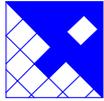




**MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA**



INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais



FUNCATE - Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais



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

**TRECHO II – EIXO NORTE
R3 – SISTEMAS DE ADUÇÃO E GERAÇÃO NOS
RESERVATÓRIOS JATI E ATALHO**



FUNCATE - Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais

**TRECHO II – EIXO NORTE
R3 – SISTEMAS DE ADUÇÃO E GERAÇÃO NOS
RESERVATÓRIOS JATI E ATALHO**

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, dezembro de 2001

Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais - FUNCATE

Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional; Trecho II – Eixo Norte – R3 – Sistemas de Adução e Geração nos Reservatórios Jati e Atalho. – São José dos Campos: Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais – FUNCATE, 2001.

14 p

1. Transposição de Águas

I. Trecho II – Eixo Norte – R3 – Sistemas de Adução e Geração nos Reservatórios Jati e Atalho

CDU 556.5:627.81

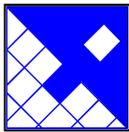
FUNCATE:

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

São José dos Campos – SP

CEP: 12210-131

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



FUNCATE

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

Projeto						Data	
Verificação						Data	
Aprovação						Data	
Aprovação						Data	
Código FUNCATE						Data	
EN.B/II.RF.GR.0003							
Rev.	Data	Folha	Descrição	Aprovação		FUNCATE	
						Data	Aprovação

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

**TRECHO II - EIXO NORTE
R3 - SISTEMAS DE ADUÇÃO E GERAÇÃO NOS
RESERVATÓRIOS JATI E ATALHO**

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

Equipe

José Armando Varão Monteiro: Gerente

Antônio Carlos de Almeida Vidon: Coordenador Técnico

Ricardo Antônio Abrahão: Coordenador Técnico Adjunto

Akira Ussami: Chefe da Equipe de Geotecnia:

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

Nobutugu Kaji: Chefe da Equipe de Geologia

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

Anibal Young Eléspuru: Chefe da Equipe de Hidráulica e Hidrologia

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

José Carlos Degaspere: Chefe da Equipe de Estrutura

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

Roberto Lira de Paula – Engenheiro Civil

Ricardo Carone: Chefe da Equipe de Engenharia Mecânica

Sidnei Collange: Chefe da Equipe de Engenharia Elétrica

Sandra Schaaf Benfica: Chefe da Equipe de Produção

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

Infra Estrutura e Apoio

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

Consultores

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



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

APRESENTAÇÃO

O presente documento se constitui no Relatório R3 – SISTEMAS DE ADUÇÃO E GERAÇÃO NOS RESERVATÓRIOS JATI E ATALHO, parte integrante do **Projeto Básico do Trecho II – Eixo Norte**, referente ao PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL, elaborado pela FUNCATE através do contrato INPE/FUNCATE nº 01.06.094.0/99.

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

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

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



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

ÍNDICE	PG
1 . OBJETO E OBJETIVO	1
2 . INTRODUÇÃO	1
3 . DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO	1
3.1 Sistema Adutor de Jati	1
3.1.1 Níveis Operacionais e Vazões	1
3.1.2 Circuito Hidráulico	2
3.1.3 Determinação da Potência	2
3.2 Sistema Adutor de Atalho	2
3.2.1 Níveis Operacionais e Vazão	2
3.2.2 Circuito Hidráulico	2
3.2.3 Determinação da potência	3
4 . ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS	3
4.1 Sistema Adutor de Jati	3
4.2 Sistema Adutor de Atalho	3
5 . ASPECTOS ESTRUTURAIS	4
5.1 Sistema Adutor de Jati	4
5.1.1 Tomada d'Água	4
5.1.2 Muro de Abraço.....	5
5.1.3 Barragem de CCR.....	5
5.1.4 Túnel Adutor às Válvulas Dispensoras e à Futura Casa de Força.....	6
5.1.5 Estrutura das Válvulas Dispensoras.....	7
5.2 Sistema Adutor de Atalho	8
5.2.1 Características Gerais.....	8
5.2.2 Tomada d'Água	8
5.2.3 Túnel Adutor às Válvulas Dispensoras e à Futura Casa de Força.....	9
5.2.4 Estrutura das Válvulas Dispensoras.....	10
6 . EQUIPAMENTOS MECÂNICOS	11
6.1 Tomada d'Água	11
6.1.1 Características Gerais.....	11
6.1.2 Equipamentos Mecânicos da Tomada d'Água	11
6.2 Futuras Casas de Força	12
6.2.1 Características Gerais.....	13
6.2.2 Equipamentos Mecânicos da Casa de Força	13
6.2.3 Conduitos Forçados.....	14
6.3 Válvulas Dispensoras	14



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

1 . OBJETO E OBJETIVO

O objeto deste relatório é o Trecho II – Eixo Norte do Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco Para o Nordeste Setentrional; seu objetivo é apresentar as obras hidráulicas do Sistema de adução e geração nos reservatórios Jati e Atalho, que será composto pelas seguintes principais estruturas:

- Tomada d'água e estruturas complementares na barragem Jati;
- Túnel adutor à futura Casa de Força de Jati com bifurcação à estrutura das válvulas dispersoras;
- Tomada d'água da barragem Atalho;
- Túnel adutor à futura Casa de Força de Atalho com bifurcação à estrutura das válvulas dispersoras.

2 . INTRODUÇÃO

O sistema adutor de Jati localiza-se no início do Trecho II – Eixo Norte, ou seja, no final do Trecho I. A tomada d'água deste sistema está implantada no lado direito da barragem de terra de Jati, bem como as estruturas complementares. Após o túnel adutor e a derivação à direita para a estrutura das válvulas dispersoras, inicia-se o canal de restituição na margem do reservatório Atalho.

O sistema adutor de Atalho localiza-se junto à barragem Atalho, já construída. Após o túnel adutor e a derivação à esquerda para a estrutura das válvulas dispersoras, inicia-se o canal de restituição a jusante da barragem de terra.

3 . DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

3.1 Sistema Adutor de Jati

O sistema Jati está caracterizado por uma barragem de seção homogênea, com vertedouro livre na margem direita, tomada d'água, túnel adutor que se direciona à futura e eventual casa de força, com derivação para a direita que termina em duas válvulas dispersoras.

Jati é um reservatório de passagem que liga o Trecho I ao Trecho II – Eixo Norte. Devido a suas características peculiares, optou-se por estudar sua motorização. A vazão afluyente é de 89,0m³/s que corresponde à vazão recalçada máxima, por 8 bombas, em sua estação de bombeamento EBI-3. O desnível entre o NA normal em Jati e o NA normal de jusante é de 61,72m.

3.1.1 Níveis Operacionais e Vazões

Os níveis operacionais de Jati são os seguintes:

NA normal	486,72m
NA mínimo	484,73m
NA normal a jusante	425,00m
Vazão máxima pelo vertedouro	130,0m ³ /s
Vazão máxima da transposição	89,0m ³ /s
Cota da crista da barragem	488,80m.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

O Vertedouro tem um comprimento de 160,0m e funcionará com a carga máxima de 0,59m permitindo a passagem da vazão de 130,0m³/s.

3.1.2 Circuito Hidráulico

O circuito hidráulico é caracterizado por uma tomada d'água com grades de 10,43 m de altura por 9,00 m de largura. Comporta tipo vagão de 5,40 m de altura e 4,80 m de largura terminando numa casa de máquinas. A montante da casa de máquinas tem-se uma derivação à direita para duas válvulas dispersoras de 1,60m de diâmetro cada uma. Estas válvulas permitem a passagem da vazão de 89,0m³/s, com abertura total com o nível d'água mínimo no reservatório.

As válvulas lançam o jato numa fossa previamente escavada para minimizar os problemas de erosão no riacho do canal receptor.

3.1.3 Determinação da Potência

A potência da usina foi determinada para a vazão de 89,0m³/s e a altura geométrica de 61,72 m resultando uma potência total de 48,572 MW, adotando-se duas unidades turbo geradoras de eixo vertical.

3.2 Sistema Adutor de Atalho

O sistema Atalho está caracterizado por uma barragem de seção homogênea e um vertedouro livre na margem direita já construídos. Foram estudadas a tomada d'água, túnel adutor que se direciona à futura e eventual casa de força, com derivação para a esquerda que termina em duas válvulas dispersoras.

Atalho é um reservatório existente a jusante de Jati cuja finalidade principal também é a passagem da vazão de transposição, podendo servir também de acumulação de pequenos volumes d'água, já que o volume de acumulação útil é pequeno, da ordem de 60x10⁶m³, entre as cotas 420,00 e 425,00m. O desnível entre o nível d'água normal do reservatório e o nível d'água normal a jusante da barragem é de 23,54 m. Também nesta barragem optou-se por estudar a implantação de uma pequena usina hidroelétrica.

3.2.1 Níveis Operacionais e Vazão

Os níveis operacionais de Atalho são os seguintes:

NA normal	425,00m
NA mínimo	420,00m
NA máx.máx.	429,80m
NA normal a jusante	401,46m
Vazão máxima pelo Vertedouro	1.600m ³ /s
Vazão máxima da transposição	89,0m ³ /s

A atual cota da crista da barragem Atalho é de 430,00 m. O Vertedouro tem um comprimento de 90,0 m e funcionará com uma altura d'água de 4,80m, correspondente ao escoamento para um período de retorno de 1.000 anos.

Pelo que se observa haverá necessidade de estudar o alteamento desta barragem de 1,0 m, passando sua crista para a El. 431,00 m.

3.2.2 Circuito Hidráulico

O circuito hidráulico é caracterizado por uma tomada d'água, com dimensões de 10,43m de altura por 9,00 m de largura, com comporta tipo vagão de 5,40m de altura e 4,80m de largura



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

seguido de um túnel adutor em concreto com 5,40m de diâmetro, terminando na futura usina hidrelétrica. A montante da casa de máquinas tem-se uma derivação à esquerda para duas válvulas dispersoras de 2,20m de diâmetro cada uma. Estas válvulas permitem a passagem da vazão de 89,0m³/s com abertura total, com nível d'água mínimo no reservatório.

As válvulas lançam o jato numa fossa previamente escavada, com a finalidade de minimizar os problemas de erosão do canal receptor.

3.2.3 Determinação da potência

A potência da futura usina foi determinada para a vazão de 89,0m³/s e altura geométrica de 23,54 m, resultando uma potência instalada total de 18,0 MW, adotando-se duas unidades turbo-geradoras de eixo vertical.

4 . ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

4.1 Sistema Adutor de Jati

A região de implantação do Sistema Adutor de Jati, mais particularmente na ombreira direita da barragem principal, é constituída por rochas do Grupo Cachoeirinha, que inclui, principalmente, xistos e, subordinadamente, metasedimentos. As sondagens realizadas no local indicaram que, em geral, a espessura de solo é pequena, da ordem de 1,0 a 1,5 m, exceto no seu trecho final, já na região do canal de fuga, onde a espessura de solo chega a 5,0 m. O topo rochoso, representado por xistos, é constituído por rocha pouco alterada, porém muito a medianamente fraturada nos seus 10 m superiores, passando em profundidade à uma rocha sã, pouco a medianamente fraturada e com permeabilidades baixas, equivalentes a 5,0x10⁻⁵ cm/s.

Os resultados obtidos nas sondagens indicam boas condições de fundação para a implantação da Tomada D'Água e escavação dos cortes do canal de adução, onde são previstos eventuais tratamentos de contenção com concreto projetado e chumbadores, face ao fraturamento intenso associado à foliação da rocha xistosa.

No trecho do túnel, a escavação subterrânea deverá ocorrer em rocha sã, e também foi previsto um tratamento eventual de estabilização com tirantes de 3 m e concreto projetado nos trechos de maior cobertura, além de tratamento sistemático nos emboques.

Na área de escavação da casa de força e das válvulas dispersoras, igualmente a espessura de solo é pequena, devendo a escavação de rocha a céu aberto interceptar, nos seus trechos superiores, xistos fraturados, prevendo-se o tratamento dos taludes rochosos com concreto projetado, barbancas e chumbadores, essenciais no espelho do desemboque.

4.2 Sistema Adutor de Atalho

O Sistema Adutor de Atalho, posicionado à esquerda da barragem principal, é constituído, igualmente, por rochas do Grupo Cachoeirinha, que inclui principalmente xistos e, subordinadamente, metasedimentos. As sondagens realizadas no local indicaram que, em geral, a espessura de solo é pequena, da ordem de 2,0 a 2,5 m. O topo rochoso, representado por xistos, é constituído por rocha pouco alterada, porém muito a medianamente fraturada nos seus 15 m superiores, passando em profundidade à uma rocha sã, pouco a medianamente fraturada e com permeabilidades baixas, equivalentes a 5,0x10⁻⁵ cm/s.

Os resultados obtidos nas sondagens indicam boas condições de fundação para a implantação da Tomada D'Água e escavação dos cortes do canal de adução, onde são previstos eventuais tratamentos de contenção com concreto projetado e chumbadores, devido ao intenso fraturamento associado à foliação da rocha xistosa.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

No trecho do túnel, a escavação subterrânea deverá interceptar rocha sã nos trechos de maior cobertura e rocha alterada dura nos trechos de emboque, para os quais, dada a pequena cobertura, estão previstos tratamentos sistemáticos com tirantes de 3 m e concreto projetado.

5 . ASPECTOS ESTRUTURAIS

5.1 Sistema Adutor de Jati

5.1.1 Tomada d'Água

A tomada d'água estará localizada na ombreira direita da barragem de terra Jati, com fundação na El. 470,13/ 472,13 m.

Será constituída por um bloco de 11,80 m de largura máxima e altura máxima de 18,67 m, tendo a crista na El. 488,80 m, conforme pode ser observado na Figura 1.

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

As elevações 471,63 m e 481,93 m, respectivamente da soleira e do topo da boca da entrada da tomada d'água, foram definidas considerando-se as condições hidráulicas, para aduzir uma vazão de 89 m³/s através de duas válvulas dispersoras ou para duas unidades geradoras, a partir da submergência requerida para operação do reservatório no seu nível normal na El. 486,72 m.

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

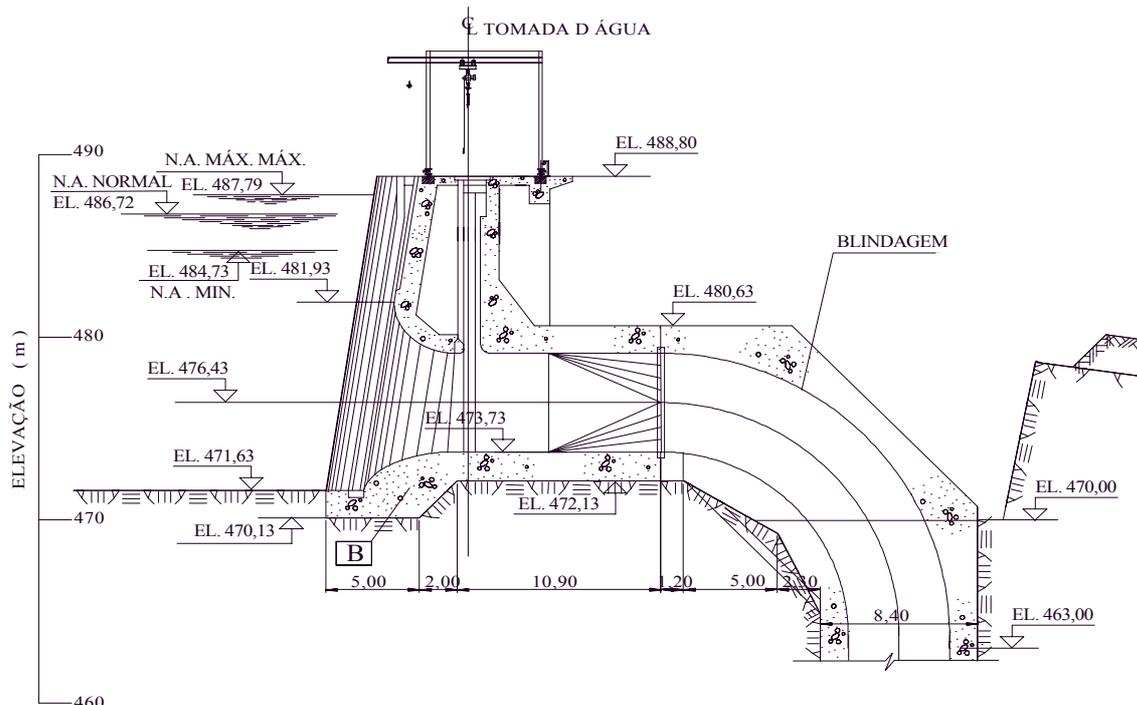


Figura 1 – Tomada d'Água – Seção transversal



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

O arranjo geral da Tomada d'Água, juntamente com as estruturas complementares está mostrado no desenho EN.B/II.DS.ET.0001. A escavação e as formas da Tomada d'Água e das estruturas anexas estão mostradas no desenho EN.B/II.DS.ET.0002 e EN.B/II.DS.ET.0003 respectivamente.

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

O arranjo geral dos equipamentos da Tomada d'Água estão indicados no desenho EN.B/II.DS.ET.0003.

5.1.2 Muro de Abraço

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

A geometria desta estrutura pode ser observada no desenho EN.B/II.DS.ET.0003. A respectiva seção transversal típica pode ser observada na Figura 2.

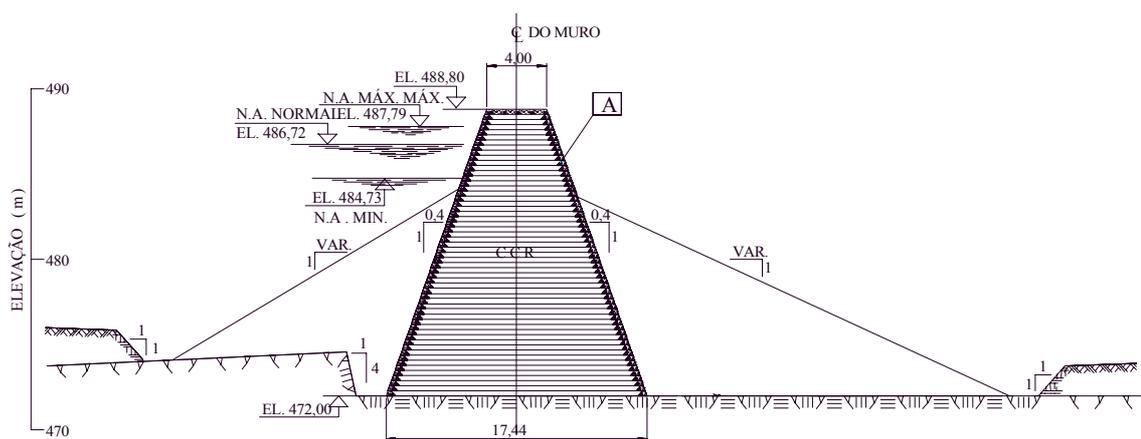


Figura 2 – Muro de abraço em CCR

5.1.3 Barragem de CCR

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

A geometria desta estrutura pode ser observada no desenho EN.B/II.DS.ET.0003. A respectiva seção transversal típica pode ser observada na Figura 3.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

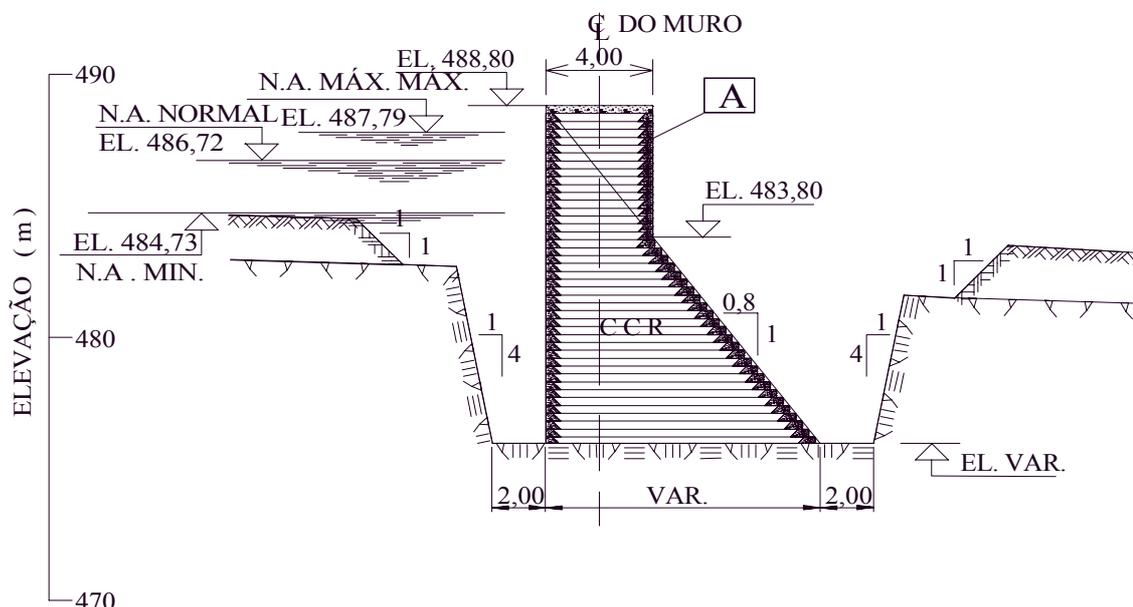


Figura 3 – Muro Lateral

5.1.4 Túnel Adutor às Válvulas Dispensoras e à Futura Casa de Força

Um túnel adutor escavado em rocha e revestido de concreto com 5,40m de diâmetro, com um trecho vertical e outro subhorizontal, foi projetado para aduzir a vazão de 89 m³/s entre a tomada d'água e a bifurcação, que deriva as águas para as válvulas dispensoras ou para a futura casa de força, conforme pode ser observado no desenho EN.B/II.DS.ET.0004.

O diâmetro interno do túnel de 5,40 m foi definido considerando a velocidade da água inferior a 4,0 m/s. O dimensionamento estrutural efetuado indicou que a espessura do concreto de revestimento não seja inferior a 0,40 m, considerando-se concreto com resistência característica à compressão $f_{ck}=25\text{MPa}$, conforme pode ser observado na Figura 4.

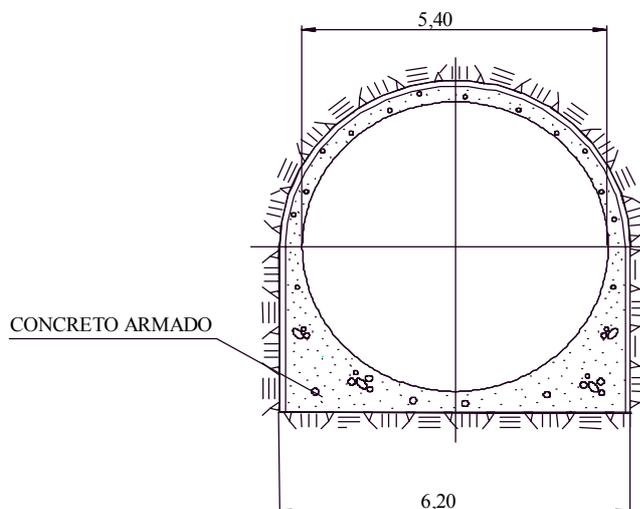


Figura 4 – Túnel – seção transversal



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

O primeiro trecho do túnel inicia-se na El. 463,00, ou seja, no final do trecho curvo blindado que se inicia na Tomada d'Água. Este trecho se estende até a El. 439,48 m. Em seqüência, o túnel apresenta um trecho curvo e a seguir um trecho subhorizontal, perfazendo um total de cerca de 260,0 m.

Nos últimos 10m de túnel, o revestimento de concreto foi blindado, tendo em conta a necessidade de se engastar a bifurcação ao túnel, além disso, neste local a cobertura e a qualidade da rocha é menor que o maciço interno. Esta blindagem está ligada a jusante com o ramo que se dirige à Casa de Força, terminando numa calota de fechamento, e com o ramo que se bifurca obliquamente à estrutura das válvulas dispersoras.

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

5.1.5 Estrutura das Válvulas Dispersoras

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

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

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

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

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



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

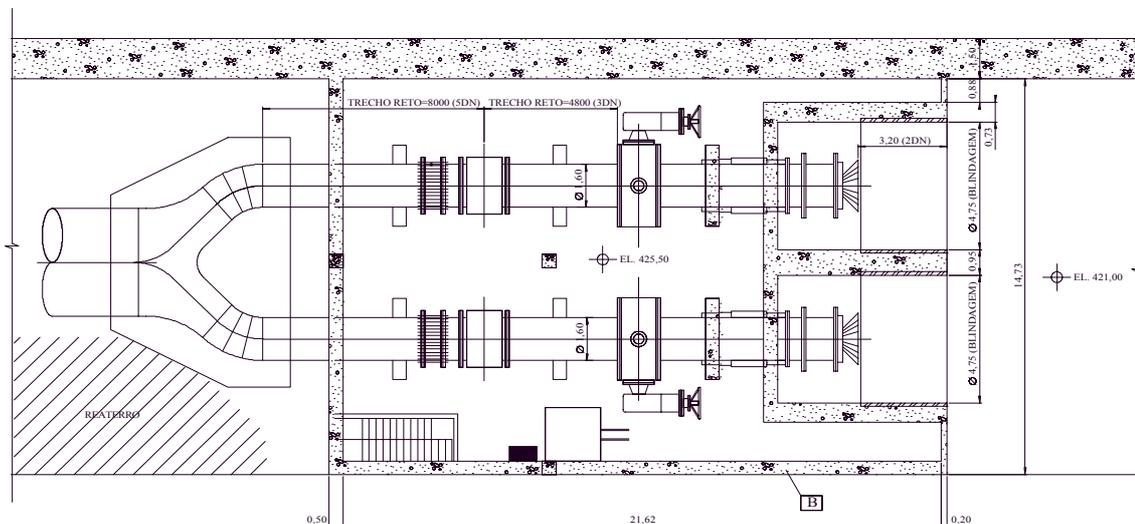


Figura 5 – Válvulas Dispersoras

O piso superior situado na El. 432,00 m é formado por uma laje retangular apresentando as mesmas dimensões em planta da laje de fundo. Sob esta laje foi lançado um conjunto de vigas ortogonais de 0,50 m de largura e 0,70 m de altura. Esta laje apresenta um conjunto de aberturas com tampas metálicas para a passagem de equipamentos mecânicos.

A estrutura situada no desemboque das válvulas dispersoras é formada por duas câmaras blindadas de formato interno cilíndrico, de 4,75m de diâmetro, com centro na El. 428,00m, e formato externo retangular. Após a saída do jato, a câmara dupla blindada apresenta 3,2m de comprimento. A extremidade de jusante da estrutura das válvulas dispersoras é formada por um muro vertical de 0,5m de espessura que liga a laje de fundo à El. 421,00m.

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

O canal de fuga das válvulas dispersoras de Jati apresenta na El. 421,00 m um trecho reto de 12,00 m e em seguida uma bacia dissipadora de 13,00 m de comprimento com seção transversal trapezoidal com fundo de 5,00 m na El. 417,00 m. Após a bacia dissipadora o canal de fuga das válvulas dispersoras segue até concordar com o futuro e eventual canal de restituição da Casa de Força de Jati.

5.2 Sistema Adutor de Atalho

5.2.1 Características Gerais

Atualmente, uma barragem de terra com crista na El. 430,00m e vertedouro em cascata, apresentam-se construídos em Atalho, bem como um sistema de dispersão de água para jusante com tubulação dupla de 0,90 m de diâmetro.

O sistema de transposição por Atalho, com vazão de $89 \text{ m}^3/\text{s}$, será composto por uma tomada d'água e túnel adutor, que apresenta uma bifurcação a jusante, que deriva as águas para as válvulas dispersoras, com possibilidade de aduzir no futuro para a casa de força.

5.2.2 Tomada d'Água

A tomada d'água de emboque do túnel adutor estará localizada à esquerda da barragem de terra, com fundação na El. 400,50/402,50 m.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Será constituída por um bloco de 11,80 m de largura máxima e 30,50 m de altura máxima, tendo a crista na El. 431,00 m, conforme pode ser observado na Figura 6.

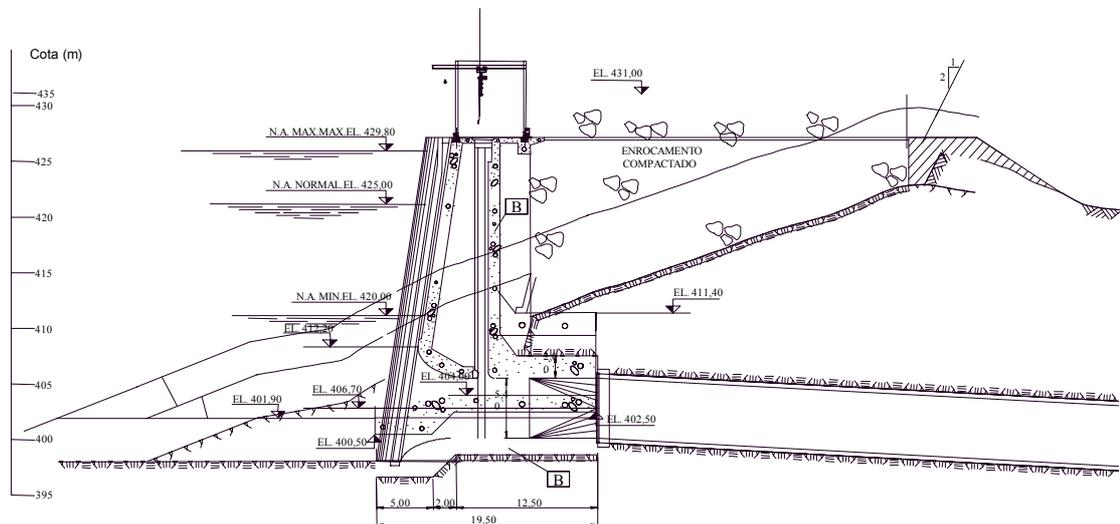


Figura 6 – Tomada d'Água – Seção Transversal

O bocal de entrada apresenta 9,0 m de largura máxima e cerca de 10,43 m de altura. O paramento de montante terá a inclinação de 6V:1H.

As elevações 401,90 m e 412,20 m, respectivamente da soleira e do topo da boca da entrada da tomada d'água, foram definidas, considerando-se as condições hidráulicas, para aduzir uma vazão de 89 m³/s através de duas válvulas dispersoras ou para duas unidades geradoras, a partir da submersão requerida para operação do reservatório no seu nível normal na El. 425,00 m.

No interior da Tomada d'Água estão locadas as ranhuras da comporta vagão de emergência, bem como a transição em concreto, na qual a seção retangular de 4,80 m de largura e 5,40 m de altura se transformará em seção circular de 5,40 m de diâmetro. A partir daí inicia-se um trecho reto escavado em rocha de aproximadamente 250,0 m de comprimento e de seção arco-retângulo de 6,20 m de largura e altura, que, após o revestimento de concreto armado, ficará com seção circular de 5,40 m de diâmetro.

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

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

5.2.3 Túnel Adutor às Válvulas Dispersoras e à Futura Casa de Força

Um túnel adutor escavado em rocha e revestido de concreto com 5,40m de diâmetro, formado por um trecho reto e inclinado de 260,54 m de comprimento, foi projetado para aduzir a vazão de 89 m³/s da Tomada d'Água às válvulas dispersoras com possibilidade de aduzir, numa segunda etapa, à uma Casa de Força.

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



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

O trecho inclinado do túnel inicia-se na El.402,50 m, junto à tomada d'água e termina na El.389,90 m, junto à bifurcação para as estruturas das válvulas dispersoras, perfazendo um comprimento de aproximadamente 250,0 m.

Nos últimos 10m de túnel, o revestimento de concreto foi blindado tendo em conta a necessidade de se engastar a bifurcação ao túnel, além disso, neste local a cobertura e a qualidade da rocha é menor que o maciço interno. Esta blindagem está ligada a jusante com o ramo que se dirige à Casa de Força e termina numa calota de fechamento e com o ramo que se bifurca obliquamente à estrutura das válvulas dispersoras situada no lado esquerdo.

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

5.2.4 Estrutura das Válvulas Dispersoras

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

Após a rampa, a tubulação de adução de 4,0 m de diâmetro passa por uma derivação de 140° e por uma bifurcação simétrica que reduz a tubulação simples em duas tubulações de 2,2 m de diâmetro, conforme pode ser observado no desenho EN.B/II.DS.ET.0011.

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

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

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

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

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

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



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

de fuga das válvulas dispersoras segue até concordar com o futuro e eventual canal de restituição da Casa de Força de Atalho.

6 . EQUIPAMENTOS MECÂNICOS

6.1 Tomada d'Água

6.1.1 Características Gerais

A Tomada d'Água possui uma única abertura, correspondente ao túnel de adução às unidades turbo-geradoras e válvulas dispersoras, a qual está equipada com um jogo de quatro elementos de grade removíveis, com bandejas para retenção de detritos, e com uma comporta de emergência do tipo vagão.

A comporta de emergência está acoplada ao pórtico rolante da Tomada d'Água, o qual realiza todas as manobras de abertura e fechamento da comporta.

A comporta tem por finalidade interromper, sob qualquer nível d'água a montante, o fluxo através do túnel nos casos de emergência que possam ocorrer a jusante ou, ainda, mais especificamente, quando ocorrer ordem voluntária ou automática de parada de qualquer uma das unidades, e resiste a eventuais golpes de ariete provenientes deste fechamento de emergência.

Durante o funcionamento das turbinas e das válvulas dispersoras, a comporta permanece na posição totalmente aberta, com o cutelo inferior situado, no mínimo, a 100 mm de elevação da travessa frontal da abertura, suspensa pelo pórtico. Nos casos de emergência, através de um comando elétrico, o guincho de suspensão do pórtico libera a descida da comporta, a qual, pela ação da gravidade, fecha a adução da Tomada d'Água.

A comporta tem também por finalidade vedar a unidade, possibilitando a inspeção geral e a manutenção do túnel e dos condutos a jusante.

O pórtico rolante da Tomada d'Água se desloca ainda sobre as ranhuras das grades, no coroamento de elevação conforme tabela abaixo, com a finalidade de movimentar esse equipamento nos serviços de manutenção.

TOMADA	JATI	ATALHO
Elevação do Coroamento da TA (m)	488,80	431,00

6.1.2 Equipamentos Mecânicos da Tomada d'Água

a) Grades

As grades são do tipo removível, constituídas de barras verticais montadas sobre quadro de aço estrutural, com bandejas de coleta de detritos, e movimentadas com o auxílio de uma viga pescadora através do pórtico rolante da Tomada d'Água.

As dimensões principais de cada grade são:

TOMADA	JATI	ATALHO
Largura (m)	4,5	4,5
Altura (m)	10,8	10,8



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

b) Comporta de emergência

A comporta de emergência é do tipo vagão, composta por dois painéis metálicos, com paramento e plano de vedação voltado para montante.

O tabuleiro de cada painel da comporta vagão é de construção soldada e possui uma chapa estanque a montante, devidamente nervurada, apoiada em uma armação de aço estrutural formada por vigas horizontais, estendidas entre cabeceiras. A comporta tem dois painéis, unidos entre si por pinos de aço inoxidável.

Cada painel possui quatro rodas principais, sendo duas em cada cabeceira. Possui ainda, em cada cabeceira, duas rodas de contra-guia, que limitam o recuo da comporta mediante atuação na peça fixa de contra-guia de montante.

As dimensões principais da comporta são:

TOMADA	JATI	ATALHO
Largura (m)	5,4	5,4
Altura (m)	5,7	5,7

c) Pórtico Rolante

O pórtico rolante é construído em estrutura de aço, provido de quatro pernas, interligadas duas a duas, formando um conjunto rígido, e uma viga superior que serve de caminho de rolamento para o carro suspenso, equipado com uma talha elétrica. Esta talha tem por finalidade movimentar os elementos das grades e a comporta vagão de emergência.

As características gerais do pórtico são:

TOMADA	JATI	ATALHO
Capacidade (N)	200	200
Vão (m)	6,0	6,0
Extensão Longitudinal (m)	6,0	6,0
Altura (m)	7,0	7,0
Curso do Moitão (m)	2,0	2,0
Extensão do Caminho de Rolamento (m)	11,8	11,8

6.2 Futuras Casas de Força

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

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



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

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

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

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

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

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

6.2.1 Características Gerais

As Casas de Força serão do tipo semi-abrigada constituídas por uma estrutura de concreto armado fundada em rocha sã. Cada uma das Casas de Força abrigará duas unidades turbo-geradoras de eixo vertical, com caixa espiral metálica, projetadas para uma vazão nominal de 44,5 m³/s.

Em Jati, a área de descarga e o acesso à Casa de Força se situam na elevação 432,00 m e a área de montagem na elevação 424,75 m. Em Atalho, ambas as áreas de descarga e de montagem se encontram na elevação 398,92 m.

Longitudinalmente, a jusante, situam-se as galerias mecânicas e elétricas, as quais abrigarão os sistemas de serviços auxiliares.

A Casa de Força será equipada com uma ponte rolante, que será utilizada na fase de construção e montagem, para o içamento e transporte dos conjuntos montados mais pesados das turbinas e geradores, bem como auxiliará nas montagens parciais desses equipamentos. Posteriormente, durante a fase de operação da Usina, será utilizada na manutenção geral dos equipamentos da Casa de Força.

6.2.2 Equipamentos Mecânicos da Casa de Força

a) Turbinas Hidráulicas

As duas turbinas das usinas serão de eixo vertical, com caixa espiral em aço carbono soldado, tubo de sucção tipo cotovelo e apropriadas para acoplamento direto a geradores de corrente alternada, trifásicos, 60 Hz.

Os reguladores de velocidade serão digitais, do tipo eletrohidráulico, dotados de ação PID (Proporcional, Integral e Derivada).



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

USINA	JATI	ATALHO
Tipo de turbina	Francis	Hélice
Potência da turbina (kW)	23,557	8.731
Potência do grupo gerador (kW)	24,286	9.001
Altura nominal (m)	59,4	22,0
Rotação (rpm)	257,1	257,1

6.2.3 Conduitos Forçados

Em cada uma das futuras Usinas Hidroelétricas de Jati e Atalho, o circuito hidráulico, compreendido entre o trecho final de 25 m de túnel, com um diâmetro interno de 5400 mm, e as válvulas dispersoras, é constituído basicamente por um conjunto de conduitos e complementos metálicos e equipamentos.

O trecho final do túnel é blindado. Externamente ao túnel, porém interligada à blindagem, há uma bifurcação com a saída principal fechada por uma calota esférica, correspondente ao trecho de adução à futura Usina, e a saída secundária, com diâmetro igual a 4000 mm, interligada com o trecho reto ascendente do conduto de adução às válvulas dispersoras.

Em seguida ao trecho reto ascendente, há ainda uma curva e uma bifurcação de adução aos dois trechos correspondentes às válvulas dispersoras. O diâmetro da tubulação de adução à válvula dispersora está apresentado na tabela abaixo.

BARRAGEM	JATI	ATALHO
Diâmetro do conduto (mm)	1600	2200

6.3 Válvulas Dispersoras

Nas extremidades de jusante da derivação do conduto forçado, estão instaladas duas válvulas do tipo dispersoras, situadas ao lado das futuras Casas de Força.

A montante de cada uma das válvulas dispersoras, estão instaladas uma válvula borboleta manual e um conjunto constituído por um medidor eletromagnético de vazão e um acoplamento rígido, de modo a permitir a montagem do equipamento.

A válvula dispersora, de eixo horizontal, operará, sob quaisquer níveis d'água de montante e jusante, como um órgão regulador de vazão e dissipador de energia.

No controle da vazão, a válvula deverá fornecer a vazão máxima de 44,5 m³/s, sob qualquer nível d'água de montante compreendido entre o nível mínimo e o nível máximo maximorum. A tabela abaixo apresenta os diâmetros das válvulas instaladas em Jati e em Atalho.

BARRAGEM	JATI	ATALHO
Diâmetro da válvula (mm)	1600	2200

A jusante das válvulas dispersoras, na saída do jato, foram inseridas blindagens metálicas de modo a direcionar horizontalmente o jato d'água em direção a uma bacia de dissipação.