadas

O sistema de iluminação proporcionará o iluminamento adequado às diversas áreas da estrutura de controle e tomadas d'água de uso difuso, será dimensionado de acordo com a importância do ambiente atendido ou do tipo de serviço que determinado equipamento realiza, levando-se em conta que, em certos ambientes, um nível mínimo de iluminamento deverá ser mantido sob quaisquer condições de operação, bem como o regime de operação não assistida.

5.8.6.1 Sistema de Iluminação da Estrutura de Controle

Na casa com central oleodinâmica e quadro elétrico, o nível de iluminamento previsto é de 150 lux, na área externa o nível previsto é de 15 lux.

Serão instaladas nas áreas externas e internas:

- Projetores de uso externo para lâmpada vapor de sódio 250 W, instalado nas estruturas;
- Luminária de sobrepor/embutir (2x) 40 W, para uso interno;
- Tomadas para distribuição de energia em circuito monofásico 220 Vca;
- Tomadas para distribuição de energia em circuito trifásico 380 Vca.

5.8.6.2 Sistema de Iluminação das Tomadas D'Água de Uso Difuso

Na tomada d'água de uso difuso, o nível de iluminamento previsto é de 150 lux para área interna e na área externa o nível previsto é de 15 lux.

Serão instaladas nas áreas externas e internas:

- Projetores de uso externo para lâmpada vapor de sódio 250 W, instalado nas estruturas;
- Luminária de sobrepor/embutir (2x) 40 W, para uso interno;
- Tomadas para distribuição de energia em circuito monofásico 220 Vca;
- Tomadas para distribuição de energia em circuito trifásico 380 Vca.
- Tomadas para distribuição de energia na estação de bombeamento em circuito trifásico 380 Vca.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

5.8.7 Sistema de Vias de Cabos

O sistema de vias de cabos da estação de bombeamento deverá ser implantado em bandejas de aço galvanizado, largura 500 mm, aba 150 mm e em eletrodutos flexíveis com conectores para ligação aos equipamentos e motores.

Internamente às bandejas, os cabos deverão ser suportados e separados em níveis de acordo com funções específicas (média tensão/baixa tensão ca/controle/telecomunicação).

Os eletrodutos para acoplamento aos equipamentos também deverão conter cabos de mesma função.

5.8.8 Sistema de Fiação

O sistema de fiação compreenderá o conjunto de cabos e fios isolados necessários à interligação dos equipamentos, entre os equipamentos e o sistema de proteção e entre os equipamentos e o sistema de controle. Estão considerados todos os cabos utilizados na distribuição de energia, comando, controle, proteção, telefonia e iluminação.

Serão considerados na definição dos cabos os seguintes requisitos gerais:

- resistência térmica;
- resistência mecânica;
- resistência à umidade e aos agentes externos;
- resistência ao fogo e características de não propagação de chama;
- características de dobramento e flexibilidade.

5.8.8.1 Tipos de Cabos

As categorias de cabos são as seguintes:

- Cabos de Controle, serão cabos com isolamento termoplástico ou termoestável, classe 600 V, multipolares, blindados ou não, com condutores de cobre;
- Cabos de iluminação, serão cabos com isolamento termoplástico de PVC, classe 600 V, podendo ser unipolares ou multipolares, com condutores de cobre têmpera mole, e bitola mínima de 2,5 mm²;
- Cabos de energia, em baixa tensão (0,6 a 1 kV) serão cabos de três condutores com seção mínima de 4 mm² e máxima de 50 mm² e cabos de um condutor para seções superiores a 50 mm²;
- Cabos de energia em média tensão (maior que 1 kV), serão cabos de um condutor com seção mínima de 25 mm²;
- Cabos tipo telefônico, multipares, blindados para Sistema de Controle Digital.

Serão utilizados cabos de quatro condutores para ligação de transformadores de instrumentos, cabos de até doze condutores para os sistemas de controle de 125 Vcc e cabos de até 50 pares no Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC).

Os cabos serão dimensionados de acordo com suas aplicações, respeitando-se as quedas máximas de tensões ditadas por normas ou suportadas pelas cargas, e pelas elevações máximas de temperatura em regime e em condições de curto-circuito. Porém, em qualquer condição, as quedas de tensão entre os terminais de saída dos transformadores de serviços auxiliares e as cargas serão no máximo de 6% sobre o valor nominal, para circuitos de iluminação, 8%, para outras utilizações, respeitando-se uma queda parcial de 2% nos circuitos



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

terminais de iluminação. Os circuitos terminais para motores serão dimensionados para no mínimo 125% do valor nominal da corrente de carga.

5.8.9 Sistema de Aterramento

O sistema de aterramento foi dimensionado conforme norma IEEE 80/1976 levando em consideração um solo com resistividade de 1.000 Ωm .

Para cálculo da resistência de aterramento da instalação, bem como de potenciais perigosos, na estação de bombeamento e Subestação, no projeto executivo, deverão ser realizadas medições para obtenção da resistividade do solo na região das instalações, através do método de WERNER.

As estruturas e partes metálicas não energizadas dos equipamentos serão conectadas à malha de aterramento por meio de cabos de cobre nu de bitola mínima 25 mm².

A malha terá características suficientes para garantir que as diferenças de potencial locais se situem dentro dos limites aceitáveis por norma inclusive no tocante à resistência de aterramento.

5.8.10 Sistema de Proteção Atmosférica

A estrutura de controle e as tomadas d'água de uso difuso deverão ter seus equipamentos e instalações protegidos contra descargas atmosféricas.

Para tanto deverão ser empregadas hastes, pára-raios e utilizados cabos guarda em posições estudadas para que se consiga uma proteção adequada a todas as instalações.

Todos os equipamentos utilizados para a proteção atmosférica deverão ser rigidamente conectados na malha de terra.

5.9 Sistema Viário

Como o traçado do canal interferirá com o sistema viário local, serão necessárias obras de interligação para a manutenção das condições de trânsito de veículos e pedestres. Essas obras serão dos seguintes tipos:

- Onze pontes Tipo 1B (TB-36) indicadas para estradas vicinais que atravessam perpendicularmente o canal em situação de corte ou aterro. Estas pontes terão 1 vão, com comprimento de 35 m, trens tipo TB 36 com duas faixas de 3 m. Em cada lado do tabuleiro das pontes foram projetados passeios de 1 m de largura e guarda corpo de 0,8 m de altura, não apresentando acostamento (desenho EN.B/IV.DS.ET.0006):

Localização	Corte/Aterro	Estaca
Azevém para o Redondo	Corte	15+800
Bom Jesus para o Baixio	Aterro	38+700
Santa Helena para o Baixio	Corte	50+950
Lagoa das Aroeiras para a Bela Vista	Corte	62+900
Deserto para o Triunfo	Corte	72+400
Poço para o Mulungu	Corte	79+100
Rio do Peixe para o Condado	Corte	85+700
Uiraúna para o Catingueira I	Corte	92+600
Uiraúna para a Vazante	Corte	95+200
Fazenda Nova para o São Miguel	Corte	109+700
Amexeira para o Arapuá	Corte	117+750



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

- Duas pontes Tipo 1A (TB-45) para dar continuidade à vivinal que liga Fátima a São José e a BR-230, que liga os municípios de São José-PB e Ipaumirim no Ceará, trens tipo TB 45 de Classe IV e duas faixas de rolamento de 6 m. Em cada lado do tabuleiro da ponte foram projetados passeios de 1 m de largura e guarda corpo de 0,8 m de altura (Figuras 5.4 e 5.5 - desenho EN.B/IV.DS.ET.0005).

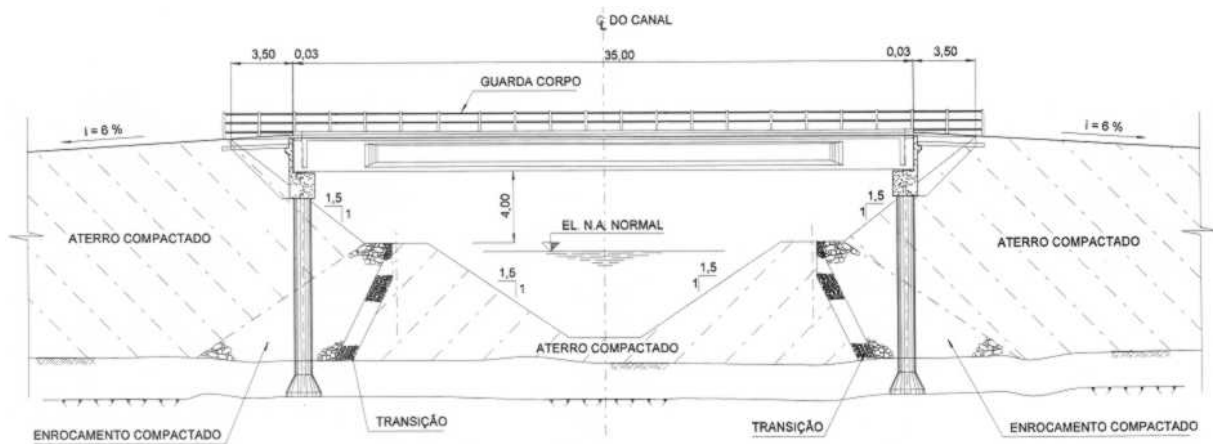


Figura 5.4 – Ponte TB – 45

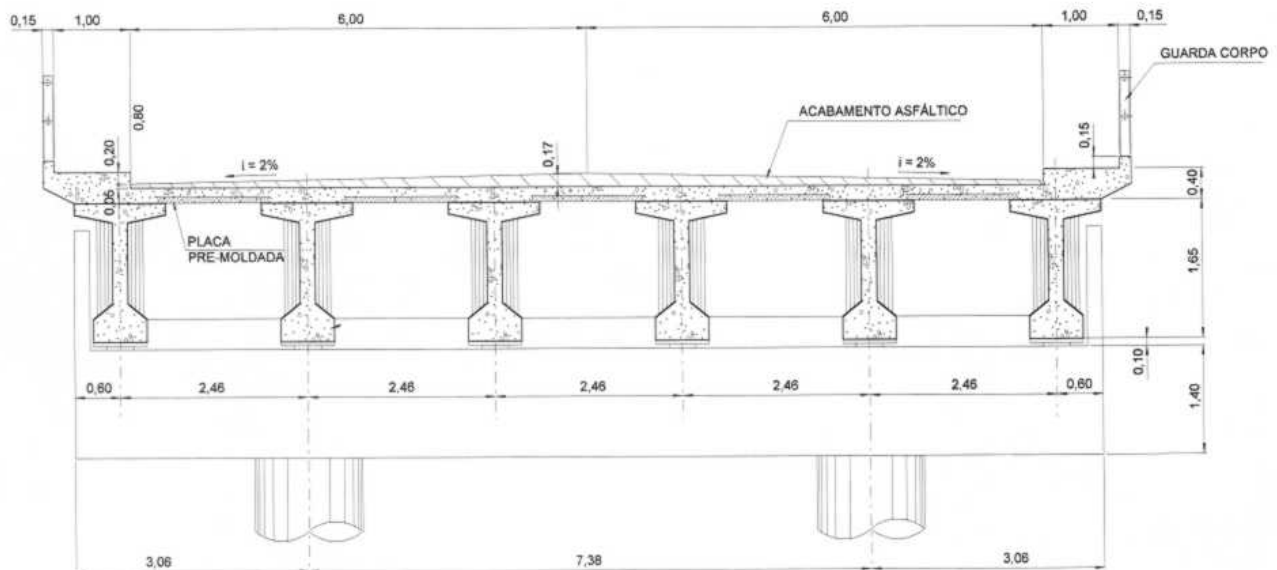


Figura 5.5 – Ponte TB- 45 – Seção

- As passarelas foram previstas para reintegrar o sistema de acesso de pedestres e animais local tendo sido projetadas 18 passarelas em concreto com as seguintes principais características: 1 vão de 21 m, 2 m de largura livre e 3,2 m de largura total (Figura 5.6 (a), (b) e (c) - desenho EN.B/IV.DS.ET.). Sua localização é a seguinte:

Localização	Corte/Aterro	Estaca
Caiçara para a Serra do Amaro	Corte	7+800
Cocos para Bodes	Corte	12+500



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Azevém para o Tambor	Aterro	15+800
Pau D'Árco para o Carrasco	Corte	21+000
Santa Maria para a Lagoa Nova	Corte	31+900
Saco para o Ingá	Aterro	44+900
Santa Helena para o Timbaúba	Corte	48+050
Bonito para o Barracão	Corte	52+700
Lagoa Vermelha para o Altos	Corte	58+500
Lagoa da Aroeira para Iracema	Corte	60+300
Tabuleiro Grande para a Baixa Grande	Corte	66+500
Cacimba Nova para o Cajú	Corte	69+400
Pau D'Árco para o Mulungu	Corte	75+500
Poço para o Silva	Corte	82+200
Açude das Areias para a Capivara	Corte	88+800
Sariemas para a Baleia	Corte	90+300
Santa Umbelina para a Vazante	Corte	97+900
Canta Galo para o Arapuá	Corte	116+000

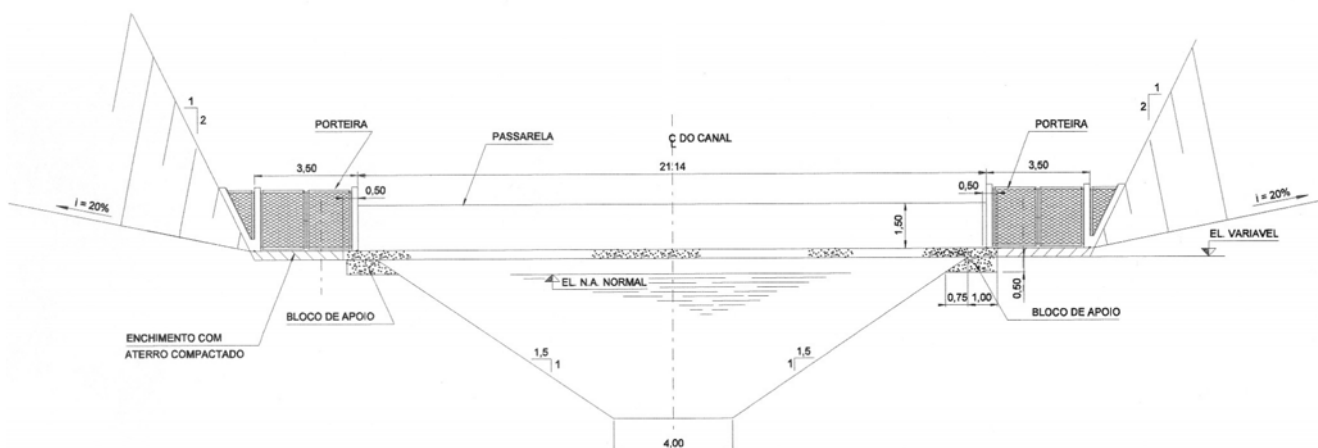


Figura 5.6 a – Passarelas – Corte

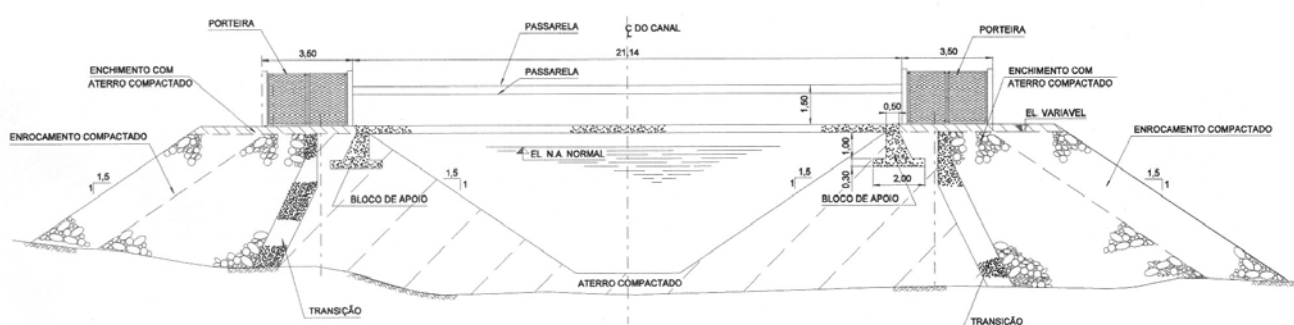


Figura 5.6 b – Passarela – Aterro

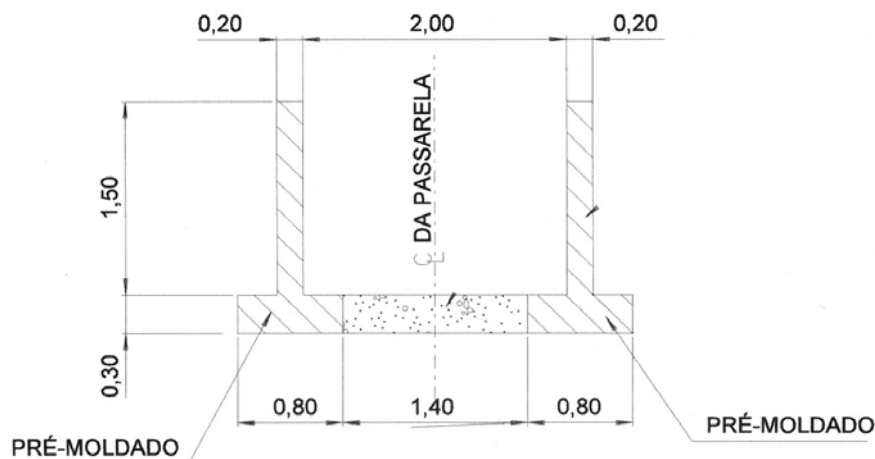


Figura 5.6 c – Passarela – Seção

5.10 Operação do Sistema

As vazões que escoarão pelo sistema adutor do Trecho IV serão uma função das demandas hídricas de cada um dos reservatórios assistidos pela Transposição, e pelas vazões de usos difusos necessárias a cada instante. As vazões e níveis d'água de todo o sistema serão monitorados pelos sensores que serão instalados em cada saída do sistema adutor e nos reservatórios de destino.

O controle dessas informações e a operação das comportas será feita à distância com opção de acionamento manual no local em casos de pane no sistema, pelo Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC) centralizado na Central de Comando Operacional (CCO) localizada na subestação da Estação de Bombeamento EBI –1 no Trecho I.

Cada vez que for necessário um determinado volume de água para atender a uma demanda específica, ou várias, será acionado o sistema de bombeamento no Trecho I. Se esse volume tiver seu uso após o reservatório Caiçara, cada uma das comportas dos Trechos II, III e IV se abrirá até o nível da vazão correspondente à cada trecho, permitindo a vazão pelo tempo necessário para garantir o volume demandado. Essas demandas são identificadas pelo nível d'água dos reservatórios finais do sistema de transposição pelas necessidades de usos difusos ao longo do traçado dos eixos. O sistema, como concebido, permite o aporte de vazões variadas, desde poucos metros cúbicos por segundo até a vazão máxima prevista para cada trecho, com a correspondente geração elétrica.

5.11 Planejamento e orçamento

As obras previstas neste Projeto Básico do Trecho IV tem como principal característica as obras lineares, como canais, túneis e aquedutos, apesar de neste trecho conter também duas estruturas de controle sendo uma no reservatório Caiçara que é o início do Trecho IV e a outra na Barragem Angicos que deverá ser refeita..

Com estas premissas adotadas, a primeira fase para a construção do trecho IV resultou em trinta e seis meses, considerando a totalidade das obras civis, e a montagem das máquinas relativas a esta fase da obra.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

O custo total previsto para o Trecho IV é de R\$ 674.972.619,45 (seiscentos e setenta e quatro milhões, novecentos e setenta e dois mil, seiscentos e dezenove reais e quarenta e cinco centavos) e a data de referência é de Fevereiro de 2003.

O custo previsto para as obras civis é de R\$ 650.389.104,45 (seiscentos e cinquenta milhões, trezentos e oitenta e nove mil, cento e quatro reais e quarenta e cinco centavos) com previsão de desembolso nos trinta e seis primeiros meses de obra. O custo por tipo de obra está mostrado na **Tabela 5.2**.

Item	Obra	Custo (R\$)
1	Estrutura de Controle no Reservatório Caiçara/Trecho IV (20,00 m³/s)	R\$ 2.279.469,10
2	Canal de Adução	R\$ 248.267.460,58
3	Aquedutos	R\$ 30.734.118,01
4	Túneis	R\$ 29.596.119,51
5	Reservatório Angicos	R\$ 487.805,85
6	Estrutura de Controle e Vertedouro no Reservatório Angicos (20,00 m³/s)	R\$ 3.004.708,56
7	Tomadas D' Água de Uso Difuso com e sem Bombeamento	R\$ 33.938.514,50
8	Pontes : BR , PE e Vicinais	R\$ 6.355.175,54
9	Obras de Drenagem	R\$ 222.371.437,16
10	Custos Indiretos	R\$ 97.937.810,63
TOTAL		R\$ 674.972.619,45

Tabela 5.2 – Resumo do custo das obras do Trecho IV

O custo previsto para o fornecimento e montagem eletromecânica é de R\$ 24.583.115,00 (vinte e quatro milhões, quinhentos e oitenta e três mil e cento e quinze reais) com desembolso previsto para as três fases da obra.

O Fluxo de Caixa previsto para a execução total da obra em suas diversas fases esta apresentado na **Tabela 5.3**

Item	Obra	Custo (R\$)
1	R\$ 114.165.289,00	Início da Construção
2	R\$ 277.956.635,00	
3	R\$ 257.929.301,00	
4	R\$ 24.921.394,00	Entrada da Operação
TOTAL	R\$ 674.972.619,00	TOTAL

Tabela 5.3– Fluxo de Caixa (ref. fevereiro de 2003) Trecho IV

Note-se que, sempre que possível, estruturas de controle, tomadas de usos difusos e outras estruturas de pequeno porte serão alimentadas por linhas locais.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

6 . FICHA TÉCNICA E DESCRIÇÃO GEOMÉTRICA DA COMPLEMENTAÇÃO DO TRECHO IV

Estrutura de Controle	NA max max	NA normal	NA max normal	NA mínimo	Soleira	Vazão (m³/s)
Comportas Segmento	Est. 0+6+400	2 x (3,40 m x 4,00 m)		r = 7,30 m		20,00
Canal 01						
Montante	6+440	2,95	0,015	0,0001	20,00	Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m
Jusante	6+600					
Escada Arruido						
Montante	6+600	0,97	21,50	0,015	0,0233	20,00
Jusante	6+901					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m - degraus (e = 0,50 m p = 21,50 m)						
Canal 02						
Montante	6+901	2,95	0,015	0,0001	20,00	Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m
Jusante	9+100					
Aqueduto Cabeça da Onça						
Montante	9+100	2,95	4,38	0,015	0,0004	20,00
Jusante	9+790					
Canal 03						
Montante	9+790	2,95	0,015	0,0001	20,00	Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m
Jusante	13+400					
Escada Angical 01						
Montante	13+400	0,93	18,50	0,015	0,027	20,00
Jusante	14+510					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m - degraus (e = 0,50 m p = 18,50 m)						
Canal 04						
Montante	14+510	2,95	0,015	0,0001	20,00	Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m
Jusante	15+870					
Escada Angical 02						
Montante	15+870	0,89	16,00	0,015	0,0313	20,00
Jusante	16+094					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m - degraus (e = 0,50 m p = 16,00 m)						
Canal 05						
Montante	16+094	2,95	0,015	0,0001	20,00	Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m
Jusante	16+520					
Túnel Tambor						
Montante	16+520	4,01	Arco Retangulo 5,35	0,028	0,0004	20,00
Jusante	16+830					
Canal 06						
Montante	16+830	2,95	0,015	0,0001	20,00	Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m
Jusante	16+950					
Escada Redondo						
Montante	16+950	0,74	8,00	0,015	0,0625	20,00
Jusante	17+102					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m - degraus (e = 0,50 m p = 8,00 m)						
Canal 07						
Montante	17+102	2,95	0,015	0,0001	20,00	Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m
Jusante	18+400					



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

(continuação)

Aqueduto Cachoeira da Vaca	Estaca	Linha D'Água (m)	Base (m)	Manning	Declividade (m/m)	Vazão (m³/s)
Montante	18+400	2,95	4,38	0,015	0,0004	20,00
Jusante	18+610					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m						
Canal 07 - A	Estaca	Linha D'Água (m)	Manning	Declividade (m/m)	Vazão (m³/s)	
Montante	18+610	2,95	0,015	0,0001	20,00	
Jusante	22+150					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m						
Escada Carrasco	Estaca	Linha D'Água (m)	Piso (m)	Manning	Declividade (m/m)	Vazão (m³/s)
Montante	22+150	0,88	15,00	0,015	0,0333	20,00
Jusante	22+270					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m - degraus (e = 0,50 m p = 15,00 m)						
Canal 08	Estaca	Linha D'Água (m)	Manning	Declividade (m/m)	Vazão (m³/s)	
Montante	22+270	2,95	0,015	0,0001	20,00	
Jusante	23+400					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m						
Aqueduto Pedra Preta	Estaca	Linha D'Água (m)	Base (m)	Manning	Declividade (m/m)	Vazão (m³/s)
Montante	23+400	2,95	4,38	0,015	0,0004	20,00
Jusante	23+610					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m						
Canal 08 - A	Estaca	Linha D'Água (m)	Manning	Declividade (m/m)	Vazão (m³/s)	
Montante	23+610	2,95	0,015	0,0001	20,00	
Jusante	27+600					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m						
Aqueduto Pitombeira	Estaca	Linha D'Água (m)	Base (m)	Manning	Declividade (m/m)	Vazão (m³/s)
Montante	23+400	2,95	4,38	0,015	0,0004	20,00
Jusante	28+200					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m						
Canal 09	Estaca	Linha D'Água (m)	Manning	Declividade (m/m)	Vazão (m³/s)	
Montante	28+200	2,95	0,015	0,0001	20,00	
Jusante	37+600					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m						
Escada Cabaceira	Estaca	Linha D'Água (m)	Piso (m)	Manning	Declividade (m/m)	Vazão (m³/s)
Montante	37+600	1,2	47,50	0,015	0,0105	20,00
Jusante	37+980					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m - degraus (e = 0,50 m p = 47,50 m)						
Canal 10	Estaca	Linha D'Água (m)	Manning	Declividade (m/m)	Vazão (m³/s)	
Montante	37+980	2,95	0,015	0,0001	20,00	
Jusante	41+800					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m						
Aqueduto Bananeira	Estaca	Linha D'Água (m)	Base (m)	Manning	Declividade (m/m)	Vazão (m³/s)
Montante	41+800	2,95	4,38	0,015	0,0004	20,00
Jusante	42+100					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m						
Canal 11	Estaca	Linha D'Água (m)	Manning	Declividade (m/m)	Vazão (m³/s)	
Montante	42+100	2,95	0,015	0,0001	20,00	
Jusante	49+400					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m						
Escada Timbaúba	Estaca	Linha D'Água (m)	Piso (m)	Manning	Declividade (m/m)	Vazão (m³/s)
Montante	49+400	0,92	18,00	0,015	0,0278	20,00
Jusante	49+580					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m - degraus (e = 0,50 m p = 18,00 m)						
Canal 12	Estaca	Linha D'Água (m)	Manning	Declividade (m/m)	Vazão (m³/s)	
Montante	49+580	2,95	0,015	0,0001	20,00	
Jusante	50+620					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m						
Escada Lagoa de dentro	Estaca	Linha D'Água (m)	Piso (m)	Manning	Declividade (m/m)	Vazão (m³/s)



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

(continuação)

Escada Cacimba Velha		Estaca	Linha D'Água (m)	Piso (m)	Manning	Declividade (m/m)	Vazão (m³/s)
Montante		71+100	1,98	550,00	0,015	0,00146	20,00
Jusante		72+200					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m - degraus (e = 0,50 m p = 550,00 m)							
Canal 15		Estaca	Linha D'Água (m)	Manning	Declividade (m/m)		Vazão (m³/s)
Montante		72+200	2,95	0,015	0,0001		20,00
Jusante		86+200					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m							
Aqueduto Peixe		Estaca	Linha D'Água (m)	Base (m)	Manning	Declividade (m/m)	Vazão (m³/s)
Montante		86+200	2,95	4,38	0,015	0,0004	20,00
Jusante		86+410					
Canal 15- A		Estaca	Linha D'Água (m)	Manning	Declividade (m/m)		Vazão (m³/s)
Montante		86+410	2,95	0,015	0,0001		20,00
Jusante		99+775					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m							
Túnel Major Sales		Estaca	Linha D'Água (m)	Base (m)	Manning	Declividade (m/m)	Vazão (m³/s)
Montante		99+775	4,01	Arco Retangulo 5,35	0,028	0,0004	20,00
Jusante		105+510					
Canal 16		Estaca	Linha D'Água (m)	Manning	Declividade (m/m)		Vazão (m³/s)
Montante		105+510	2,95	0,015	0,0001		20,00
Jusante		112+520					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m							
Túnel Diamantina		Estaca	Linha D'Água (m)	Base (m)	Manning	Declividade (m/m)	Vazão (m³/s)
Montante		112+520	4,01	Arco Retangulo 5,35	0,028	0,0004	20,00
Jusante		113+020					
Canal 17		Estaca	Linha D'Água (m)	Manning	Declividade (m/m)		Vazão (m³/s)
Montante		113+020	2,95	0,015	0,0001		20,00
Jusante		113+670					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m							
Túnel Javaris		Estaca	Linha D'Água (m)	Base (m)	Manning	Declividade (m/m)	Vazão (m³/s)
Montante		113+670	4,01	Arco Retangulo 5,35	0,028	0,0004	20,00
Jusante		114+150					
Canal 18		Estaca	Linha D'Água (m)	Manning	Declividade (m/m)		Vazão (m³/s)
Montante		114+150		0,015	0,0001		20,00
Jusante		114+270					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m							
Escada Canta Galo		Estaca	Linha D'Água (m)	Piso (m)	Manning	Declividade (m/m)	Vazão (m³/s)
Montante		114+270	0,91	17,00	0,015	0,0294	20,00
Jusante		114+593					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m - degraus (e = 0,50 m p = 17,00 m)							
Canal 19		Estaca	Linha D'Água (m)	Manning	Declividade (m/m)		Vazão (m³/s)
Montante		114+593	2,95	0,015	0,0001		20,00
Jusante		117+870					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m							
Escada Arapuá		Estaca	Linha D'Água (m)	Piso (m)	Manning	Declividade (m/m)	Vazão (m³/s)
Montante		117+870	0,89	16,00	0,015	0,0313	20,00
Jusante		118+302					
Canal Trapezoidal - Taludes Internos 1,5 H : 1,0 V - Base : 3,00 m - degraus (e = 0,50 m p = 16,00 m)							
Reservatório Angicos		NA max max	NA normal		NA mínimo	Soleira	Vazão (m³/s)
		273,50	271,20		271,20	267,20	
Estrutura de Controle Comportas Segmento		2 x (3,40 m x 4,00 m)			r = 7,30 m		20,00
Vertedouro de Emergência		L = 59,00 m					242,00



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Descrição Geométrica

Item	DESCRIÇÃO	L (m)	ESTACA (Início)	ESTACA (Fim)	N (Início)	E (Início)	N (Fim)	E (Fim)
1	Estrutura de Controle - Caiçara	32	6.380	6.412	9.222.791	543.808	9.222.823	543.804
2	Canal	188	6.412	6.600	9.222.823	543.804	9.223.009	543.776
3	Escada Arruido	301	6.600	6.901	9.223.009	543.776	9.223.301	543.702
4	Canal	2.199	6.901	9.100	9.223.301	543.702	9.224.905	542.380
5	Aqueduto Cabeça da Onça	690	9.100	9.790	9.224.905	542.380	9.225.264	541.792
6	Canal	3.610	9.790	13.400	9.225.264	541.792	9.227.360	539.608
7	Escada Angical 01	1.110	13.400	14.510	9.227.360	539.608	9.227.702	538.555
8	Canal	1.360	14.510	15.870	9.227.702	538.555	9.228.945	538.251
9	Escada Angical 02	224	15.870	16.094	9.228.945	538.251	9.229.169	538.248
10	Canal	426	16.094	16.520	9.229.169	538.248	9.229.595	538.241
11	Túnel Tambor	310	16.520	16.830	9.229.595	538.241	9.229.905	538.236
12	Canal	120	16.830	16.950	9.229.905	538.236	9.230.025	538.234
13	Escada Redondo	150	16.950	17.100	9.230.025	538.234	9.230.175	538.232
14	Canal	1.300	17.100	18.400	9.230.175	538.232	9.231.415	538.190
15	Aqueduto Cachoeira da Vaca	210	18.400	18.610	9.231.415	538.190	9.231.623	538.220
16	Canal	3.540	18.610	22.150	9.231.623	538.220	9.234.611	537.808
17	Escada Carrasco	120	22.150	22.270	9.234.611	537.808	9.234.650	537.695
18	Canal	1.130	22.270	23.400	9.234.650	537.695	9.235.499	537.107
19	Aqueduto Pedra Prêta	210	23.400	23.610	9.235.499	537.107	9.235.686	537.012
20	Canal	3.990	23.610	27.600	9.235.686	537.012	9.239.235	536.753
21	Aqueduto Pitombeira	600	27.600	28.200	9.239.235	536.753	9.239.805	536.566
22	Canal	9.400	28.200	37.600	9.239.805	536.566	9.247.112	538.064
23	Escada Cabaceira	380	37.600	37.980	9.247.112	538.064	9.247.166	538.420
24	Canal	3.820	37.980	41.800	9.247.166	538.420	9.249.648	540.196
25	Aqueduto Bananeira	300	41.800	42.100	9.249.648	540.196	9.249.920	540.324
26	Canal	7.300	42.100	49.400	9.249.920	540.324	9.256.043	538.091
27	Escada Timbaúba	180	49.400	49.580	9.256.043	538.091	9.256.222	538.111
28	Canal	1.040	49.580	50.620	9.256.222	538.111	9.256.934	537.546
29	Escada Lagoa de Dentro	90	50.620	50.710	9.256.934	537.546	9.257.000	537.486
30	Canal	4.040	50.710	54.750	9.257.000	537.486	9.260.581	537.261
31	Aqueduto Lagoa Vermelha	840	54.750	55.590	9.260.581	537.261	9.261.397	537.458
32	Canal	15.510	55.590	71.100	9.261.397	537.458	9.270.497	546.042
33	Escada Cacimba Velha	1.100	71.100	72.200	9.270.497	546.042	9.271.537	546.400
34	Canal	14.000	72.200	86.200	9.271.537	546.400	9.276.211	558.486



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

(Continuação)

Item	DESCRIÇÃO	L (m)	ESTACA (Início)	ESTACA (Fim)	N (Início)	E (Início)	N (Fim)	E (Fim)
35	Aqueduto Peixe	210	86.200	86.410	9.276.211	558.486	9.276.286	558.685
36	Canal	13.365	86.410	99.775	9.276.286	558.685	9.283.137	569.406
37	Túnel Major Sales	5.735	99.775	105.510	9.283.137	569.406	9.288.339	571.399
38	Canal	7.010	105.510	112.520	9.288.339	571.399	9.291.648	576.465
39	Túnel Diamantina	500	112.520	113.020	9.291.648	576.465	9.292.075	576.725
40	Canal	650	113.020	113.670	9.292.075	576.725	9.292.408	577.239
41	Túnel Javaris	480	113.670	114.150	9.292.408	577.239	9.292.843	577.443
42	Canal	120	114.150	114.270	9.292.843	577.443	9.292.952	577.494
43	Escada Canta Galo	323	114.270	114.593	9.292.952	577.494	9.293.244	577.631
44	Canal	3.277	114.593	117.870	9.293.244	577.631	9.259.674	579.382
45	Escada Arapuá	430	117.870	118.300	9.259.674	579.382	9.296.101	579.436
46	Barragem Angicos	-	OE	OD	9.296.488	580.129	9.296.428	580.120
47	Estrutura de Controle - Angicos	-	Montante	Jusante	9.296.423	580.119	9.296.420	580.134
48	Vertedouro - Angicos	-	OE	OD	9.297.752	580.155	9.297.128	479.971