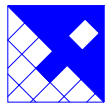




**MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA**



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 III – EIXO NORTE
R15 – MEMORIAIS DE CÁLCULO**



**TRECHO III – EIXO NORTE
R15 – MEMORIAIS DE CÁLCULO**

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, setembro de 2003

Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais - FUNCATE

Projeto de transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional – Projeto Básico; Trecho III – Eixo Norte – R15 – Memoriais de Cálculo – São José dos Campos: Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais – FUNCATE, 2003.

139 p

1. Transposição de Águas; Geotecnia; Hidráulica; Estrutura
- I Trecho III - Eixo Norte – R15 – Memoriais de Cálculo.

CDU 556.18:62

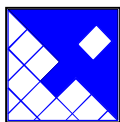
FUNCATE:

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, RGV, AYE, JCD, BDL, SC	Data SET/2003
Verificação	RAA	Data SET/2003
Aprovação	ACAV	Data SET/2003
Aprovação	JAVM	Data SET/2003
Código FUNCATE	EN.B/III.RF.GR.0005	



MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL

Verificação		Data
Aprovação		Data

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

PROJETO BÁSICO

**TRECHO III - EIXO NORTE
R15 - MEMORIAIS DE CÁLCULO**

**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

Aloysio Accioly de Senna Filho: 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 R15 – MEMORIAIS DE CALCULO, parte integrante do **Projeto Básico do Trecho III – 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 III – Eixo Norte** compõe-se dos seguintes relatórios:

- R1 Descrição do Projeto
- R2 Critérios de Projeto
- R3 Usinas Hidrelétricas
- R4 Sistema Adutor
- R5 Sistema de Drenagem
- R6 Bases Cartográficas
- R7 Geologia e Geotecnia
- R8 Estudos Hidrológicos
- R9 Sistema de Supervisão
- R10 Modelo Hidrodinâmico e Esquema Operacional
- R11 Sistema Elétrico
- R12 Canteiros e Sistema Viário
- R13 Cronograma e Orçamentos
- R14 Dossiê de Licitação
- R15 Memoriais de Cálculo
- R16 Linhas de Transmissão
- R17 Caderno de Desenhos



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

ÍNDICE	PG.
1 . OBJETO E OBJETIVO.....	1
PARTE 1 – HIDRÁULICA	1
1 . ESTRUTURA DE CONTROLE NA SAÍDA DO RESERVATÓRIO CAIÇARA PARA SALGADO I	1
2 . USINA SALGADO I.....	2
2.1 Características Principais	2
2.2 Determinação do NA min na Tomada D'Água.....	2
2.3 Determinação da Potência Instalada.....	3
2.4 Modulação dos Grupos Geradores	3
2.5 Determinação da submergência.....	3
2.6 Determinação das Curvas de entrada da Tomada D'Água	4
2.7 Área da Grade	4
2.8 Características do Trecho em Aço	5
2.9 Dimensionamento da Válvula Dispersora	5
2.10 Dimensionamento do Túnel Arco-retângulo	6
2.11 Dimensionamento do Canal.....	6
3 . USINA SALGADO II.....	7
3.1 Características Principais	7
3.2 Determinação do NA de Jusante para $Q=45,1 \text{ m}^3/\text{s}$	7
3.3 Determinação da Potência Instalada.....	8
3.4 Modulação dos Grupos Geradores	8
3.5 Determinação do NA mínimo na Tomada D'Água	8
3.6 Determinação Preliminar do Diâmetro Econômico	9
3.7 Determinação da submergência.....	9
3.8 Determinação das Curvas na entrada da Tomada D'água.....	9
3.9 Área da Grade	10
3.10 Dimensionamento do Vertedouro de Segurança para a Vazão de $45,10 \text{ m}^3/\text{s}$	11
3.11 Dimensionamento da válvula dispersora	12
3.12 Verificação do Dimensionamento dos Aquedutos	12
4 . VERTEDOIRO DE SEGURANÇA DE VÁRZEA GRANDE	13
5 . MEMÓRIA DE CÁLCULO DO GOLPE DE ARIETE	14
5.1 Introdução:	14



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

5.2 Metodologia de Cálculo.....	14
5.3 Tabelas dos resultados dos cálculos do golpe de ariete nas tubulações de montante das turbinas das hidrelétricas :.....	15
6 . MEMÓRIA DE CÁLCULO DOS HIDROGRAMAS.....	21
7 . CAPACIDADE DE REGULAÇÃO.....	26
7.1 UHE Salgado I.....	26
7.2 UHE Salgado II.....	26
7.3 Conclusão.....	27
PARTE 2 – ESTRUTURA.....	28
1 . ESTRUTURA DE SALGADO I.....	28
1.1 Tomada d'Água.....	28
1.1.1 <i>Peso da Tomada</i>	29
1.1.2 <i>Empuxo Hidrostático</i>	29
1.1.3 <i>Peso d'Água</i>	29
1.1.4 <i>Subpressão</i>	30
1.1.5 <i>Cargas Sísmicas Horizontais (CCL)</i>	31
1.1.6 <i>Resumo dos Carregamentos</i>	32
1.1.7 <i>Verificação da Estabilidade ao Deslizamento</i>	32
1.2 Túnel Salgado I.....	33
1.3 Casa de Força.....	34
1.3.1 <i>Volume</i>	34
1.3.2 <i>Peso da Casa de Força</i>	35
1.3.3 <i>Subpressão</i>	35
1.3.4 <i>Peso da Rocha Colaborante</i>	36
1.3.5 <i>Verificação da Estabilidade à Flutuação</i>	36
2 . ESTRUTURA DE SALGADO II.....	37
2.1 Tomada d'Água.....	37
2.1.1 <i>Peso da Tomada</i>	38
2.1.2 <i>Empuxo Hidrostático</i>	38
2.1.3 <i>Peso d'Água</i>	38
2.1.4 <i>Subpressão</i>	39
2.1.5 <i>Cargas Sísmicas Horizontais (CCL)</i>	40
2.1.6 <i>Resumo dos Carregamentos</i>	41
2.1.7 <i>Verificação da Estabilidade ao Deslizamento</i>	41
2.2 Casa de Força.....	42
2.2.1 <i>Volume</i>	42
2.2.2 <i>Peso da Casa de Força</i>	43
2.2.3 <i>Subpressão</i>	43
2.2.4 <i>Peso da Rocha Colaborante</i>	44
2.2.5 <i>Verificação da Estabilidade à Flutuação</i>	44
3 . AQUEDUTOS.....	45



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

4 . PONTES	64
4.1 Ponte Tipo 1A(TB36).....	64
4.2 Ponte Tipo 1 A (TB45)	69
5 . PASSARELAS	75
5.1 Geometria	75
5.2 Carregamentos.....	75
5.2.1 Dimensionamento	75
PARTE 3 – ELÉTRICA.....	76
1 . CURTO CIRCUÍTO	76
1.1 Objetivo.....	76
1.2 Diagrama Básico das Usinas	76
1.2.1 Diagrama Básico com 4 Unidades	76
1.3 Características Técnicas	76
1.3.1 Características Técnicas de Base	76
1.3.2 Características Técnicas dos Equipamentos.....	77
1.3.3 Impedância dos Equipamentos na Base	77
1.4 Níveis de Curto Circuito	77
1.5 Diagrama de Impedâncias.....	78
1.5.1 Diagrama de Impedâncias com 4 Unidades	78
1.6 Cálculo de Curto Circuito.....	78
1.6.1 Cálculo do Curto Circuito na Barra I.....	78
1.6.2 Cálculo do Curto Circuito na Barra II.....	79
1.7 Características dos Equipamentos quanto ao Curto Circuito.....	79
1.7.1 Considerações	79
2 . BATERIA E CARREGADORES.....	82
3 . LINHA DE TRANSMISSÃO	84
3.1 Memoriais de Cálculo Eletromecânicos	84
3.1.1 Introdução	84
3.1.2 Carregamento Mecânico	84
3.1.3 Estudo Mecânico de Cabos	85
3.1.4 Estudos Elétricos.....	95
3.1.5 Faixa de Passagem.....	104
3.2 Memória de Cálculos das Estruturas da Linha de Transmissão.....	105
3.2.1 Introdução	105
3.2.2 Equações utilizadas para determinação das cargas atuantes nas estruturas	105
3.2.3 Notas gerais	106
3.2.4 Diagrama de carregamentos da estrutura tipo S61S.....	107
3.2.5 Diagrama de carregamento da estrutura tipo S62S.....	109
3.2.6 Diagrama de carregamentos da estrutura tipo A61S	111
3.2.7 Diagrama de carregamentos da estrutura tipo F61S.....	113
3.2.8 Quantidades e Custos	115



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

PARTE 4 – MECÂNICA	120
1 . UHE SALGADO I	120
1.1 Características Gerais	120
1.2 Equipamentos da Tomada d'Água	120
1.2.1 Grades.....	120
1.2.2 Comporta Ensecadeira com Rodas da Tomada D'Água	121
1.2.3 Pórtico e Talha Elétrica da Tomada D'Água.....	122
1.3 Conduitos Forçados	122
1.3.1 Características Gerais:.....	122
1.3.2 Esquema	122
1.3.3 Diâmetro Econômico	123
1.3.4 Estimativa de Peso	123
1.4 Equipamento da Casa de Força.....	124
1.4.1 Turbina Hidráulicas	124
1.4.2 Ponte Rolante da Casa de Força	127
1.4.3 Comporta Ensecadeira e Talha / Monovia de Jusante da Casa de Força	127
1.4.4 Válvulas Dispensoras.....	128
2 . UHE SALGADO II	129
2.1 Características Gerais	129
2.2 Equipamentos da Tomada d'Água	129
2.2.1 Grades.....	129
2.2.2 Comporta Ensecadeira com Rodas da Tomada D'Água	130
2.2.3 Pórtico e Talha Elétrica da Tomada D'Água.....	131
2.3 Conduitos Forçados	131
2.3.1 Características Gerais:.....	131
2.3.2 Esquema	131
2.3.3 Diâmetro Econômico	132
2.3.4 Estimativa de Peso	132
2.4 Equipamento da Casa de Força.....	133
2.4.2 Ponte Rolante da Casa de Força	135
2.4.3 Comporta Ensecadeira e Talha / Monovia de Jusante da Casa de Força	136
2.4.4 Válvulas Dispensoras.....	137
3 . ESTRUTURA DE DERIVAÇÃO	137
3.1 Estrutura de Controle, capacidade 45,10 m ³ /s	137



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

1 . OBJETO E OBJETIVO

O objeto deste relatório é o Projeto da Transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional e, seu objetivo apresentar as memórias de cálculo principais relativas ao dimensionamento das estruturas e equipamentos que compõem o projeto básico do Trecho III – Eixo Norte.

PARTE 1 – HIDRÁULICA

1 . ESTRUTURA DE CONTROLE NA SAÍDA DO RESERVATÓRIO CAIÇARA PARA SALGADO I

$$Q_T = 45,10 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = \frac{Q_T}{4} = \frac{45,10}{4} = 11,28 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$SR_H^{2/3} = \frac{nQ}{i^{1/2}} = \frac{0,015 \times 11,28}{0,0001^{1/2}} = 16,92$$

Para $h = 3,89 \text{ m}$

$$b = 3,80 \text{ m}$$

$$S = 3,89 \times 3,8 = 14,78 \text{ m}^2$$

$$P = 2 \times 3,89 + 3,8 = 11,58 \text{ m}$$

$$R_H = 1,28 \text{ m} \quad ; \quad SR_H^{2/3} = 17,39 \cong 16,92$$

4 comportas de 3,89 de altura por 3,80 m de largura

$$\frac{H_C}{L_C} = \frac{5,85}{3,80} = 1,54$$

$$R = \frac{4,20}{0,63} = 6,67 \text{ m} \cong 6,70 \text{ m}$$

espessura do pilar

$$e = 1,20 \text{ m}$$

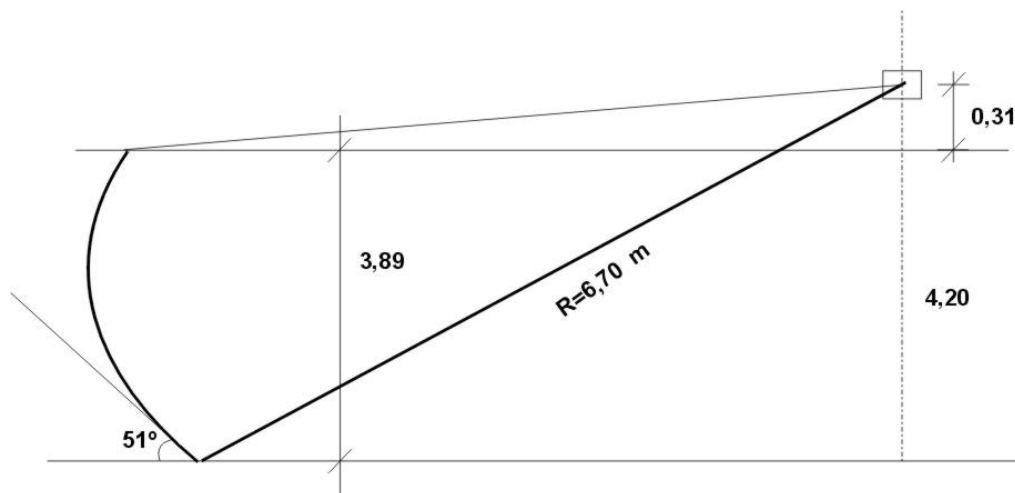


Figura 1.1



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

2 . USINA SALGADO I

2.1 Características Principais

NA max max = 383,12 m

NA nor = 380,25 m

NA min = 377,35 m

NA max max jus = 311,8 m

NA nor jusante = 310,25 m

NA min jusante = 307,35 m

Vazão máxima

$Q = 45,10 \text{ m}^3/\text{s}$

Altura Bruta e Líquida

$H_B = 380,25 - 310,25 = 70 \text{ m}$

$H_L = 0,97 \times 70 = 67,9 \text{ m}$

2.2 Determinação do NA min na Tomada D'Água

A menor vazão turbinada é de $Q = 5,05 \text{ m}^3/\text{s}$; e adotando-se como vazão mínima 70% de menor vazão turbinada tem-se:

$Q_{\min} = 0,7 \times 5,05 = 3,54 \text{ m}^3/\text{s}$.

Para estas condições o nível d'água na entrada do reservatório de Várzea Grande será:

Base do canal – $b = 4 \text{ m}$

Rugosidade de Manning – $n = 0,015 \text{ s/m}^{1/3}$

Declividade – $i = 0,0001 \text{ m/m}$

Talude lateral do canal : $H = 1,5$; $V = 1,0$

Área do Canal

$S = h(b + 1,5h)$; m^2

Perímetro molhado do canal, m

Raio hidráulico ; $R_H = \frac{S}{P}$; m

Vazão em regime uniforme

$$Q = SV = S \frac{1}{n} R_H^{2/3} i^{1/2}$$

$$SR_H^{2/3} = \frac{nQ}{i^{1/2}} = \frac{0,015 \times 3,54}{0,0001^{1/2}} = 5,31$$

Para $h = 1,11 \text{ m}$

$S = 1,11(4 + 1,5 \times 1,11) = 6,29 \text{ m}^2$

$P = 4 + 3,6 \times 1,11 = 8 \text{ m}$



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

$$R_H = 6,29/8 = 0,79\text{m}$$

$$SR_H^{2/3} = 6,29 \times 0,79^{2/3} = 5,36$$

$$O_{NAmin} = 376,24 + 1,11 = 377,35\text{m}$$

2.3 Determinação da Potência Instalada

$$P_{inst} = 9,81 \times 0,92 \times 0,97 \times 45,10 \times 0,97 \times 70 = 26.808 \text{ kW}$$

$$P_{inst} = 27,00 \text{ MW}$$

2.4 Modulação dos Grupos Geradores

Foi adotado 4 grupos geradores conforme a seguir indicado.

$$1 \text{ unidade} - P1 = 3,0\text{MW} ; Q1 = 5,05\text{m}^3/\text{s}$$

$$1 \text{ unidade} - P2 = 6,0\text{MW} ; Q2 = 10,09\text{m}^3/\text{s}$$

$$2 \text{ unidades} - P3 = 9,0\text{MW} ; Q3 = 15,14\text{m}^3/\text{s}$$

Determinação aproximada do diâmetro Econômico

$$D_{ec} = 0,71 \frac{P_{inst}^{0,43}}{H_L^{0,65}} = 0,71 \times \frac{27.000^{0,43}}{67,90^{0,65}} = 3,68\text{m}$$

Foi adotado para todo o trecho o diâmetro de 4,00m, porém, devido as condições de implantação optou-se por dividir o conduto em dois trechos. O primeiro trecho a partir da tomada d'água que tem aproximadamente 160m de comprimento foi adotado um túnel em concreto, por ser de baixa pressão, tendo as seguintes características:

$$n = 0,015 \text{ s/m}^{1/3} - \text{coeficiente de rugosidade de Manning}$$

$$i = 0,024 \text{ m/m} - \text{declividade deste trecho}$$

A área é:

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times 4,0^2}{4} = 12,57\text{m}^2$$

A velocidade é:

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{45,10}{12,57} = 3,59\text{m/s}$$

2.5 Determinação da submergência

$$s = 0,7 V_c \sqrt{H_c}$$

$$H_c = 4,00\text{m}$$

$$V_c = \frac{45,10}{4,0^2} = 2,82\text{m/s}$$

$$s = 0,7 \times 2,82 \sqrt{4,00} = 3,95\text{m}$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

$$\frac{X^2}{5,33^2} + \frac{Y^2}{0,75^2} = \frac{X^2}{2,41} + \frac{Y^2}{0,56} = 1$$

$$Y = \sqrt{0,56 \left(1 - \frac{X^2}{28,41} \right)}$$

Para X=0,00 m ; Y=0,75 m

X=1,00 m ; Y=0,74 m

X=1,50 m ; Y=0,72 m

X=2,00 m ; Y=0,69 m

X=3,00 m ; Y=0,62 m

X=4,00 m ; Y=0,49 m

X=5,00 m ; Y=0,26 m

X=5,33 m ; Y=0,00 m

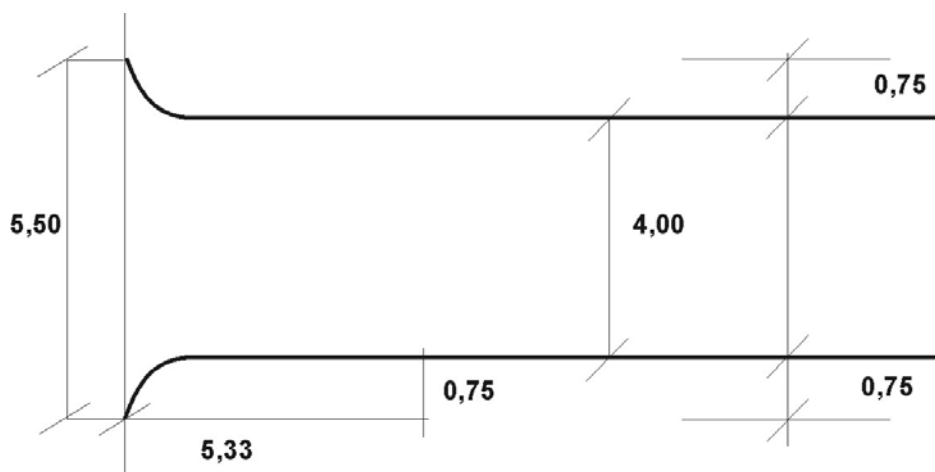


Figura 2.2

Área da grade será portanto:

$$\Delta g = h_g \times l_g = 6,80 \times 5,50 = 37,40 \text{ m}^2$$

Nestas condições a velocidade real na grade deverá ser:

$$V_g = \frac{Q}{A'g} = \frac{45,10}{37,40} = 1,21 \text{ m/s}$$

2.8 Características do Trecho em Aço

Diâmetro; D=4,00m

Para este diâmetro a velocidade no mesmo será de :

$$V = \frac{4xQ}{\pi xD^2} = \frac{4x45,10}{\pi x4,0^2} = 3,59 \text{ m/s}$$

este trecho terá um comprimento de aproximadamente 230m.

2.9 Dimensionamento da Válvula Dispersora

$$Q = CA\sqrt{2gH}$$

Q=45,10 m³/s – vazão na válvula;



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

A – área da válvula em m²;

D – diâmetro da válvula em m;

C=0,7 coeficiente de descarga da válvula (adotado);

Cota do eixo da válvula – 313,00 m

H=377,35-313,00=64,35 m

$$A = \frac{Q}{C\sqrt{2gH}} = \frac{45,10}{0,7\sqrt{2 \times 9,81 \times 64,35}}$$

$$A = 1,81 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 1,81}{\pi}} = 1,52 \text{ m}$$

Adotada uma válvula de D=1,50m

2.10 Dimensionamento do Túnel Arco-retângulo

Q=45,10 m³/s

I=0,0004 m/m,

$n_f = 0,015 \text{ s} / \text{m}^{1/3}$; coeficiente de rugosidade de Manning para o fundo

$n_l = 0,035 \text{ s} / \text{m}^{1/3}$; coeficiente de rugosidade de Manning das paredes laterais

A rugosidade equivalente será:

$$n = \left[\frac{P_f x n_f^{3/2} + P_l x n_l^{3/2}}{P_t} \right]^{2/3}$$

D=7,20 m

S=0,739x7,2²=38,31 m²

P=2,524 x 7,2=18,17 m

R_H=0,293x7,2=2,11 m

h =0,756x7,2=5,40 m

$$n = \left[\frac{7,2 \times 0,015^{3/2} + 10,97 \times 0,035^{3/2}}{18,17} \right]^{2/3} \cong 0,028 \text{ s} / \text{m}^{1/3}$$

$$Q = \frac{I}{0,028} \times 2,11^{2/3} \times 0,0004^{1/2} \times 38,31 = 45,02 \text{ m}^3 / \text{s} \cong 45,10 \text{ m}^3 / \text{s}$$

V=1,18 m/s

2.11 Dimensionamento do Canal

h=4,02 m



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

$$SR_H^{2/3} = \frac{0,0015 \times 45,10}{0,0001^{1/2}} = 67,65$$

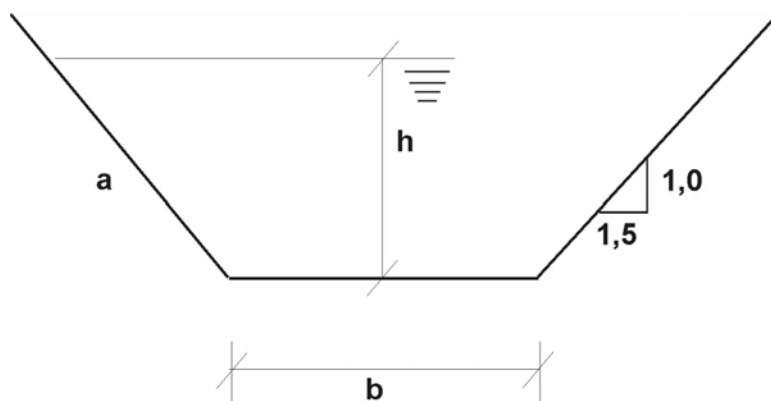


Figura 2.3

$$S = 4,02(4,0 + 1,5 \times 4,02) = 40,32 \text{ m}^2$$

$$P = 4,00 + 3,6 \times 4,02 = 18,47 \text{ m}$$

$$R_H = 2,18 \text{ m} \quad ; \quad SR_H^{2/3} = 67,85$$

$$V = \frac{45,10}{40,32} = 1,12 \text{ m/s}$$

3 . USINA SALGADO II

3.1 Características Principais

$$NA \text{ max max} = 311,44 \text{ m}$$

$$NA \text{ nor} = 309,23 \text{ m}$$

$$NA \text{ min} = 306,31 \text{ m}$$

$$NA \text{ max. max jus} = 250,9 \text{ m}$$

$$NA \text{ nor jus} = 243,1 \text{ m}$$

$$NA \text{ min jus} = 241,6 \text{ m}$$

Vazão Máxima

$$Q = 45,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

Altura Bruta e Líquida

$$H_B = 309,23 - 243,1 = 66,13 \text{ m}$$

$$H_L = 0,97 \times 66,13 = 64,15 \text{ m}$$

3.2 Determinação do NA de Jusante para $Q=45,1 \text{ m}^3/\text{s}$

Para esta determinação adotamos a velocidade de 0,5 m/s no rio Salgado para a vazão de 45,1 m³/s. A altura média do rio no local da saída do canal de fuga será de aproximadamente 260 m. A cota média do fundo do rio é de aproximadamente 240,5 m.

Assim sendo o NA para esta vazão será:



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

NA nor=240,5+2,6=243,1 m

3.3 Determinação da Potência Instalada

$P_{inst}=9,81 \times 0,92 \times 0,97 \times 45,10 \times 0,97 \times 66,13 = 25.326 \text{ kW}$

$P_{inst}=25,5 \text{ MW}$

3.4 Modulação dos Grupos Geradores

Adotado – 4 Grupos Geradores

1 Grupo – $P1=3,0\text{MW}$; $Q1=5,3 \text{ m}^3/\text{s}$

1 Grupo – $P2=5,5\text{MW}$; $Q2=9,71 \text{ m}^3/\text{s}$

2 Grupos – $P3=8,5\text{MW}$; $Q3=15,01 \text{ m}^3/\text{s}$

3.5 Determinação do NA mínimo na Tomada D'Água

A menor vazão turbinada é de $Q=5,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Adotando-se como vazão turbinável mínima 70% de menor tem-se:

$Q_{min}=0,7 \times Q_1=0,7 \times 5,3=3,71 \text{ m}^3/\text{s}$.

Assim sendo o NA min na tomada d'água será determinada para esta vazão.

As características do canal que chega na câmara de carga é:

$n=0,015 \text{ s/m}^{1/3}$ – coeficiente de rugosidade de Manning;

$i=0,0001 \text{ m/m}$ – declividade do canal;

$S=h(b+1,5h)$ área do canal em m^2 ;

h – altura da câmara d'água em m;

b – base do canal em m;

$P=b+3,6h$ – perímetro molhado em m;

$R_H = \frac{S}{P}$ raio hidráulico em m;

$$SR_H^{2/3} = \frac{nQ_{min}}{i^{1/2}} = \frac{0,015 \times 3,71}{0,0001^{1/2}} = 5,57$$

Para $h=1,13 \text{ m}$

$S=1,13(4,0+1,5 \times 1,13)=6,44 \text{ m}^2$

$P=4,0+3,6 \times 1,13=8,07 \text{ m}$

$SR_H=0,80 \text{ m}$;

$SR_H^{2/3}=6,44 \times 0,80^{2/3}=5,54$

A cota do fundo do canal na entrada da câmara de carga é 305,18 m.

NA mín = 305,18+1,13=306,31 m



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

3.6 Determinação Preliminar do Diâmetro Econômico

$$D_{ec} = 0,71 \frac{P_{inst}^{0,43}}{H_L^{0,65}} = 0,71 \frac{25500^{0,43}}{64,15^{0,65}} = 3,73m$$

Adotando-se o diâmetro de 4,00m tem-se:

A velocidade na Tubulação de:

$$V = \frac{4xQ_{max}}{\pi x D^2} = \frac{4x45,10}{\pi x 4,0^2} = 3,59 m/s$$

3.7 Determinação da submergência

$$s = 0,7Vc\sqrt{Hc}$$

Vc – velocidade na comporta em m/s;

Hc = 4,0m – altura da comporta

$$V_c = \frac{Q}{H_c^2} = \frac{45,10}{4,0^2} = 2,82 m/s$$

$$s = 0,7 X 2,82 \sqrt{4,00} = 3,95m$$

3.8 Determinação das Curvas na entrada da Tomada D'água

$$\frac{X^2}{D^2} + \frac{Y^2}{\left(\frac{2}{3}D\right)^2} = \frac{X^2}{4,0^2} + \frac{Y^2}{\left(\frac{2}{3}4,0\right)^2} = \frac{X^2}{16,00} + \frac{Y^2}{7,11} = 1$$

$$Y = \sqrt{7,11 \left(1 - \frac{X^2}{16,00}\right)}$$

X=0,0 ; Y=2,67 m

X=2,50 m; Y=2,08 m

X=0,50 m; Y=2,65 m

X=3,00 m; Y=1,76 m

X=1,00 m; Y=2,58 m

X=3,50 m; Y=1,29 m

X=1,50 m; Y=2,47 m

X=4,00 m; Y=0,00 m

X=2,00 m; Y=2,31 m



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

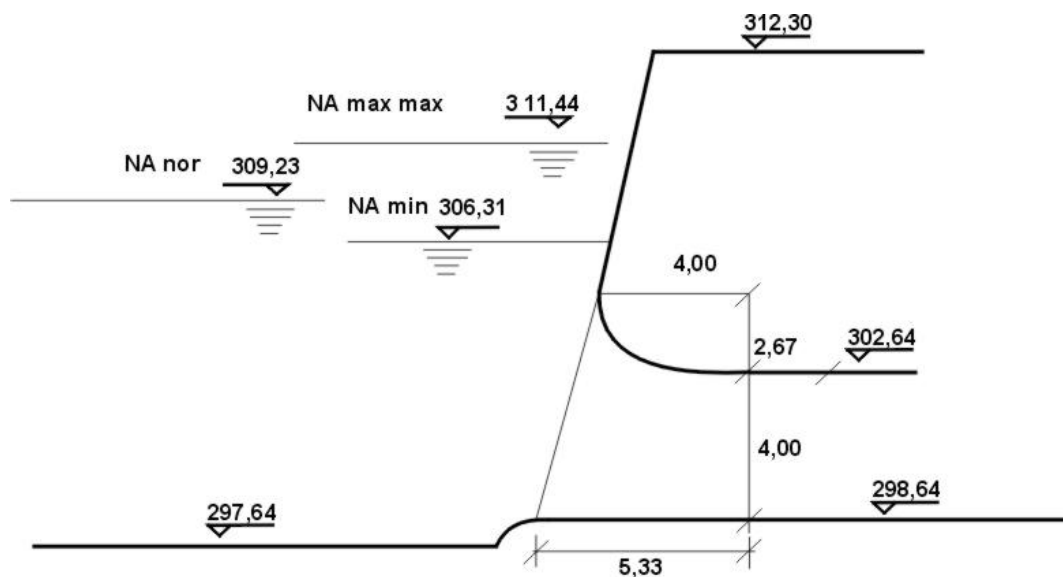


Figura 3.1

3.9 Área da Grade

$$\Delta g = \frac{Q}{V} = \frac{45,10}{1,5} = 30,07 \text{ m}^2 \quad ; \quad V_g = 1,5 \text{ m/s, adotada na grade}$$

$$h = 305,31 - 298,64 = 6,67 \text{ m}$$

$$l = \frac{6,67}{5} = 1,33 \text{ m}$$

Altura da grade h_g

$$h_g^2 = h^2 + l^2 = 6,67^2 + 1,33^2 = 44,49 + 1,78 = 46,87$$

$$h_g = 6,80 \text{ m}$$

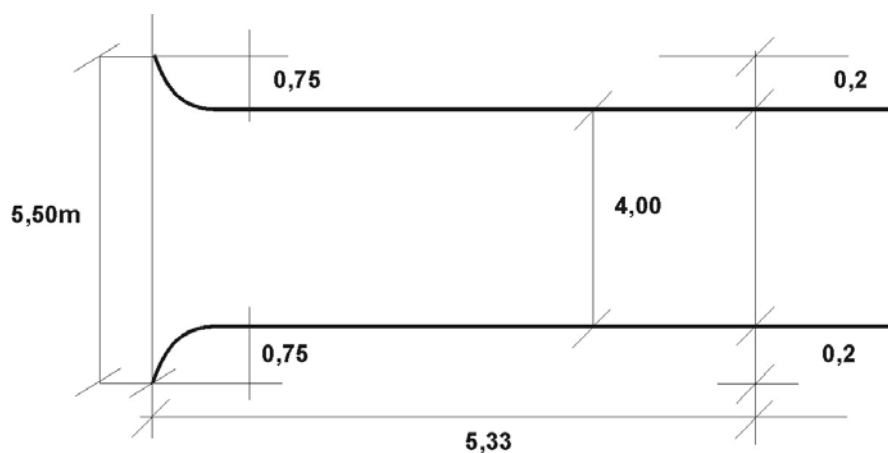


Figura 3.2

$$\Delta g = 5,5 \times 6,8 = 37,40 \text{ m}^2$$

Velocidade na Grade



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

$$Vg = \frac{45,10}{37,40} = 1,21 \text{ m/s}$$

$$\frac{X^2}{5,33^2} + \frac{Y^2}{0,75^2} = \frac{X^2}{28,41} + \frac{Y^2}{0,56} = 1$$

$$y = \sqrt{0,56 \left(1 - \frac{X^2}{28,41} \right)}$$

$$X=0,00 \text{ m ; } Y=0,75 \text{ m} \qquad X=4,00 \text{ m ; } Y=0,49 \text{ m}$$

$$X=1,00 \text{ m ; } Y=0,74 \text{ m} \qquad X=5,00 \text{ m ; } Y=0,26 \text{ m}$$

$$X=2,00 \text{ m ; } Y=0,69 \text{ m} \qquad X=5,33 \text{ m ; } Y=0,00 \text{ m}$$

$$X=3,00 \text{ m ; } Y=0,62 \text{ m}$$

3.10 Dimensionamento do Vertedouro de Segurança para a Vazão de 45,10 m³/s

Para escoar a vazão de 45,10 m³/s sobre a soleira vertente, localizada no lado direita da câmara de carga.

$$Q = CLH^{2/3} = \mu \sqrt{2g} LH^{2/3}$$

$\mu=0,35$, para este tipo de soleira

$$C = \mu \sqrt{2g} = 0,35 \sqrt{2 \times 9,81} = 1,55$$

Para L=55,00 m

$$H = \left[\frac{Q}{CL} \right]^{3/2} = \left[\frac{45,10}{1,55 \times 55,00} \right]^{3/2} = 0,65 \text{ m}$$

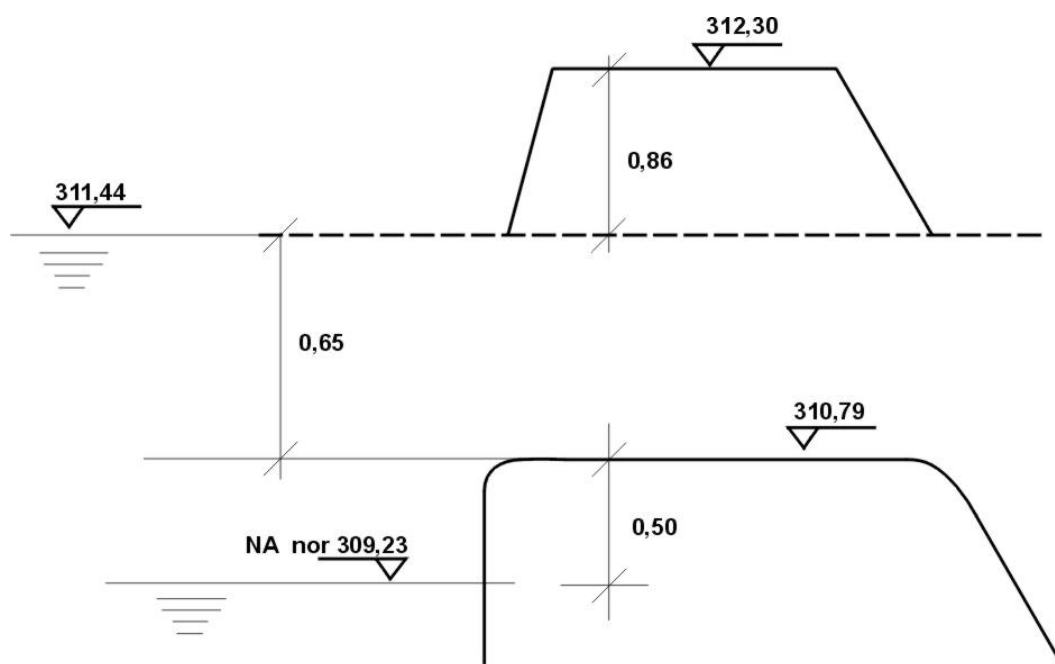


Figura 3.3



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

3.11 Dimensionamento da válvula dispersora

$$Q = CA\sqrt{2gh}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} ; D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

D – diâmetro da válvula em m;

C=0,7 – coeficiente de descarga da válvula (adotado)

Cota do eixo da válvula – 246,10 m

$H_B=306,31-246,10=60,21$ m

Q – vazão na válvula em m³/s

Q=45,10 m³/s

$$Q = CA\sqrt{2gH_B}$$

$$A = \frac{Q}{C\sqrt{2gH_B}} = \frac{45,10}{0,7\sqrt{2 \times 9,81 \times 60,21}} = 1,87 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 1,87}{\pi}} = 1,54 \text{ m}$$

Foi adotado uma válvula de 1,50 m de diâmetro

3.12 Verificação do Dimensionamento dos Aquedutos

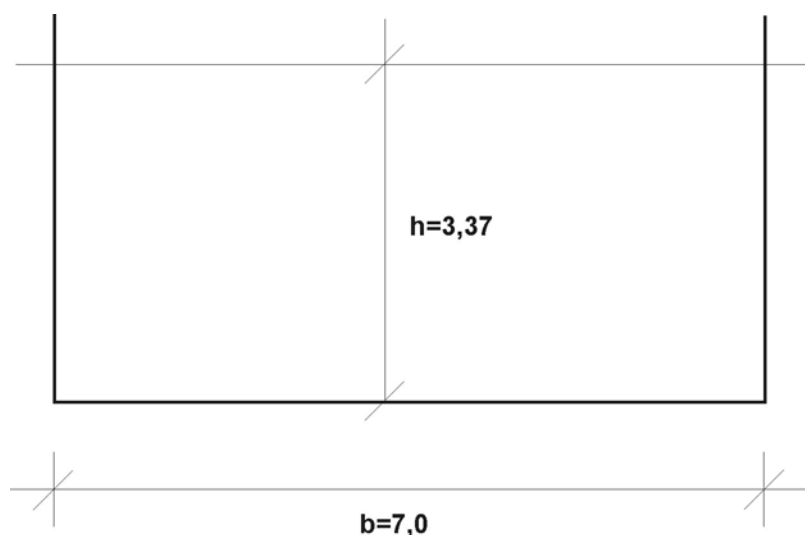


Figura 3.4

Q=45,10 m³/s

n=0,015 s/m^{1/3}

i=0,0004 m/m

b=7,0m



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

$$Q = SV = S \frac{I}{n} R_H^{2/3} i^{1/2}$$

$$SR_H^{2/3} = \frac{nQ}{i^{1/2}} = \frac{0,015 \times 45,10}{0,0004^{1/2}} = 33,83$$

Para $h=3,37$ m

$$S=7,00 \times 3,37=23,59 \text{ m}^2$$

$$P=7,00+2 \times 3,37=13,74 \text{ m}$$

$$R_H=1,72 \text{ m} \quad ; \quad SR_H^{2/3}=33,82$$

$$Q = 23,59 \times \frac{I}{0,015} \times 1,72^{2/3} \times 0,0004^{1/2} = 45,15 \text{ m}^3 / \text{s}$$

4 . VERTEDOURO DE SEGURANÇA DE VÁRZEA GRANDE

$$Q=10,10 \text{ m}^3/\text{s}$$

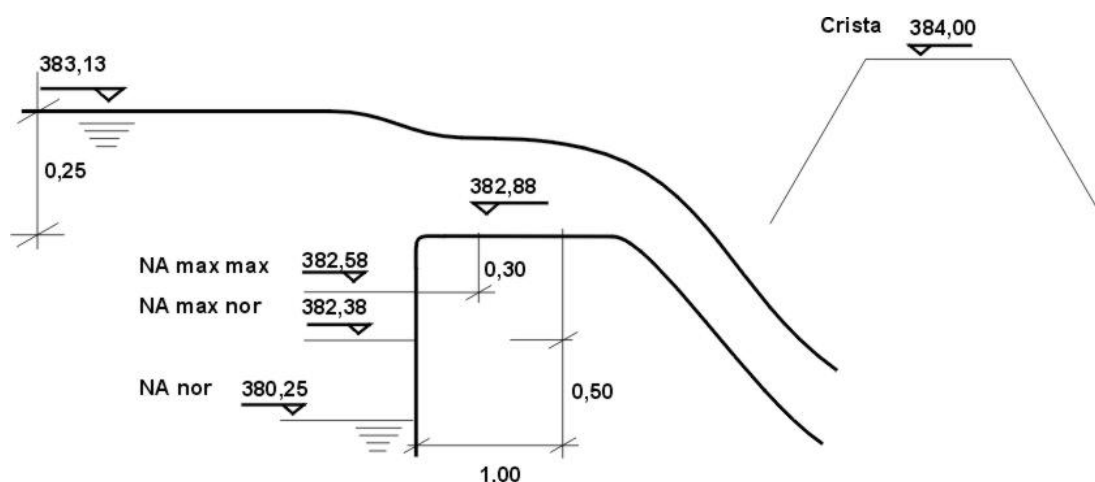


Figura 4.1

O vertedouro de segurança foi dimensionado com sua crista 0,30 m acima do NA máx. máx. o qual permitirá em casos excepcionais o escoamento da vazão de 10,10 m³/s, com uma largura de 45,00 m e um coeficiente de descarga 1,8.

$$Q = CLH^{3/2}$$

$$H = \left[\frac{Q}{CL} \right]^{2/3} = \left[\frac{10,10}{1,8 \times 45,00} \right]^{2/3} = 0,25 \text{ m}$$

Nestas condições a carga sobre o vertedouro será 0,25 m.



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

5 . MEMÓRIA DE CÁLCULO DO GOLPE DE ARIETE

Memória de cálculo dos golpes de ariete ocorridos nas tubulações forçadas de adução às turbinas das hidrelétricas:

5.1 Introdução:

Foram efetuadas simulações por modelos computacionais específicos para cada usina hidrelétrica, dos efeitos de sobrepensões e subpensões de natureza hidráulica, nas tubulações forçadas que transportam o fluxo de vazões para as casas de força.

Em dados momentos, planejados ou não, pode ocorrer o fechamento ou abertura dos distribuidores das turbinas, obedecendo a rejeições de carga ou períodos de recesso do sistema.

O estudo foi apresentado, para cada sistema de usina hidrelétrica estudada, através de:

- Valores dos dados básicos dos comprimentos das tubulações forçadas, níveis d'água dos reservatórios de montante e jusante, vazões em regime permanente iniciais, rugosidade dos materiais das tubulações, etc.
- Perfil do circuito hidráulico de geração com a tubulação forçada, o eixo da turbina, os níveis d'água a montante e a jusante e o traçado da linha piezométrica inicial em regime permanente, da linha piezométricas envoltórias dos valores máximos e mínimos, nas seções de cálculo.
- Resultados das simulações com os valores máximos e mínimos das cotas das pressões alcançadas durante os transientes, para as seções de cálculo da tubulação forçada em estudo, em forma de tabelas anexas.

5.2 Metodologia de Cálculo

O modelo computacional empregou o método das características para a resolução das equações diferenciais dos transientes hidráulicos em tubulações forçadas, que leva em conta a dilatação da tubulação e o seu modo de engastamento.

No **Gráfico 5.1** apresenta-se o diagrama tempo-espaco, com a tubulação forçada em comprimento desenvolvido no eixo horizontal e o eixo vertical do tempo de duração do fenômeno.

Equações básicas das cotas das pressões na seção transversal de cálculo S(I):

$$\bullet \quad HP(I)=CP - B1 \times QP(I) \quad (1)$$

$$\bullet \quad HP(I) = CN + B1 \times QP(I) \quad (2)$$

sendo:

HP(I) = Cota da pressão na seção S(I) no final do intervalo de tempo de cálculo DT

$$\bullet \quad CP = H(I-1)+B1 \times Q(I-1)-R1 \times Q(I-1) \times ABS [Q(I-1)] \quad (3)$$

$$\bullet \quad CN = H(I+1) - B1 \times Q(I+1) + R1 \times Q(I+1) \times ABS [Q(I+1)] \quad (4)$$

CP e CN são os vetores característicos baseados em valores de altura d'água H(I) e vazão Q(I) do início do intervalo de tempo de cálculo DT .

O valor da cota da pressão na seção S(I) foi obtida no final do intervalo de tempo DT, pelo somatório das duas equações (1) e (2) acima, ou seja :

$$\bullet \quad HP(I)= (CP + CN) / 2 \quad (5)$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

E a vazão correspondente, na mesma seção, $QP(l)$ foi obtida por uma das equações anteriormente citadas (1) ou (2).

Este processo de cálculo foi efetuado passo a passo, em intervalos de tempo DT de alguns segundos, até o fechamento total do distribuidor no tempo estipulado T_d em segundos.

Este processo da equação das características só pode ser aplicada para as seções transversais internas da tubulação, ou seja $S(2)$ até $S(N-1)$. (**Gráfico 5.1**)

Para a condição de contorno de montante, considerou-se o reservatório ou câmara de carga de montante com cota constante, durante o desenvolvimento do fenômeno do golpe de ariete.

Esta condição foi resolvida por iteração com o vetor de característica negativa CN .

Para a condição de contorno de jusante da tubulação foi considerada a turbina com sua equação do escoamento que é função de vários parâmetros, abaixo apresentados:

- $Q_{turbina} = F [K_{tur} ; F_a(t) ; H_o]$

sendo:

K_{tur} = constante de escoamento da turbina.

$F_a(t)$ = fração de abertura do distribuidor da turbina em função do tempo (ver **Gráfico 5.2**).

H_o = queda líquida da turbina.

5.3 Tabelas dos resultados dos cálculos do golpe de ariete nas tubulações de montante das turbinas das hidrelétricas :

A seguir apresenta-se as tabelas geradas nas simulações do golpe de ariete nas tubulações de montante das turbinas das sete usinas hidrelétricas projetadas.

Significado dos parâmetros:

- a) Primeira tabela: Pressões máximas e mínimas calculadas nas seções transversais de cálculo na tubulação.
 - T_d = tempo de fechamento do distribuidor da turbina, segundo o tipo desta, fornecido pelos fabricantes.
 - L (m) = distância da seção transversal de cálculo da tubulação iniciando no reservatório (zero) até o final desta, antes das derivações para as turbinas.
 - $H_{máx.}$ = Cota calculada da linha piezométrica envoltória das pressões máximas nas seções de cálculo ao longo da tubulação .
 - $H_{mín.}$ = Cota calculada da linha piezométrica envoltória das pressões mínimas nas seções de cálculo ao longo da tubulação.
- b) Segunda tabela: Cota do teto superior da tubulação desenvolvida:
 - L (m) = distância da seção transversal da tubulação iniciando no reservatório (zero) até o final desta. Antes das derivações para as turbinas.
 - $Cota(m)$ = cota topográfica da seção do teto superior da tubulação estudada.
- c) Terceira tabela: Linha piezométrica inicial em regime permanente, na tubulação estudada.
 - L (m) = distância da seção inicial (zero) e final da tubulação estudada.
 - H (m)= Cota da pressão na seção transversal inicial da tubulação (nível do reservatório) e na seção transversal no final da mesma, antes das derivações para as turbinas.



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

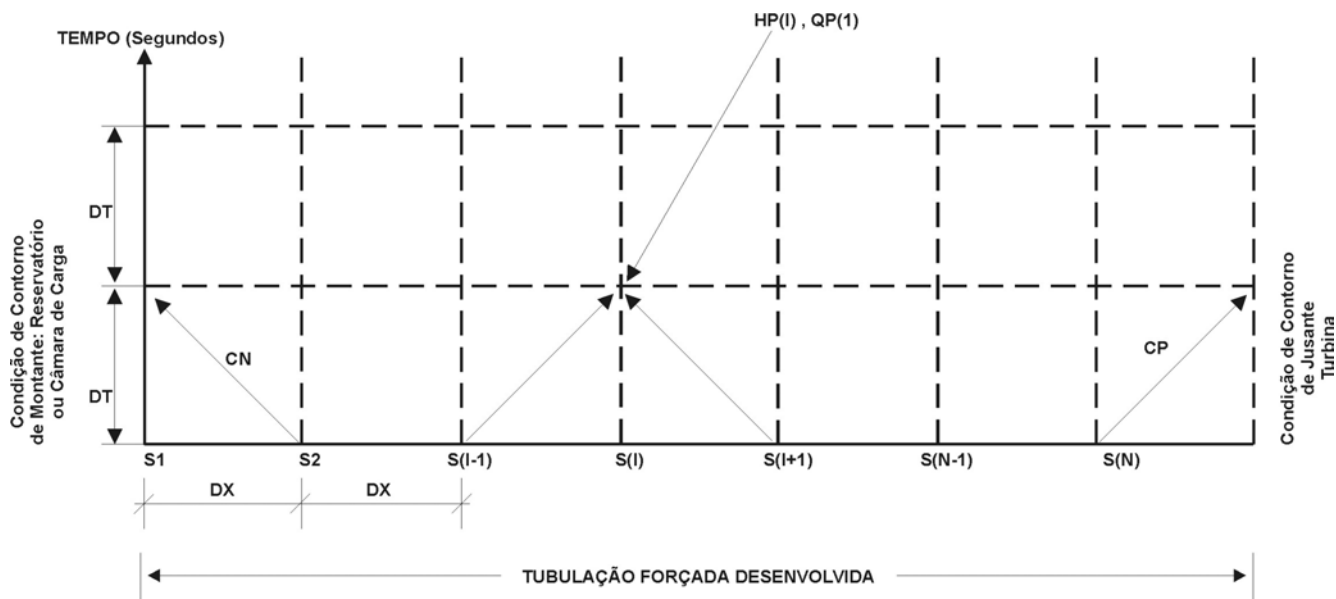


Gráfico 5.1 – Simulação do Golpe de Ariete em Tubulação Forçada
Diagrama tempo-espaço

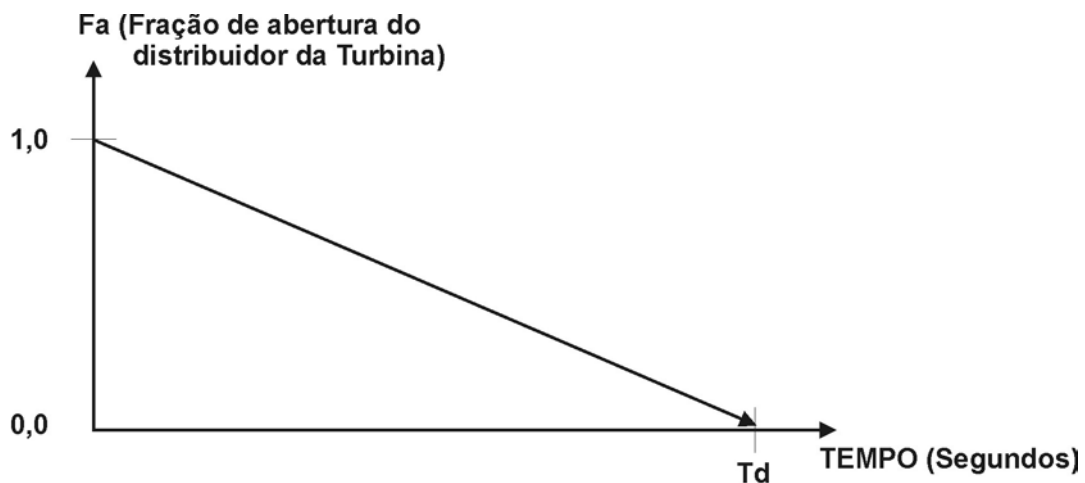


Gráfico 5.2 – Lei de Fechamento do Distribuidor da Turbina



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

UHE Salgado I : Golpe de aríete ; Td = 10,0 segundos				
	L	Hmáx.	Hmin.	
	(m)	(m)	(m)	
	0,00	380,26	379,26	
	7,69	380,99	379,25	
	15,38	381,32	379,18	
	23,07	381,64	378,85	
	30,76	381,84	378,66	
	38,45	382,16	378,33	
	46,14	382,56	377,94	
	53,83	382,82	377,67	
	61,52	383,09	377,41	
	69,21	383,47	377,02	
	76,90	383,72	376,79	
	84,59	384,16	376,33	
	92,28	384,35	376,13	
	99,97	384,82	375,69	
	107,66	384,88	375,63	
	115,35	385,45	375,04	
	123,04	385,77	374,72	
	130,73	386,10	374,40	
	138,42	386,12	374,38	
	146,11	386,46	374,05	
	153,80	386,78	373,72	
	161,49	387,10	373,39	
	169,18	387,38	373,12	
	176,87	387,71	372,79	
	184,56	388,03	372,47	
	192,25	388,36	372,14	
	199,94	388,66	371,84	
	207,63	388,99	371,51	
	215,32	389,32	371,18	
	223,01	389,64	370,86	
	230,70	389,96	370,53	
	238,39	390,28	370,22	
	246,08	390,57	369,92	
	253,77	390,93	369,57	
	261,46	391,26	369,24	
	269,15	391,58	368,92	
	276,84	391,86	368,64	
	284,53	392,20	368,29	
	292,22	392,54	367,96	
	299,91	392,86	367,63	
	307,60	393,13	367,37	
	315,29	393,47	367,03	



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

		322,98	393,77	366,73			
		330,67	394,09	366,41			
		338,36	394,41	366,08			
		346,05	394,72	365,77			
		353,74	395,05	365,45			
		361,43	395,38	365,12			
		369,12	395,70	364,80			
		376,81	396,01	364,49			
		384,50	396,33	364,16			
		392,19	396,66	363,84			
		399,88	396,98	363,51			
		407,57	397,29	363,21			
		415,26	397,61	362,88			
		422,95	397,94	362,55			
		430,64	398,26	362,23			
		438,33	398,59	361,90			
		446,02	398,90	361,60			
		453,71	399,22	361,28			
		461,40	399,54	361,06			
		Cota do teto superior da tubulação					
		L(m)	Cota(m)				
		0,00	380,25				
		0,00	373,68				
		13,70	373,68				
		153,70	370,32				
		194,70	368,00				
		311,70	328,52				
		434,70	307,60				
		447,70	307,60				
		461,40	307,60				
		Linha piezométrica em regime permanente					
		L(m)	H(m)				
		0,00	380,25				
		461,50	378,00				



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

UHE Salgado II : Golpe de aríete Td=7,5 segundos				
	L	Hmáx.	Hmín.	
	(m)	(m)	(m)	
	0,00	309,24	308,24	
	2,72	309,85	308,24	
	5,44	310,03	308,23	
	8,16	310,05	308,23	
	10,88	310,22	308,22	
	13,60	310,33	308,13	
	16,32	310,48	307,98	
	19,04	310,64	307,82	
	21,76	310,81	307,67	
	24,48	310,91	307,56	
	27,20	311,04	307,42	
	29,92	311,19	307,27	
	32,64	311,37	307,10	
	35,36	311,45	307,01	
	38,08	311,62	306,85	
	40,80	311,76	306,69	
	43,52	311,90	306,57	
	46,24	312,04	306,42	
	48,96	312,18	306,26	
	51,68	312,32	306,13	
	54,40	312,47	305,99	
	57,12	312,64	305,83	
	59,84	312,79	305,69	
	62,56	312,90	305,56	
	65,28	313,03	305,43	
	68,00	313,19	305,27	
	70,72	313,31	305,15	
	73,44	313,46	305,00	
	76,16	313,61	304,85	
	78,88	313,74	304,72	
	81,60	313,89	304,57	
	84,32	314,05	304,41	
	87,04	314,17	304,29	
	89,76	314,32	304,14	
	92,48	314,47	303,99	
	95,20	314,60	303,86	
	97,92	314,73	303,73	
	100,64	314,88	303,58	
	103,36	315,03	303,43	
	106,08	315,12	303,34	
	108,80	315,33	303,13	
	111,52	315,46	303,00	



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

		114,24	315,59	302,88			
		116,96	315,73	302,73			
		119,68	315,88	302,57			
		122,40	316,01	302,45			
		125,12	316,16	302,30			
		127,84	316,37	302,09			
		130,56	316,44	302,02			
		133,28	316,59	301,87			
		136,00	316,48	301,98			
		138,72	316,87	301,59			
		Cota do teto superior da tubulação (m)					
		L(m)	Cota(m)				
		0,00	309,23				
		0,00	303,26				
		18,00	303,26				
		29,10	301,26				
		40,00	294,26				
		104,00	248,00				
		112,00	242,00				
		118,00	240,00				
		138,00	240,00				
		Linha piezométrica inicial em regime permanente					
		L(m)	H(m)				
		0,00	309,23				
		138,00	307,97				



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

6 . MEMÓRIA DE CÁLCULO DOS HIDROGRAMAS

Memória de cálculo dos hidrogramas de enchente de recorrência de mil anos nas bacias hidrográficas dos Reservatórios de Caiçara e Várzea Grande:

Para a geração dos hidrogramas foi empregado o método do Soil Conservation Service, em modelo computacional, para as referidas bacias, com uma calibragem baseada no hidrograma da bacia de Cuncas (reservatório a montante dos trechos II e III).

a) Os principais parâmetros da bacia de Cuncas foram:

Área de drenagem = 96,9 km²

Comprimento do talvegue principal = 11,4 km.

Velocidade de escoamento do fluxo = 0,73 m/s.

Número da curva do solo CN= 70

Tempo de concentração = 4,36 horas

Duração da chuva = 6 horas

Posto pluviométrico: Brejo Santo 3842906 (ver **Tabela 6.1** com precipitações em função do tempo, para o ponto e para toda a área da bacia).

Resultado:

Pico do hidrograma = 412 m³/s

Ver no **Gráfico 6.1** anexo o traçado do hidrograma.

b) Para a geração do hidrograma da enchente milenar ocorrida na bacia hidrográfica do reservatório de Caiçara (reservatório pivô dos trechos II e III) utilizou-se o mesmos valores calibrados de Cuncas :

Área da bacia hidrográfica = 11,7 km²

Comprimento do talvegue principal = 5,5 km

Velocidade de escoamento do fluxo = 0,7 m/s

Número da curva do solo CN = 70

Tempo de concentração = 2,18 horas

Duração da chuva = 6 horas

Posto pluviométrico: Brejo Santo 3842906

Resultado:

Pico do hidrograma = 70 m³/s

Ver no **Gráfico 6.2** anexo o traçado do hidrograma.

c) Para geração do hidrograma milenar da bacia hidrográfica do reservatório de Várzea Grande, (no trecho III) utilizou-se igualmente os valores da calibragem de Cuncas:

Área da bacia hidrográfica = 3,15 km²

Comprimento do talvegue principal = 2,5 km

Velocidade de escoamento do fluxo = 0,7 m/s



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

Número da curva do solo CN = 70

Tempo de concentração = 1 hora

Duração da chuva = 4 horas

Posto pluviométrico: Brejo Santo 3842906

Resultado:

Pico do hidrograma = 27,5 m³/s

Ver no **Gráfico 6.3** anexo o traçado do hidrograma

- d) Para fins de dimensionamento da rede de drenagem dos trechos II e III, a qual é efetuada segundo picos dos hidrogramas de cheias de tempo de recorrência de 100 anos, gerou-se o hidrograma para a bacia hidrográfica de Caiçara (**Gráfico 6.4**), com os mesmos dados do item b) acima, exceto a tabela de chuvas do posto de Brejo Santo, cuja recorrência foi de 100 anos, apresentada na **Tabela 6.2** anexa.

Tabela 6.1

Posto pluviométrico Brejo Santo - 3842906	
(TR 1.000 anos)	
Precipitação no ponto	
Tempo (horas)	P (mm)
0,1	27,3
1	90
2	104,2
3	118,4
4	132,6
6	160,9
9	188,3
12	201,2
24	220,3
48	257,3
1 dia	101,2
2 dias	229,8
3 dias	284,9
Precipitação na área	
Tempo (horas)	P (mm)
0,1	19,1
1	48
2	63
3	80
4	94
6	121,8
8	138
10	152
14	172
18	192
22	210
24	220,3



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

Tabela 6.2

Posto Pluviométrico Brejo Santo - 3842906	
(TR 100 anos)	
Precipitação no ponto	
Tempo (horas)	P (mm)
0,1	21,1
1	71,8
2	82,3
3	92,8
4	103,3
6	124,3
9	145,4
12	155,4
24	170,1
48	202,1
1 dia	155,4
2 dias	182,7
3 dias	221,6
Precipitação na área	
Tempo (horas)	P (mm)
0,1	14,7
1	50,3
2	62,5
3	70,5
4	78,5
6	94,4
9	110,5
12	124,3
14	132
16	140
18	148
20	156
24	170



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

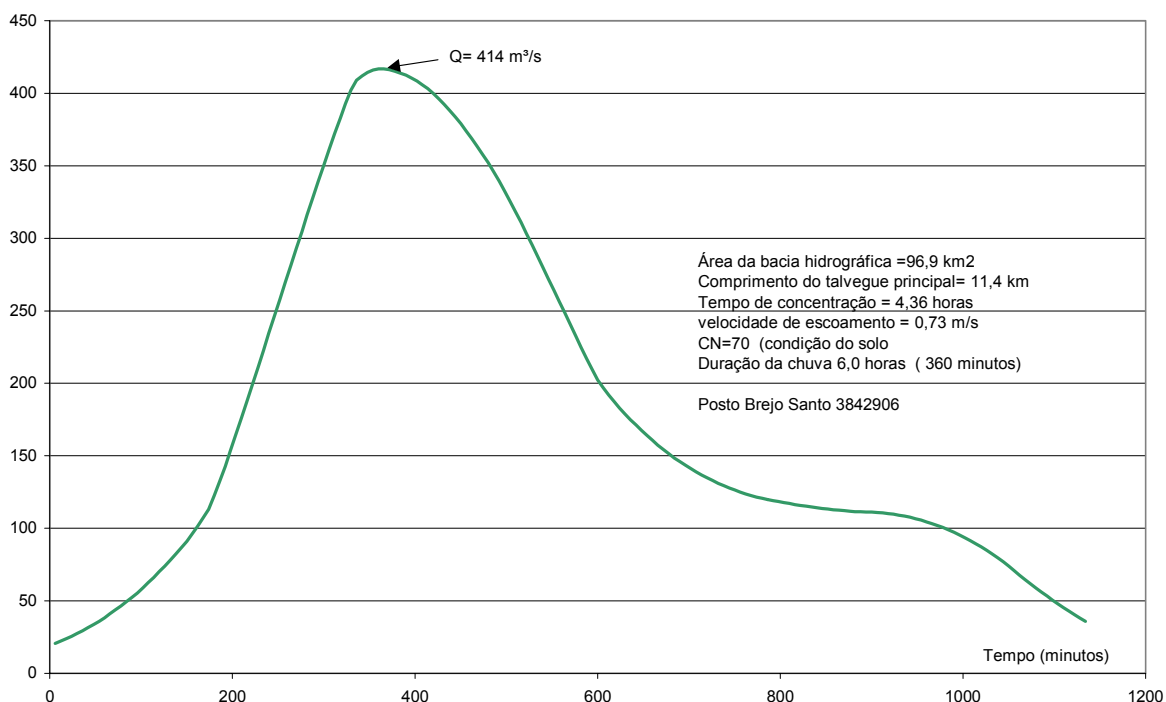


Gráfico 6.1 – Hidrograma afluente ao reservatório Cuncas para enchente de TR = mil anos

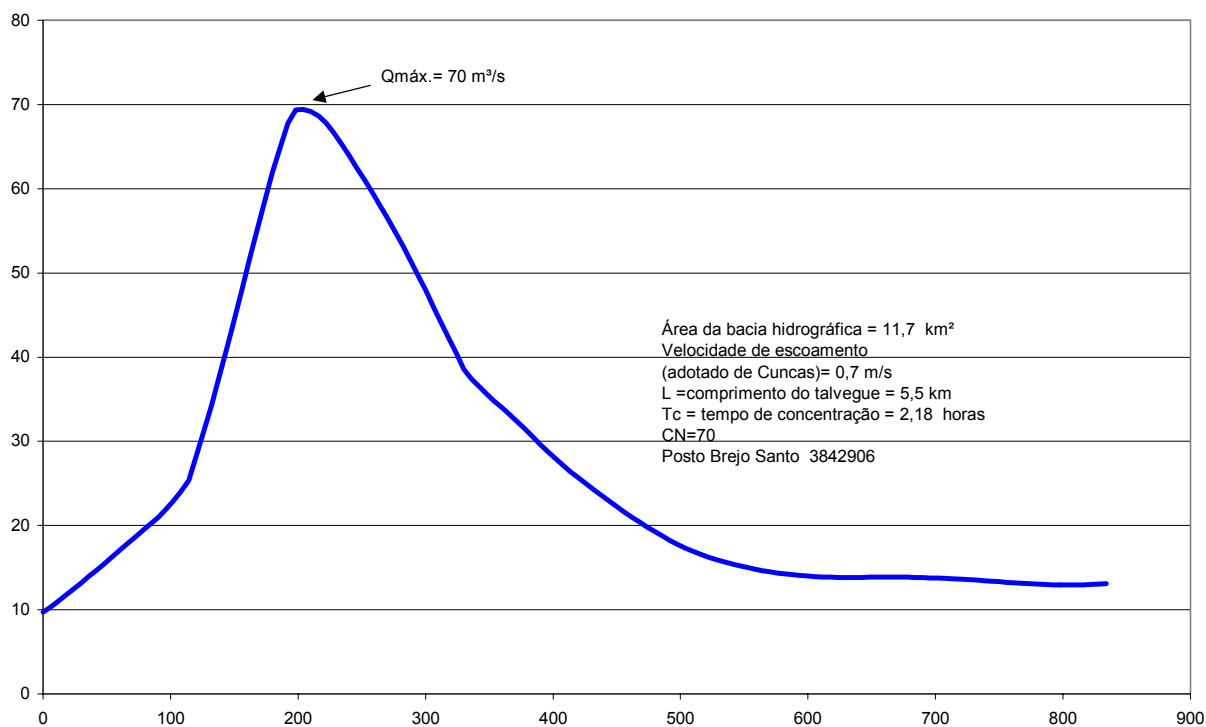


Gráfico 6.2 – Bacia hidrográfica de Caiçara. Hidrograma de enchente para TR mil anos. Calibragem do modelo HSCS.Bas



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

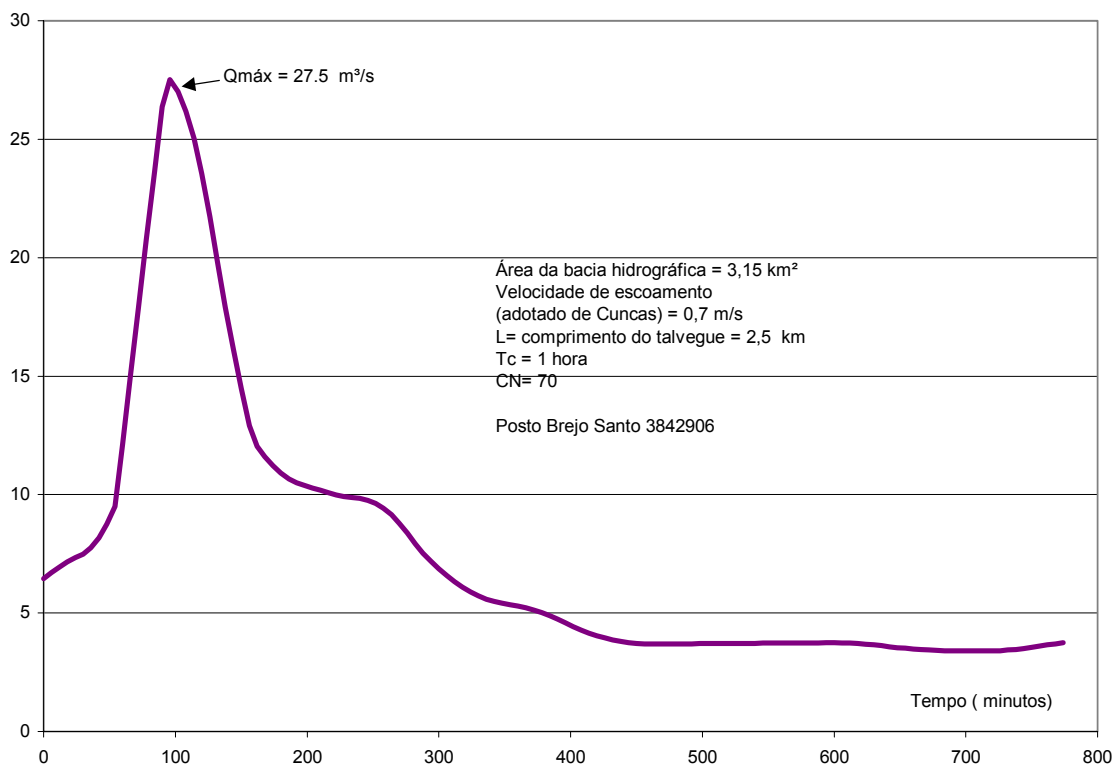


Gráfico 6.3 - Hidrograma afluente para TR = mil anos da bacia hidrográfica do reservatório Várzea Grande

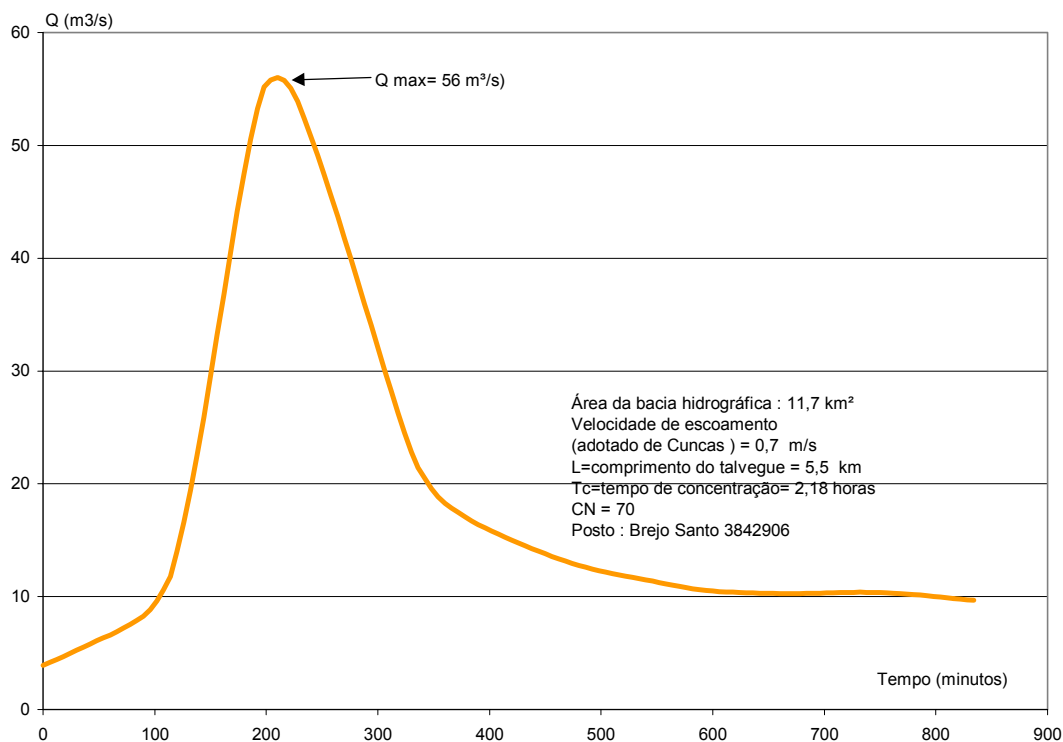


Gráfico 6 4– Reservatório de Caiçara. Hidrograma de enchente para TR 100 anos



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

7 . CAPACIDADE DE REGULAÇÃO

As tubulações forçadas a montante das casas de força das hidrelétricas projetadas, por serem usinas de atuação em rede isolada, obedeceram à seguinte relação :

$$T_w/T_m < 0,25$$

Sendo:

T_w = tempo de por em marcha hidráulico, função do comprimento do tubo, velocidade do fluxo e queda líquida nominal da usina.

T_m = tempo de por em marcha mecânico, função do momento de inércia do conjunto turbina-gerador (WR2)

Abaixo apresenta-se o cálculo efetuado para cada usina.

7.1 UHE Salgado I

4 turbinas Francis de eixo horizontal

1 x 3,0 MW; $N_r = 720,0$ RPM

1 x 6,0 MW; $N_r = 514,2$ RPM

2 x 9,0 MW; $N_r = 400,0$ RPM

$Q_{total} = 45,1$ m³/ s em uma única tubulação.

$H_n = 68,6$ m = queda líquida para as 4 turbinas

$L = 461,5$ m

$D = 4,0$ m

Momentos de inércia para os grupos turbinas-geradores:

WR2 para a turbina T1 = 1714 kg x m²

WR2 para a turbina T2 = 7667 kg x m²

WR2 para as turbinas T3 e T4, cada= 20383 kg x m²

$T_w/T_m = 0,121$ (Sem volante de inércia)

7.2 UHE Salgado II

4 turbinas Francis de eixo horizontal

1 x 3,0 MW; $N_r = 720,0$ RPM

1 x 5,5 MW; $N_r = 514,2$ RPM

2 x 8,5 MW; $N_r = 400,0$ RPM

$Q_{total} = 45,1$ m³/ s em uma única tubulação

$H_n = 65,3$ m = queda líquida para as 4 turbinas.

$L = 163,0$ m

$D = 4,0$ m

Momentos de inércia para os grupos turbinas-geradores :

WR2 para a turbina T1 = 1714 kg x m².

WR2 para a turbina T2 = 6877 kg x m²



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

WR2 para as turbinas T3, T4, cada = 18977 kg x m²

TW/Tm = 0,045 (Sem volante de inércia)

7.3 Conclusão

Todas as usinas apresentaram capacidade de regulação em rede isolada, sem necessidade de adicionar volante de inércia, pois $T_w/T_m < 0,25$.



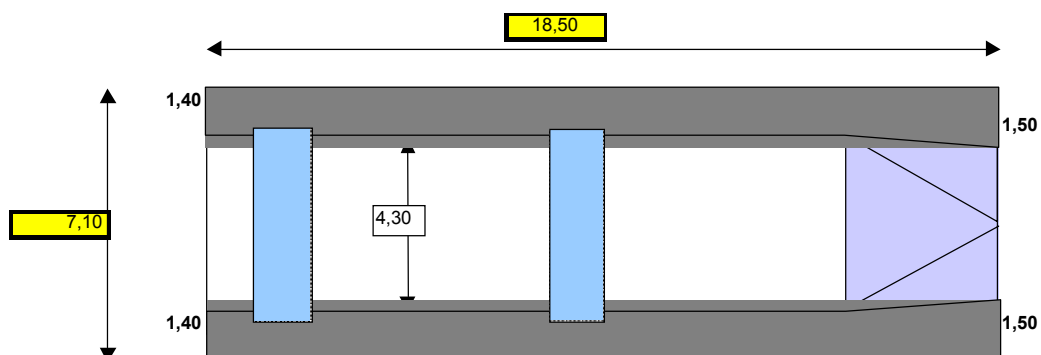
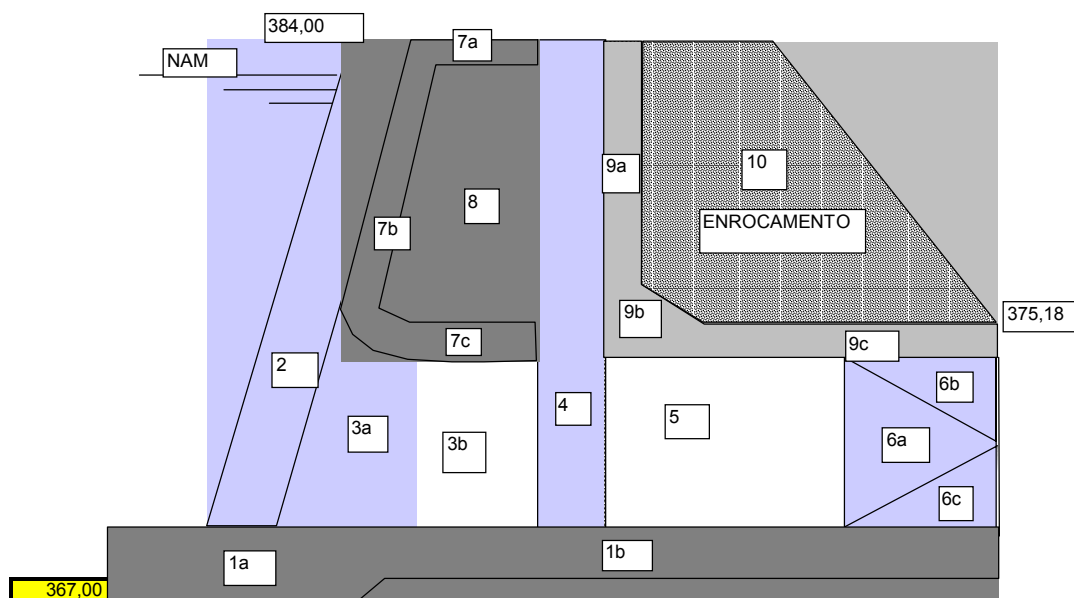
Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

PARTE 2 – ESTRUTURA

1. ESTRUTURA DE SALGADO I

1.1 Tomada d'Água

	NAM
Max. max.	383,13 m
Normal	380,25 m





Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

N	b(m)	h(m)	l(m)	v (m3)
1a	7,10	7,50	2,50	133,13
1b	7,10	10,50	1,50	111,83
2	2,00	2,00	13,00	52,00
3a	2,80	2,50	6,00	42,00
3b	2,80	2,50	4,00	28,00
4	1,60	0,60	13,00	12,48
5	4,00	3,50	4,00	56,00
6a	4,00	6,00	4,00	96,00
6b	5,00	6,00	2,00	60,00
6c	5,00	6,00	2,00	60,00
7a	7,10	2,50	0,50	8,88
7b	7,10	1,00	6,00	42,60
7c	7,10	4,00	1,00	28,40
8	1,00	2,50	7,00	17,50
9a	7,10	1,00	5,00	35,50
9b	7,10	2,50	4,00	71,00
9c	7,10	9,00	1,50	95,85
10	7,10	10,00	7,50	532,50
Soma(C)				951,16
Soma(E)				532,50

Concreto
Enrocamento

1.1.1 Peso da Tomada

$$P = 35.493,88 \text{ kN}$$

1.1.2 Empuxo Hidrostático

- CCN e CCL

Limite inferior cota: 367,00 m

N.A El. 382,13

Ha = 15,40 m

Th = 7,10 m

Fah = 8.419,18 kN

- CCE

Limite inferior cota: 367,00 m

N.A El. 380,25

Ha = 13,07 m

Th = 7,10 m

Fah = 6.064,284 kN

1.1.3 Peso d'Água

- CCN e CCL

Fav1 = 1.403,20 kN

H = 12,90 m



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

$$U = -6.743 \text{ kN}$$

- CCE

cota: 367,18 m

nam: 380,25 m

Sem drenagem

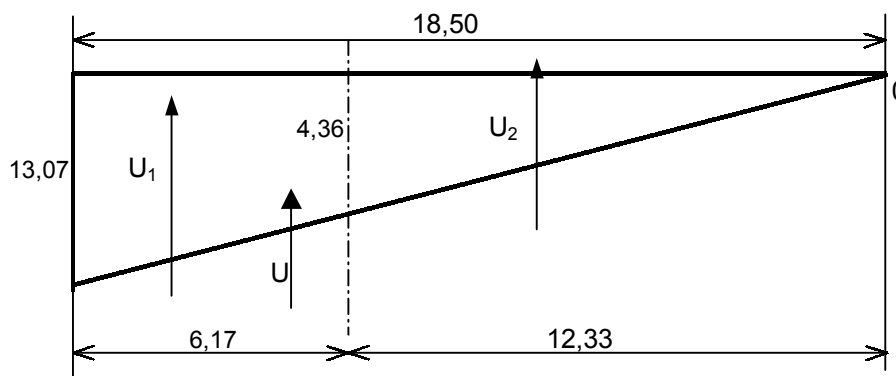
Hm = 13,07 m

Hdr = 5,39 m m

Hj = 0,00 m

th1 = 7,10 m

th2 = 7,10 m



$$a = 4,36 \text{ m}$$

$$a+b = 17,43 \text{ m}$$

$$eu = 3,60 \text{ m}$$

$$b = 13,07 \text{ m}$$

$$A = 53,73 \text{ m}^2$$

$$U_1 = -537,32 \text{ kN/m}$$

$$h = 6,17 \text{ m}$$

$$eo = 2,57 \text{ m}$$

$$X_1 = 2,57 \text{ m}$$

$$a = 0,00 \text{ m}$$

$$a+b = 4,36 \text{ m}$$

$$eu = 8,22 \text{ m}$$

$$b = 4,36 \text{ m}$$

$$A = 26,866 \text{ m}^2$$

$$U_2 = -268,66 \text{ kN/m}$$

$$h = 12,33 \text{ m}$$

$$eo = 4,11 \text{ m}$$

$$X_2 = 10,28 \text{ m}$$

$$U = th1.U1 + th2.U2$$

$$U = -5.722 \text{ kN}$$

1.1.5 Cargas Sísmicas Horizontais (CCL)

nam: 382,58 m

cota: 367,18 m

$\alpha_1 = 0,05$

$h = 15,40$

$c = 0,735$

$\gamma_\omega = 10$

$pa = 87,1563$

$th = 7,10 \text{ m}$

$$F_{sis1} = 0,726 \cdot pa \cdot Th$$

$$F_{sis1} = 449 \text{ kN}$$

$$F_{sis2} = \text{Alfa1} \cdot G$$

$$F_{sis2} = 0 \text{ kN}$$

$$F_{sis} = 449 \text{ kN}$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

1.1.6 Resumo dos Carregamentos

- CCN
 $\Sigma F_h = F_{ah}$ 8.419 kN
 $\Sigma F_v = P + F_{av} + U$ 31.986 kN
- CCE
 $\Sigma F_h = F_{ah}$ 6.064 kN
 $\Sigma F_v = P + F_{av} + U$ 32.283 kN
- CCL
 $\Sigma F_h = F_{ah} + F_{sis}$ 8.868 kN
 $\Sigma F_v = P + F_{av} + U$ 31.986 kN

1.1.7 Verificação da Estabilidade ao Deslizamento

- CCN
 $\Sigma V = 31.986$ kN
 $\Sigma H = 8.419$ kN
 $A_c = 131,35$ m²
 $\phi = 40,00^\circ$
 $C = 500,00$ kN/m²
 $\gamma\phi = 1,4$
 $\gamma_c = 3,0$
 $FSD = 4,88 > 1,0$ Passa
- CCE
 $\Sigma V = 32.283$ kN
 $\Sigma H = 6.064$ kN
 $A_c = 131,35$ m²
 $\phi = 40,00^\circ$
 $C = 500,00$ kN/m²
 $\gamma\phi = 1,3$
 $\gamma_c = 3,0$
 $FSD = 7,05 > 1,0$ Passa
- CCL
 $\Sigma V = 31.986$ kN
 $\Sigma H = 8.868$ kN
 $A_c = 131,35$ m²
 $\phi = 40,00^\circ$



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

$$C = 500,00 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma\phi = 1,1$$

$$\gamma_c = 2,0$$

$$\text{FSD} = 6,45 > 1,0 \quad \text{Passa}$$

1.2 Túnel Salgado I

ROCK AND LINER STRESSES IN HYDRO TUNNELS			
Project: SALGADO I			
DATA			
Concrete Liner			
Concrete internal radius	b	2,00	m
Concrete external radius	c	2,40	m
Concrete elastic modulus	E ₁	33204	MPa
Concrete characteristic strength	f _{ck}	25	MPa
Concrete Poisson's ratio	u ₁	0,20	
Concrete Reinforcement			
Bar diameter	fbarr	0,020	m
Steel Liner			
Steel liner elastic modulus	E _s	210000	MPa
Steel liner internal radius	s	2,55	
Steel liner thickness	e _a	0,038	
Rock Mass			
Rock element outside the liner	r	10,00	m
Rock deformability modulus	E ₂	10000,00	MPa
Rock Poisson's ratio	u ₂	0,25	
Loads			
Internal hydro pressure	p	0,10	MPa
External pressure	p _{ex}	0,00	MPa
Lengths			
Concrete	L _c	1,00	m
Steel lining	L _a	1,00	m
AUXILIARY CALCULATIONS			
		4,00	m ₂
		5,00	m ₁
		-0,00005	C
		5,53	A _c m ²
		0,00	s _r
Steel liner coefficient		0,76	l ₁ *
Concrete liner coefficient		0,48	l ₂ *
		-0,08	with steel liner
		-0,04	with steel liner
		0,24	stb
		0,19	stc
Concrete tensile service strength		1,57	ftd
Bar area		3,14E-04	s _b
Concrete characteristic tensile strength		2,20	ftk
RESULTS			
Concrete lined tunnel			
Is the concrete liner stable?		YES	
Average tensile stress inside the concrete (σ _{tr})		0,22	MPa
Minimum number of bars needed (nb)		0	bar/m
Maximum external load supported by the concrete (p _{max})		-2,73	MPa
Tensile stress inside the rock mass within a diameter r (σ _t)		0,00	MPa
Radial stress transferred to the rock (σ _{rc})		-0,05	MPa
Steel lined tunnel			
Recommended steel thickness		0,001	m
Radial stress transferred to the concrete (σ _{rc})		-0,08	MPa
Radial stress transferred to the rock (σ _{rc})		-0,04	MPa
Average tensile stress inside the concrete		0,14	MPa
Quantities			
Concrete		8,67	m ³
Rebars		0,00	t
Steel lining		4,75	t
1/4 da área de aço na outra direção para distribuir fissuração		0,00	t



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

1.3 Casa de Força

	Normal	Max max
NAJ	310,25	311,80
	CCN	CCL

1.3.1 Volume

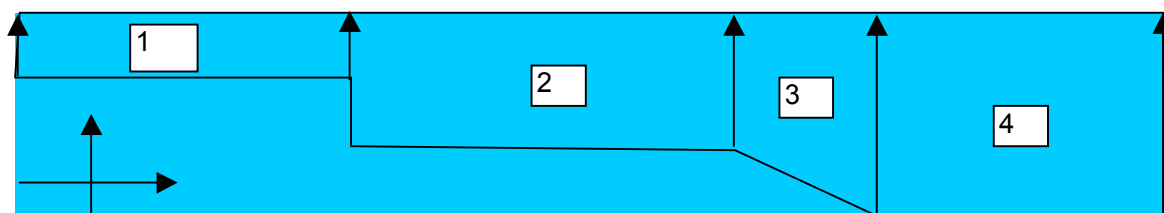
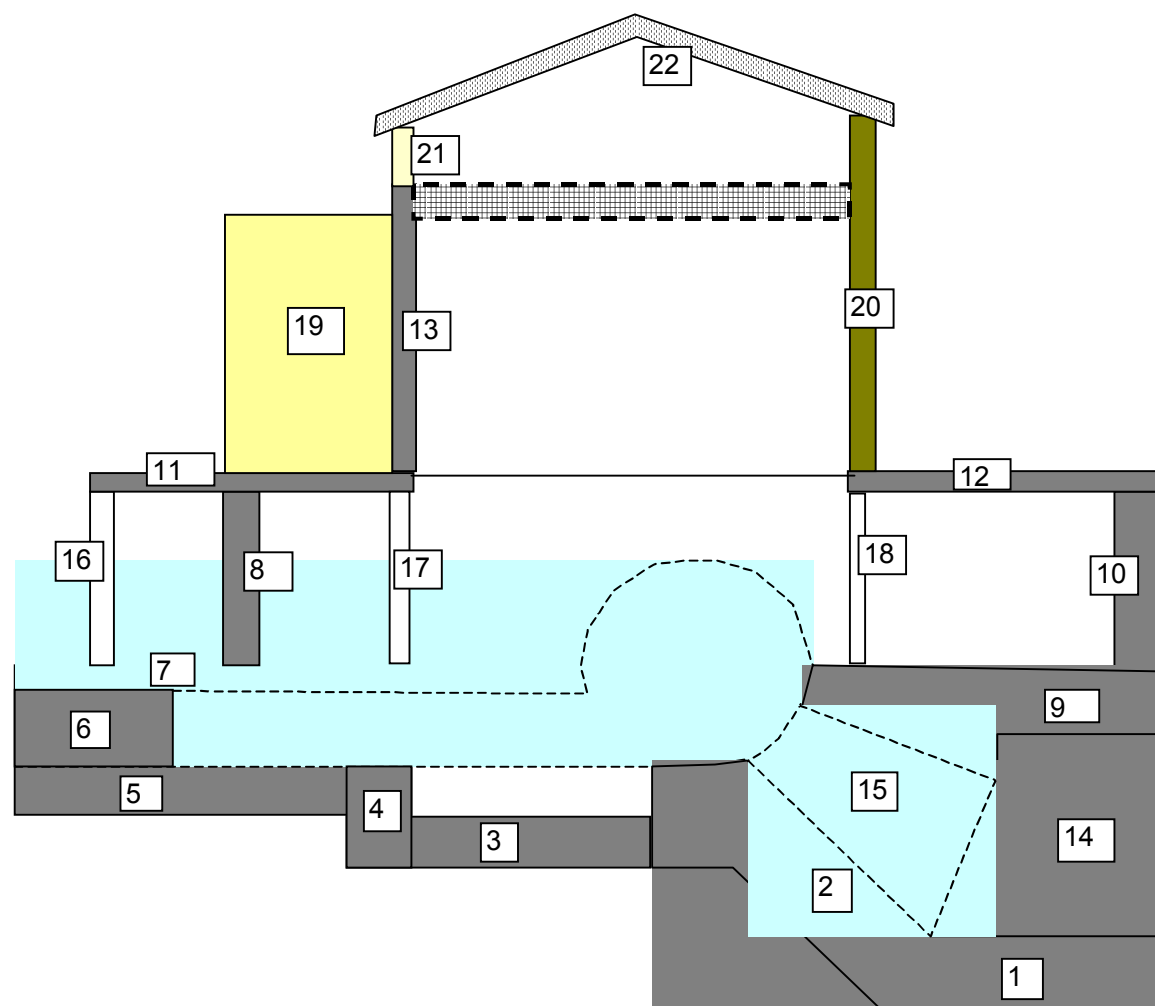


diagrama de subpressão

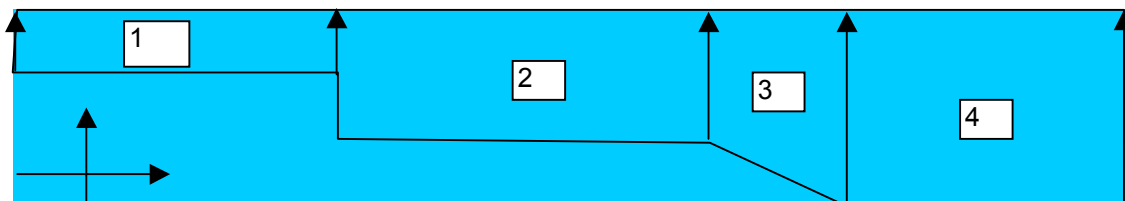


Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

N	x(m)	y(m)	z(m)	v (m3)
1	16,00	8,50	0,50	68,00
2	16,00	7,00	2,00	224,00
3	16,00	7,50	1,00	120,00
4	16,00	1,00	2,00	32,00
5	16,00	11,00	0,54	95,04
6	16,00	1,20	3,00	57,60
7	16,00	11,00	0,30	52,80
8	16,00	0,80	3,20	40,96
9	16,00	6,50	1,80	187,20
10	16,00	1,60	5,00	128,00
11	16,00	10,00	0,45	72,00
12	16,00	4,50	0,40	28,80
13	16,00	0,50	8,50	68,00
14	2,00	6,50	4,50	58,50
15	8,00	4,50	2,50	90,00
16	2,00	0,50	3,50	3,50
17	2,00	0,50	3,50	3,50
18	2,00	0,50	5,00	5,00
19	1,00	4,60	8,50	39,10
20	12,80	0,50	11,00	70,40
21	12,80	0,50	2,00	12,80
22	16,00	15,00	0,20	48,00
Soma				1505,20

1.3.2 Peso da Casa de Força

$$P = 37.630 \text{ kN}$$



1.3.3 Subpressão

- CCN

$$NAJ = 310,25 \text{ m}$$

TRECHO	xi	yi	zai	zbi	U(kN)
1	16,00	12,50	303,21	303,21	21120
2	16,00	8,80	301,71	301,71	18036
3	16,00	1,84	301,71	298,30	4775
4	16,00	8,26	298,30	298,30	23690
U		31,40			67621



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

- CCL

NAJ = 310,61 m

TRECHO	xi	yi	zai	zbi	U(kN)
1	16,00	12,50	303,21	303,21	25770
2	16,00	8,80	301,71	301,71	21310
3	16,00	1,84	301,71	298,30	5460
4	16,00	8,26	298,30	298,30	26762
U		31,40			79302

1.3.4 Peso da Rocha Colaborante

x = 16,00 m

y = 31,40 m

z = 6,00 m

gama = 26,00 kN/m³

Pr = 78.374,40 kN

Chumbadores: $\varnothing = 32$ mm

n = 326,56 chumbadores

S = (x.y) 502,40 m²

1 chumbador a cada 1,54 m²

1.3.5 Verificação da Estabilidade à Flutuação

- CCN

SZ = 78.374 kN

U = 67.545,97 kN

FSF = 1,16 > 1,2 ok

- CCL

Sz = 78.374,40kN

U = 70.334,29 kN

FSF = 1,11 > 1,1 ok

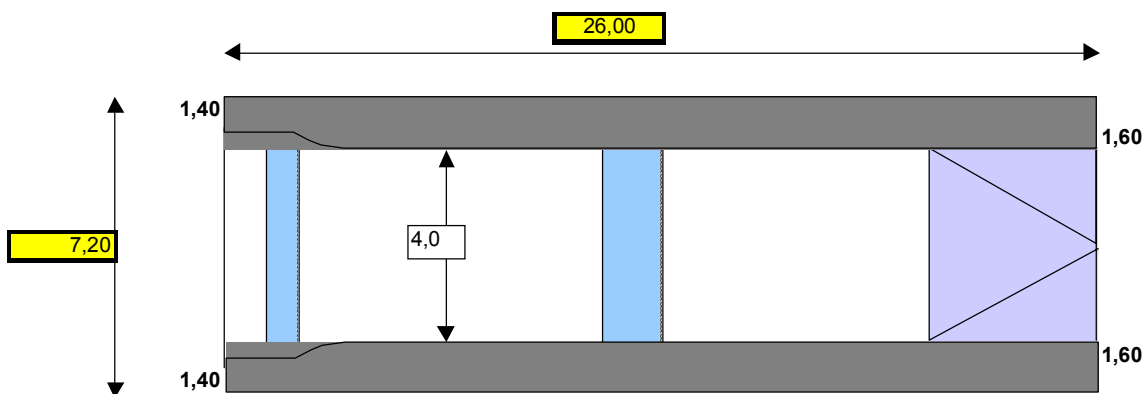
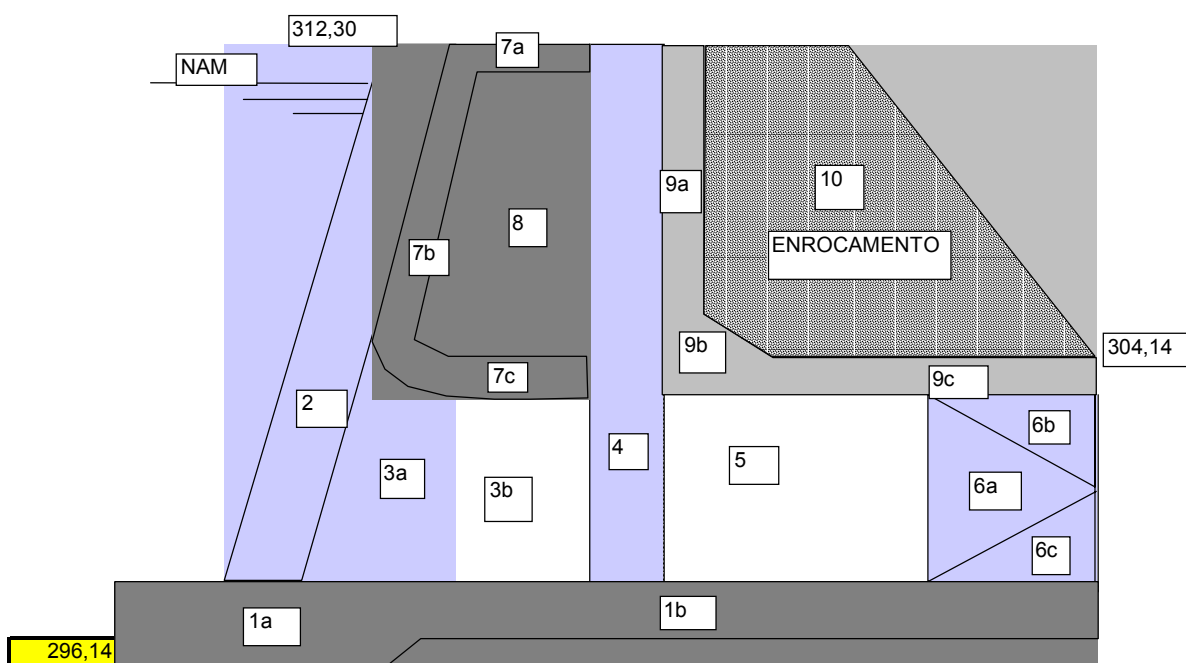


Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

2. ESTRUTURA DE SALGADO II

2.1 Tomada d'Água

	NAM
Normal	309,23 m
Max. max.	311,44 m





Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

N	b(m)	h(m)	l(m)	v (m ³)
1a	7,20	8,50	2,50	153,00
1b	7,20	17,50	1,50	189,00
2	2,00	2,00	13,00	52,00
3a	2,80	2,50	6,00	42,00
3b	2,80	2,50	4,00	28,00
4	1,60	0,60	13,00	12,48
5	4,00	3,50	4,00	56,00
6a	4,00	6,00	4,00	96,00
6b	5,00	6,00	2,00	60,00
6c	5,00	6,00	2,00	60,00
7a	7,20	2,50	0,50	9,00
7b	7,20	1,00	6,00	43,20
7c	7,20	4,00	1,00	28,80
8	1,00	2,50	7,00	17,50
9a	7,10	1,00	5,00	35,50
9b	7,10	2,50	4,00	71,00
9c	7,10	9,00	1,50	95,85
10	7,10	10,00	7,50	532,50
Soma(C)				1049,33
Soma(E)				532,50

Concreto
Enrocamento

2.1.1 Peso da Tomada

$$P = 37.948 \text{ kN}$$

2.1.2 Empuxo Hidrostático

- CCN e CCL

Limite inferior cota: 296,14 m

N.A El. 309,23

Ha = 12,47 m

Th = 7,20 m

Fah = 5.598,032 kN

- CCE

Limite inferior cota: 296,76 m

N.A El. 311,44

Ha = 13,53 m

Th = 7,20 m

Fah = 6.590,192 kN

2.1.3 Peso d'Água

- CCN e CCL

Fav1 = 933,01 kN

H = 12,90 m

b = 7,20 m



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

$$c = 2,00 \text{ m}$$

$$Fav2 = 1.435,68 \text{ kN}$$

$$Fav = 2.368,69 \text{ kN}$$

- CCE

$$Fav1 = 1.098,37 \text{ kN}$$

$$H = 11,03 \text{ m}$$

$$b = 7,20 \text{ m}$$

$$c = 2,00 \text{ m}$$

$$Fav2 = 1.588,32 \text{ tf}$$

$$Fav = 2.686,69 \text{ kN}$$

2.1.4 Subpressão

- CCN e CCL

$$\text{cota: } 296,14 \text{ m}$$

$$\text{nam: } 309,23 \text{ m}$$

Sem drenagem

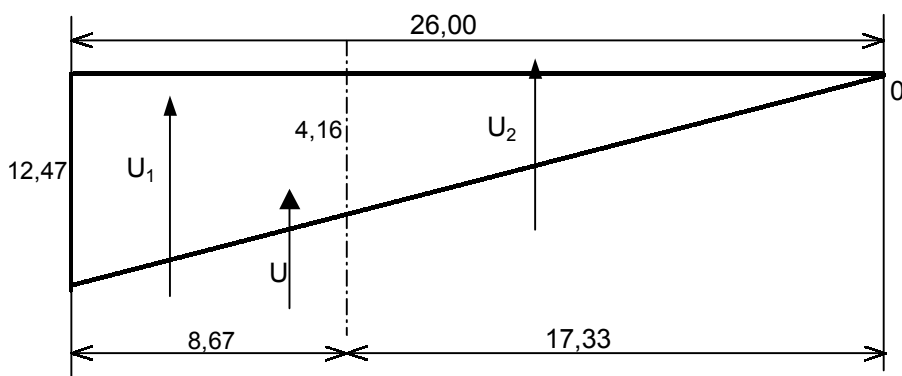
$$Hm = 12,47 \text{ m}$$

$$Hdr = 4,16$$

$$Hj = 0,00$$

$$th1 = 7,20 \text{ m}$$

$$th2 = 7,20 \text{ m}$$



$$a = 4,16 \text{ m}$$

$$a+b = 16,63 \text{ m}$$

$$eu = 5,06 \text{ m}$$

$$b = 12,47 \text{ m}$$

$$A = 72,05 \text{ m}^2$$

$$U_1 = -720,49 \text{ kN/m}$$

$$h = 8,67 \text{ m}$$

$$eo = 3,61 \text{ m}$$

$$X_1 = 3,61 \text{ m}$$

$$a = 0,00 \text{ m}$$

$$a+b = 4,16 \text{ m}$$

$$eu = 11,56 \text{ m}$$

$$b = 4,16 \text{ m}$$

$$A = 36,024 \text{ m}^2$$

$$U_2 = -360,24 \text{ kN/m}$$

$$h = 17,33 \text{ m}$$

$$eo = 5,78 \text{ m}$$

$$X_2 = 14,44 \text{ m}$$

$$U = th1.U1 + th2.U2$$

$$U = -7.781 \text{ kN}$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

- CCE
cota: 296,14 m
nam: 311,44 m

Sem drenagem

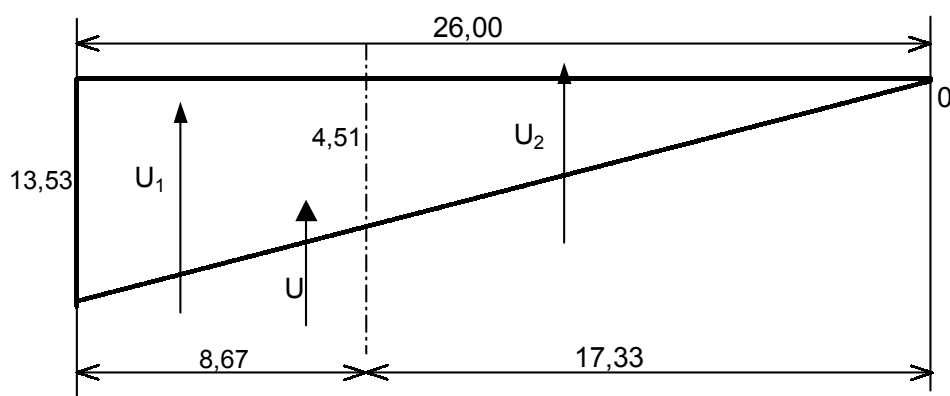
Hm = 13,53 m

Hdr = 4,51 m m

Hj = 0,00 m

th1 = 7,20 m

th2 = 7,20 m



a = 4,51 m

a+b = 18,04 m

eu = 5,06 m

b = 13,53 m

A = 78,17 m²

U₁ = -781,73 kN/m

h = 8,67 m

eo = 3,61 m

X₁ = 3,61 m

a = 0,00 m

a+b = 4,51 m

eu = 11,56 m

b = 4,51 m

A = 39,087 m²

U₂ = -390,87 kN/m

h = 17,33 m

eo = 5,78 m

X₂ = 14,44 m

$$U = th1.U1 + th2.U2$$

$$U = -8.443 \text{ kN}$$

2.1.5 Cargas Sísmicas Horizontais (CCL)

nam: 309,23 m

cota: 296,14 m

$\alpha_1 = 0,05$

h = 12,47

c = 0,735

$\gamma\omega = 10$

pa = 57,14658

th = 7,20 m

$$F_{sis1} = 0,726 \cdot pa \cdot Th$$

$$F_{sis1} = 299 \text{ kN}$$

$$F_{sis2} = \text{Alfa1} \cdot G$$

$$F_{sis2} = 0 \text{ kN}$$

$$F_{sis} = 299 \text{ kN}$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

2.1.6 Resumo dos Carregamentos

- CCN
 $\Sigma F_h = F_{ah}$ 5.598 kN
 $\Sigma F_v = P + F_{av} + U$ 32.536 kN
- CCE
 $\Sigma F_h = F_{ah}$ 6.590 kN
 $\Sigma F_v = P + F_{av} + U$ 32.192 kN
- CCL
 $\Sigma F_h = F_{ah} + F_{sis}$ 5.897 kN
 $\Sigma F_v = P + F_{av} + U$ 32.536 kN

2.1.7 Verificação da Estabilidade ao Deslizamento

- CCN
 $\Sigma V = 32.536$ kN
 $\Sigma H = 5.598$ kN
 $A_c = 187,20$ m²
 $\phi = 40,00^\circ$
 $C = 500,00$ kN/m²
 $\gamma\phi = 1,4$
 $\gamma_c = 3,0$
 $FSD = 9,06 > 1,0$ Passa
- CCE
 $\Sigma V = 32.192$ kN
 $\Sigma H = 6.590$ kN
 $A_c = 187,20$ m²
 $\phi = 40,00^\circ$
 $C = 500,00$ kN/m²
 $\gamma\phi = 1,3$
 $\gamma_c = 3,0$
 $FSD = 7,89 > 1,0$ Passa
- CCL
 $\Sigma V = 32.536$ kN
 $\Sigma H = 5.897$ kN
 $A_c = 187,20$ m²
 $\phi = 40,00^\circ$



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

$$C = 500,00 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma\phi = 1,1$$

$$\gamma_c = 2,0$$

$$\text{FSD} = 12,15 > 1,0 \text{ Passa}$$

2.2 Casa de Força

	Normal	Max max
NAJ	243,10	250,90
	CCN	CCL

2.2.1 Volume

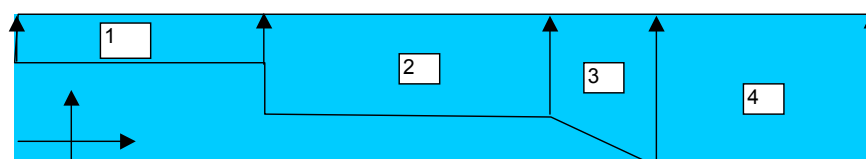
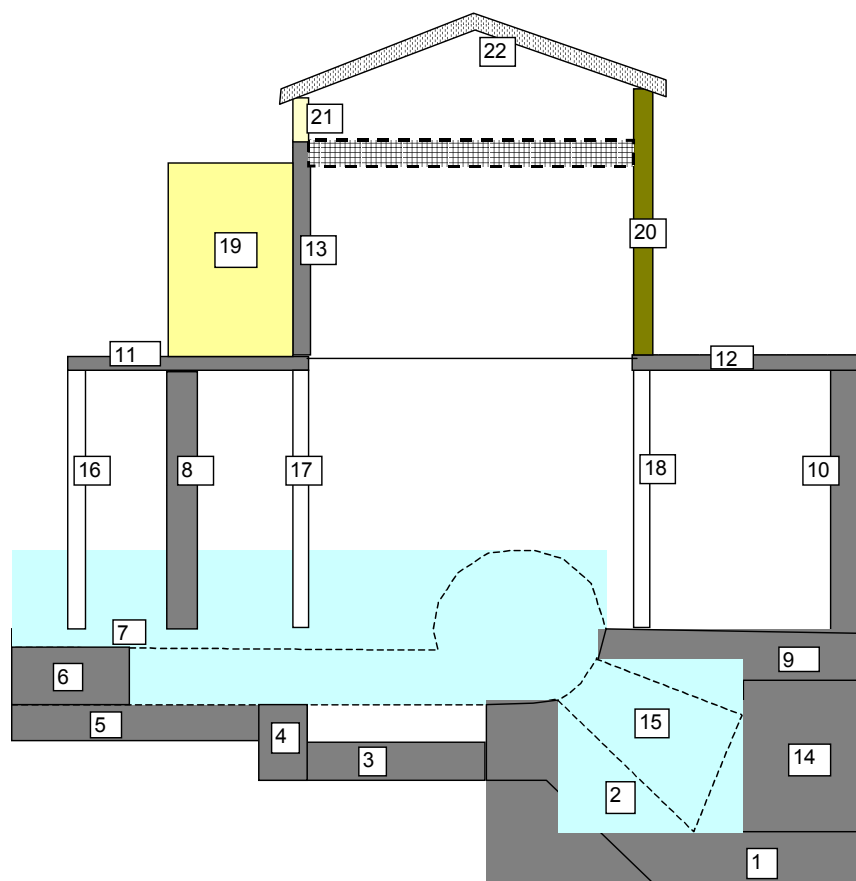


Diagrama de Subpressão

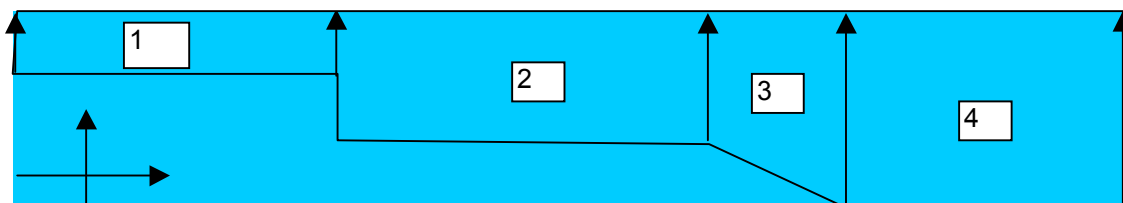


Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

N	x(m)	y(m)	z(m)	v (m3)
1	16,00	7,50	2,00	240,00
2	16,00	6,50	2,00	208,00
3	16,00	8,00	2,00	256,00
4	16,00	1,20	4,00	76,80
5	16,00	11,00	2,00	352,00
6	16,00	1,20	3,50	67,20
7	16,00	13,00	0,40	83,20
8	16,00	1,00	11,30	180,80
9	16,00	7,00	1,50	168,00
10	16,00	1,50	12,00	288,00
11	16,00	9,40	0,50	75,20
12	16,00	7,00	0,50	56,00
13	16,00	0,50	7,40	59,20
14	2,00	5,50	4,60	50,60
15	8,00	5,00	3,00	120,00
16	2,00	0,50	10,80	10,80
17	2,00	0,60	10,00	12,00
18	2,00	0,50	12,00	12,00
19	1,00	5,50	7,50	41,25
20	12,80	0,50	9,50	60,80
21	12,80	0,50	2,00	12,80
22	16,00	14,00	0,20	44,80
Soma				2475,45

2.2.2 Peso da Casa de Força

$$P = 51.734 \text{ kN}$$



2.2.3 Subpressão

- CCN

$$NAJ = 243,10 \text{ m}$$

TRECHO	xi	yi	zai	zbi	U(kN)
1	16,00	12,30	235,96	235,96	21077
2	16,00	9,10	234,96	234,96	17778
3	16,00	2,20	234,96	231,50	5516
4	16,00	7,90	231,50	231,50	21994
U		31,50			66364

- CCL

$$NAJ = 250,90 \text{ m}$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

TRECHO	xi	yi	zai	zbi	U(kN)
1	16,00	12,30	235,96	235,96	44103
2	16,00	9,10	234,96	234,96	34813
3	16,00	2,20	234,96	231,50	9634
4	16,00	7,90	231,50	231,50	36782
U		31,50			125332

2.2.4 Peso da Rocha Colaborante

$$x = 16,00 \text{ m}$$

$$y = 31,50 \text{ m}$$

$$z = 6,00 \text{ m}$$

$$\text{gama} = 26,00 \text{ kN/m}^3$$

$$Pr = 78.624 \text{ kN}$$

$$\text{Chumbadores: } \varnothing = 40 \text{ mm}$$

$$n = 208,00 \text{ chumbadores}$$

$$S = (x.y) = 504,00 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ chumbador a cada } 2,42 \text{ m}^2$$

2.2.5 Verificação da Estabilidade à Flutuação

- CCN

$$SZ = 130.358,25 \text{ kN}$$

$$U = 55.820,48 \text{ kN}$$

$$FSF = 2,34 > 1,2 \text{ ok}$$

- CCL

$$Sz = 130.358,25 \text{ kN}$$

$$U = 114.788,48 \text{ kN}$$

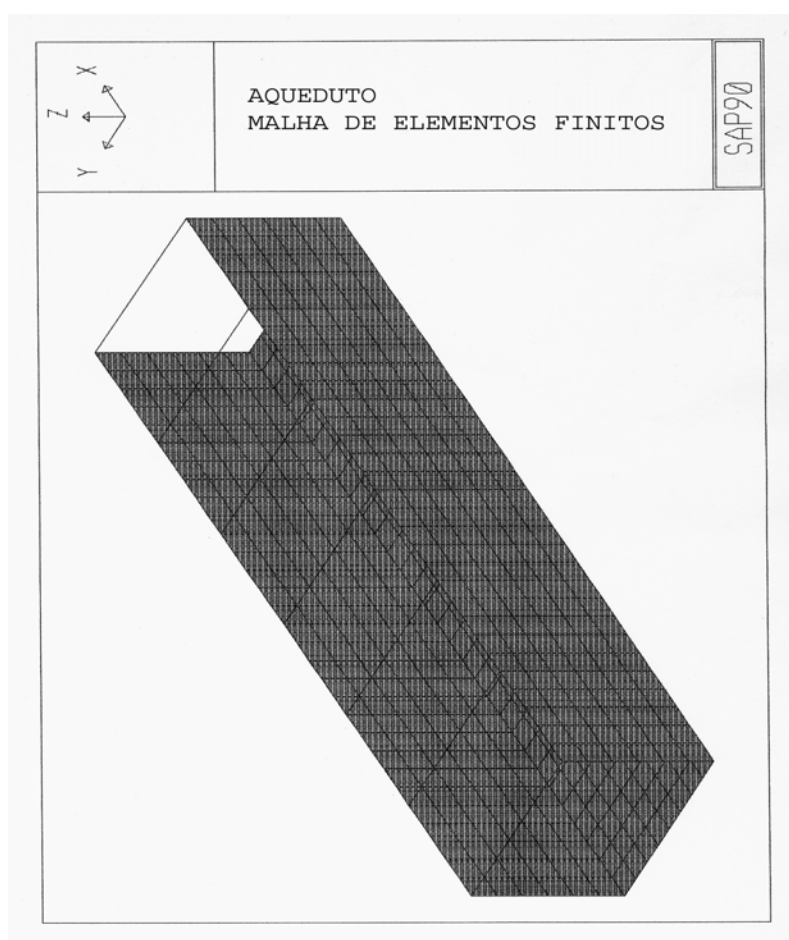
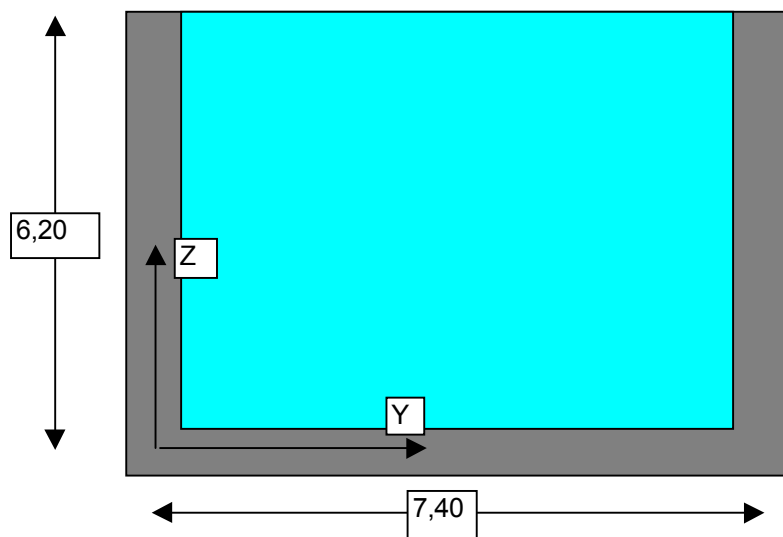
$$FSF = 1,11 > 1,1 \text{ ok}$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

3 . AQUEDUTOS

espessura=0,40m





Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

Numeração dos Elementos

- Parede Lateral Esquerda simétrica com a Direita

1	2	3	4	...	27	28	29	30
31								60
61								90
91								120
121								150
151	152						179	180

- Tabuleiro Central

181	182	183	184	...	207	208	209	210
211								240
241								270
271								300

eixo de simetria

Esforços nos elementos tipo SHELL

Elem.	FXX (tf/m)	FYY (tf/m)	FXY (tf/m)	MXX (tf.m/m)	MYX (tf.m/m)	MYX (tf.m/m)
1	-2.93	-7.06	4.30	0.84	2.17	2.81
2	-21.78	-7.45	17.01	2.79	1.53	1.84
3	-62.81	-3.84	24.45	3.01	1.44	0.70
4	-111.24	-0.14	25.62	1.83	1.45	-0.38
5	-156.81	0.97	23.52	-1.71	2.00	-0.57
6	-195.49	1.45	19.01	-2.01	1.96	1.73
7	-227.02	1.91	15.84	0.73	1.29	1.52
8	-253.00	1.35	13.04	1.39	1.18	0.57
9	-274.85	1.05	10.83	0.96	1.14	-0.33
10	-293.12	0.07	9.31	-1.20	1.78	-0.68
11	-307.99	-0.03	6.79	-1.17	1.75	1.16
12	-319.64	0.71	5.52	1.04	1.06	0.87
13	-328.36	0.65	3.96	1.54	1.03	0.07
14	-334.35	0.69	2.42	1.04	1.04	-0.73
15	-337.46	-0.09	1.19	-1.20	1.73	-0.97
16	-337.46	-0.09	-1.19	-1.20	1.73	0.97
17	-334.35	0.69	-2.42	1.04	1.04	0.73
18	-328.36	0.65	-3.96	1.54	1.03	-0.07
19	-319.64	0.71	-5.52	1.04	1.06	-0.87
20	-307.99	-0.03	-6.79	-1.17	1.75	-1.16
21	-293.12	0.07	-9.31	-1.20	1.78	0.68
22	-274.85	1.05	-10.83	0.96	1.14	0.33
23	-253.00	1.35	-13.04	1.39	1.18	-0.57
24	-227.02	1.91	-15.84	0.73	1.29	-1.52
25	-195.49	1.45	-19.01	-2.01	1.96	-1.73
26	-156.81	0.97	-23.52	-1.71	2.00	0.57
27	-111.24	-0.14	-25.62	1.83	1.45	0.38
28	-62.81	-3.84	-24.45	3.01	1.44	-0.70
29	-21.78	-7.45	-17.01	2.79	1.53	-1.84
30	-2.93	-7.06	-4.30	0.84	2.17	-2.81



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

31	-10.78	-26.29	18.84	0.97	4.92	1.81
32	-30.50	-24.85	49.25	2.21	4.26	1.33
33	-60.91	-9.93	63.52	2.40	3.93	0.69
34	-91.91	1.01	63.87	1.41	3.97	0.14
35	-118.70	5.95	56.88	0.05	4.20	0.21
36	-140.87	6.67	47.87	-0.34	4.01	0.84
37	-160.38	5.59	40.10	0.32	3.41	0.95
38	-177.54	4.36	33.84	0.80	3.04	0.45
39	-192.63	3.25	28.57	0.53	3.03	-0.04
40	-205.36	2.47	23.71	-0.01	3.21	-0.02
41	-216.11	2.21	18.99	0.04	3.13	0.39
42	-224.88	2.36	14.63	0.67	2.78	0.46
43	-231.29	2.47	10.54	1.04	2.59	0.05
44	-235.59	2.30	6.47	0.69	2.73	-0.35
45	-237.54	2.04	2.22	0.08	3.02	-0.24
46	-237.54	2.04	-2.22	0.08	3.02	0.24
47	-235.59	2.30	-6.47	0.69	2.73	0.35
48	-231.29	2.47	-10.54	1.04	2.59	-0.05
49	-224.88	2.36	-14.63	0.67	2.78	-0.46
50	-216.11	2.21	-18.99	0.04	3.13	-0.39
51	-205.36	2.47	-23.71	-0.01	3.21	0.02
52	-192.63	3.25	-28.57	0.53	3.03	0.04
53	-177.54	4.36	-33.84	0.80	3.04	-0.45
54	-160.38	5.59	-40.10	0.32	3.41	-0.95
55	-140.87	6.67	-47.87	-0.34	4.01	-0.84
56	-118.70	5.95	-56.88	0.05	4.20	-0.21
57	-91.91	1.01	-63.87	1.41	3.97	-0.14
58	-60.91	-9.93	-63.52	2.40	3.93	-0.69
59	-30.50	-24.85	-49.25	2.21	4.26	-1.33
60	-10.78	-26.29	-18.84	0.97	4.92	-1.81
61	-13.24	-80.04	35.54	0.88	6.25	0.78
62	-30.90	-51.42	80.65	2.09	5.52	0.74
63	-56.23	-14.60	91.12	2.07	5.09	0.59
64	-74.91	7.87	84.55	1.29	4.86	0.36
65	-83.43	15.71	72.44	0.46	4.62	0.30
66	-90.58	14.63	62.27	0.08	4.21	0.38
67	-98.62	11.91	53.85	0.15	3.70	0.40
68	-107.16	9.58	46.53	0.32	3.27	0.22
69	-115.35	7.99	39.82	0.29	3.08	0.04
70	-122.83	7.05	33.38	0.20	3.00	0.04
71	-129.30	6.61	27.11	0.26	2.87	0.14
72	-134.59	6.49	20.98	0.47	2.69	0.16
73	-138.62	6.46	15.01	0.61	2.58	0.02
74	-141.20	6.38	9.06	0.51	2.62	-0.11
75	-142.48	6.30	3.03	0.35	2.71	-0.06
76	-142.48	6.30	-3.03	0.35	2.71	0.06
77	-141.20	6.38	-9.06	0.51	2.62	0.11
78	-138.62	6.46	-15.01	0.61	2.58	-0.02
79	-134.59	6.49	-20.98	0.47	2.69	-0.16
80	-129.30	6.61	-27.11	0.26	2.87	-0.14
81	-122.83	7.05	-33.38	0.20	3.00	-0.04
82	-115.35	7.99	-39.82	0.29	3.08	-0.04
83	-107.16	9.58	-46.53	0.32	3.27	-0.22



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

84	-98.62	11.91	-53.85	0.15	3.70	-0.40
85	-90.58	14.63	-62.27	0.08	4.21	-0.38
86	-83.43	15.71	-72.44	0.46	4.62	-0.30
87	-74.91	7.87	-84.55	1.29	4.86	-0.36
88	-56.23	-14.60	-91.12	2.07	5.09	-0.59
89	-30.90	-51.42	-80.65	2.09	5.52	-0.74
90	-13.24	-80.04	-35.54	0.88	6.25	-0.78
91	-28.76	-159.15	57.38	1.20	5.35	-0.44
92	-31.97	-76.47	110.80	2.05	4.39	0.14
93	-59.26	-7.13	105.42	1.60	3.68	0.31
94	-50.70	22.94	83.94	0.65	2.98	0.12
95	-41.70	24.65	72.31	-0.06	2.23	-0.06
96	-37.67	21.45	64.85	-0.40	1.53	-0.10
97	-37.11	18.00	58.30	-0.45	0.93	-0.09
98	-38.45	15.40	51.76	-0.40	0.48	-0.09
99	-40.64	13.72	45.05	-0.34	0.19	-0.10
100	-43.05	12.75	38.19	-0.31	0.02	-0.07
101	-45.32	12.27	31.24	-0.25	-0.11	-0.01
102	-47.25	12.06	24.29	-0.16	-0.23	0.01
103	-48.73	11.96	17.36	-0.10	-0.30	-0.01
104	-49.72	11.91	10.43	-0.11	-0.30	-0.04
105	-50.21	11.88	3.48	-0.15	-0.28	-0.02
106	-50.21	11.88	-3.48	-0.15	-0.28	0.02
107	-49.72	11.91	-10.43	-0.11	-0.30	0.04
108	-48.73	11.96	-17.36	-0.10	-0.30	0.01
109	-47.25	12.06	-24.29	-0.16	-0.23	-0.01
110	-45.32	12.27	-31.24	-0.25	-0.11	0.01
111	-43.05	12.75	-38.19	-0.31	0.02	0.07
112	-40.64	13.72	-45.05	-0.34	0.19	0.10
113	-38.45	15.40	-51.76	-0.40	0.48	0.09
114	-37.11	18.00	-58.30	-0.45	0.93	0.09
115	-37.67	21.45	-64.85	-0.40	1.53	0.10
116	-41.70	24.65	-72.31	-0.06	2.23	0.06
117	-50.70	22.94	-83.94	0.65	2.98	-0.12
118	-59.26	-7.13	-105.42	1.60	3.68	-0.31
119	-31.97	-76.47	-110.80	2.05	4.39	-0.14
120	-28.76	-159.15	-57.38	1.20	5.35	0.44
121	-13.26	-290.11	100.29	0.76	1.75	-2.06
122	-77.10	-72.71	135.68	2.39	0.12	-0.76
123	-32.15	25.00	78.50	0.41	-1.29	-0.47
124	-2.34	30.79	65.12	-0.84	-3.04	-0.71
125	12.81	28.56	62.32	-1.44	-4.44	-0.76
126	21.31	25.34	59.79	-1.70	-5.40	-0.66
127	26.80	22.61	55.97	-1.76	-6.06	-0.51
128	30.69	20.66	50.88	-1.72	-6.48	-0.37
129	33.61	19.42	44.89	-1.67	-6.74	-0.26
130	35.88	18.69	38.35	-1.61	-6.90	-0.16
131	37.65	18.31	31.53	-1.56	-7.00	-0.09
132	39.02	18.12	24.57	-1.51	-7.07	-0.05
133	40.02	18.03	17.57	-1.48	-7.11	-0.03



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

134	40.67	17.99	10.55	-1.48	-7.12	-0.03
135	41.00	17.97	3.52	-1.48	-7.12	-0.01
136	41.00	17.97	-3.52	-1.48	-7.12	0.01
137	40.67	17.99	-10.55	-1.48	-7.12	0.03
138	40.02	18.03	-17.57	-1.48	-7.11	0.03
139	39.02	18.12	-24.57	-1.51	-7.07	0.05
140	37.65	18.31	-31.53	-1.56	-7.00	0.09
141	35.88	18.69	-38.35	-1.61	-6.90	0.16
142	33.61	19.42	-44.89	-1.67	-6.74	0.26
143	30.69	20.66	-50.88	-1.72	-6.48	0.37
144	26.80	22.61	-55.97	-1.76	-6.06	0.51
145	21.31	25.34	-59.79	-1.70	-5.40	0.66
146	12.81	28.56	-62.32	-1.44	-4.44	0.76
147	-2.34	30.79	-65.12	-0.84	-3.04	0.71
148	-32.15	25.00	-78.50	0.41	-1.29	0.47
149	-77.10	-72.71	-135.68	2.39	0.12	0.76
150	-13.26	-290.11	-100.29	0.76	1.75	2.06
151	149.64	-671.74	204.74	6.33	-3.87	-4.17
152	39.00	26.18	40.50	0.48	-6.80	-2.46
153	68.99	31.02	43.06	-2.00	-12.40	-2.62
154	73.47	30.62	50.01	-3.19	-15.38	-2.35
155	78.08	29.01	52.79	-3.67	-17.06	-1.88
156	84.83	27.40	52.26	-3.87	-17.97	-1.43
157	92.72	26.07	49.41	-3.92	-18.45	-1.04
158	100.88	25.13	45.07	-3.91	-18.69	-0.73
159	108.61	24.52	39.83	-3.89	-18.80	-0.50
160	115.49	24.14	34.07	-3.86	-18.86	-0.34
161	121.30	23.92	28.04	-3.84	-18.89	-0.22
162	125.96	23.81	21.88	-3.82	-18.91	-0.15
163	129.44	23.75	15.65	-3.81	-18.92	-0.09
164	131.75	23.71	9.40	-3.80	-18.92	-0.05
165	132.90	23.70	3.14	-3.80	-18.92	-0.02
166	132.90	23.70	-3.14	-3.80	-18.92	0.02
167	131.75	23.71	-9.40	-3.80	-18.92	0.05
168	129.44	23.75	-15.65	-3.81	-18.92	0.09
169	125.96	23.81	-21.88	-3.82	-18.91	0.15
170	121.30	23.92	-28.04	-3.84	-18.89	0.22
171	115.49	24.14	-34.07	-3.86	-18.86	0.34
172	108.61	24.52	-39.83	-3.89	-18.80	0.50
173	100.88	25.13	-45.07	-3.91	-18.69	0.73
174	92.72	26.07	-49.41	-3.92	-18.45	1.04
175	84.83	27.40	-52.26	-3.87	-17.97	1.43
176	78.08	29.01	-52.79	-3.67	-17.06	1.88
177	73.47	30.62	-50.01	-3.19	-15.38	2.35
178	68.99	31.02	-43.06	-2.00	-12.40	2.62
179	39.00	26.18	-40.50	0.48	-6.80	2.46
180	149.64	-671.74	-204.74	6.33	-3.87	4.17
181	217.18	-103.03	68.27	18.72	-3.34	0.05
182	125.02	10.64	64.03	4.62	-7.47	-9.35



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

183	113.86	22.01	57.13	0.65	-11.19	-5.39
184	103.76	19.67	52.87	-0.94	-13.67	-3.71
185	104.37	19.90	48.99	-1.52	-14.82	-2.51
186	110.88	19.83	44.79	-1.77	-15.34	-1.66
187	120.27	19.70	40.36	-1.86	-15.53	-1.08
188	130.58	19.56	35.81	-1.88	-15.57	-0.69
189	140.59	19.47	31.20	-1.86	-15.55	-0.44
190	149.62	19.42	26.53	-1.82	-15.52	-0.28
191	157.32	19.41	21.80	-1.78	-15.49	-0.18
192	163.53	19.42	17.01	-1.75	-15.47	-0.11
193	168.19	19.43	12.19	-1.73	-15.46	-0.07
194	171.30	19.44	7.33	-1.71	-15.45	-0.04
195	172.85	19.44	2.44	-1.70	-15.44	-0.01
196	172.85	19.44	-2.44	-1.70	-15.44	0.01
197	171.30	19.44	-7.33	-1.71	-15.45	0.04
198	168.19	19.43	-12.19	-1.73	-15.46	0.07
199	163.53	19.42	-17.01	-1.75	-15.47	0.11
200	157.32	19.41	-21.80	-1.78	-15.49	0.18
201	149.62	19.42	-26.53	-1.82	-15.52	0.28
202	140.59	19.47	-31.20	-1.86	-15.55	0.44
203	130.58	19.56	-35.81	-1.88	-15.57	0.69
204	120.27	19.70	-40.36	-1.86	-15.53	1.08
205	110.88	19.83	-44.79	-1.77	-15.34	1.66
206	104.37	19.90	-48.99	-1.52	-14.82	2.51
207	103.76	19.67	-52.87	-0.94	-13.67	3.71
208	113.86	22.01	-57.13	0.65	-11.19	5.39
209	125.02	10.64	-64.03	4.62	-7.47	9.35
210	217.18	-103.03	-68.27	18.72	-3.34	-0.05
211	-6.14	-62.33	1.42	1.65	-0.49	-3.74
212	42.55	16.13	49.73	9.11	0.35	-6.44
213	65.67	18.74	53.54	5.66	1.91	-6.25
214	79.21	23.41	49.07	4.05	2.17	-4.24
215	90.21	23.94	42.02	3.16	2.25	-2.73
216	101.42	24.03	35.79	2.62	2.39	-1.71
217	112.77	23.74	30.62	2.30	2.54	-1.05
218	123.66	23.43	26.28	2.12	2.67	-0.64
219	133.65	23.24	22.46	2.03	2.78	-0.38
220	142.46	23.17	18.91	1.99	2.86	-0.23
221	149.92	23.18	15.47	1.98	2.91	-0.14
222	155.96	23.22	12.06	1.99	2.95	-0.08
223	160.50	23.26	8.64	2.00	2.98	-0.05
224	163.54	23.29	5.19	2.00	2.99	-0.02
225	165.06	23.31	1.73	2.01	3.00	-0.01
226	165.06	23.31	-1.73	2.01	3.00	0.01
227	163.54	23.29	-5.19	2.00	2.99	0.02
228	160.50	23.26	-8.64	2.00	2.98	0.05
229	155.96	23.22	-12.06	1.99	2.95	0.08
230	149.92	23.18	-15.47	1.98	2.91	0.14
231	142.46	23.17	-18.91	1.99	2.86	0.23
232	133.65	23.24	-22.46	2.03	2.78	0.38



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

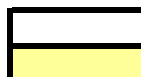
233	123.66	23.43	-26.28	2.12	2.67	0.64
234	112.77	23.74	-30.62	2.30	2.54	1.05
235	101.42	24.03	-35.79	2.62	2.39	1.71
236	90.21	23.94	-42.02	3.16	2.25	2.73
237	79.21	23.41	-49.07	4.05	2.17	4.24
238	65.67	18.74	-53.54	5.66	1.91	6.25
239	42.55	16.13	-49.73	9.11	0.35	6.44
240	-6.14	-62.33	-1.42	1.65	-0.49	3.74
241	-2.09	-86.33	-0.76	2.27	1.30	-3.91
242	7.50	-10.42	17.68	7.88	5.31	-4.72
243	33.69	21.80	33.25	8.79	8.90	-4.43
244	56.38	28.40	32.98	7.66	11.42	-3.26
245	75.68	29.58	28.38	6.56	12.93	-2.10
246	92.05	28.60	23.39	5.74	13.84	-1.29
247	106.10	27.37	19.37	5.18	14.40	-0.77
248	118.22	26.45	16.23	4.84	14.75	-0.46
249	128.66	25.94	13.65	4.65	14.96	-0.27
250	137.56	25.73	11.38	4.55	15.09	-0.16
251	144.98	25.69	9.27	4.50	15.18	-0.10
252	150.93	25.73	7.21	4.48	15.23	-0.06
253	155.40	25.79	5.16	4.48	15.26	-0.03
254	158.39	25.84	3.10	4.48	15.28	-0.02
255	159.89	25.87	1.03	4.48	15.29	-0.01
256	159.89	25.87	-1.03	4.48	15.29	0.01
257	158.39	25.84	-3.10	4.48	15.28	0.02
258	155.40	25.79	-5.16	4.48	15.26	0.03
259	150.93	25.73	-7.21	4.48	15.23	0.06
260	144.98	25.69	-9.27	4.50	15.18	0.10
261	137.56	25.73	-11.38	4.55	15.09	0.16
262	128.66	25.94	-13.65	4.65	14.96	0.27
263	118.22	26.45	-16.23	4.84	14.75	0.46
264	106.10	27.37	-19.37	5.18	14.40	0.77
265	92.05	28.60	-23.39	5.74	13.84	1.29
266	75.68	29.58	-28.38	6.56	12.93	2.10
267	56.38	28.40	-32.98	7.66	11.42	3.26
268	33.69	21.80	-33.25	8.79	8.90	4.43
269	7.50	-10.42	-17.68	7.88	5.31	4.72
270	-2.09	-86.33	0.76	2.27	1.30	3.91
271	-0.98	-88.85	0.03	1.61	2.31	-1.53
272	4.29	-23.75	4.35	8.25	7.69	-1.62
273	19.75	16.16	10.11	10.06	12.22	-1.56
274	43.90	31.29	11.63	9.50	15.70	-1.21
275	67.04	33.30	9.98	8.35	18.02	-0.79
276	86.43	31.56	8.15	7.36	19.43	-0.48
277	102.22	29.54	6.65	6.66	20.26	-0.29
278	115.21	28.14	5.50	6.23	20.75	-0.17
279	126.04	27.36	4.59	5.97	21.03	-0.10
280	135.06	27.03	3.81	5.83	21.20	-0.06
281	142.49	26.95	3.09	5.76	21.31	-0.03
282	148.41	26.98	2.40	5.73	21.37	-0.02



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

283	152.85	27.05	1.72	5.72	21.41	-0.01
284	155.83	27.11	1.03	5.72	21.43	-0.01
285	157.31	27.14	0.34	5.72	21.44	-0.00
286	157.31	27.14	-0.34	5.72	21.44	0.00
287	155.83	27.11	-1.03	5.72	21.43	0.01
288	152.85	27.05	-1.72	5.72	21.41	0.01
289	148.41	26.98	-2.40	5.73	21.37	0.02
290	142.49	26.95	-3.09	5.76	21.31	0.03
291	135.06	27.03	-3.81	5.83	21.20	0.06
292	126.04	27.36	-4.59	5.97	21.03	0.10
293	115.21	28.14	-5.50	6.23	20.75	0.17
294	102.22	29.54	-6.65	6.66	20.26	0.29
295	86.43	31.56	-8.15	7.36	19.43	0.48
296	67.04	33.30	-9.98	8.35	18.02	0.79
297	43.90	31.29	-11.63	9.50	15.70	1.21
298	19.75	16.16	-10.11	10.06	12.22	1.56
299	4.29	-23.75	-4.35	8.25	7.69	1.62
300	-0.98	-88.85	-0.03	1.61	2.31	1.53

Armaduras em concreto convencional
e protendido



NEL		TX (tf/m)	TY (tf/m)	ASX (cm2/m)	ASY (cm2/m)	FC (tf/m2)
1	(T)	0	0	0.0	0.0	-195
	(B)	12	14	3.8	4.4	
2	(T)	0	0	0.0	0.0	-310
	(B)	12	15	3.8	4.8	
3	(T)	0	0	0.0	0.0	-615
	(B)	0	12	0.0	3.8	
4	(T)	0	0	0.0	0.0	-915
	(B)	0	7	0.0	2.3	
5	(T)	0	0	0.0	0.0	-1095
	(B)	0	8	0.0	2.5	
6	(T)	0	0	0.0	0.0	-1366
	(B)	0	9	0.0	2.8	
7	(T)	0	0	0.0	0.0	-1716
	(B)	0	6	0.0	2.0	
8	(T)	0	0	0.0	0.0	-1937
	(B)	0	5	0.0	1.6	
9	(T)	0	0	0.0	0.0	-2079
	(B)	0	4	0.0	1.3	
10	(T)	0	0	0.0	0.0	-2123
	(B)	0	5	0.0	1.8	
11	(T)	0	0	0.0	0.0	-2234
	(B)	0	6	0.0	1.8	
12	(T)	0	0	0.0	0.0	-2413
	(B)	0	4	0.0	1.2	
13	(T)	0	0	0.0	0.0	-2499
	(B)	0	3	0.0	1.1	
14	(T)	0	0	0.0	0.0	-2521
	(B)	0	4	0.0	1.1	



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

15	(T)	0	0	0.0	0.0	-2450
	(B)	0	5	0.0	1.7	
16	(T)	0	0	0.0	0.0	-2450
	(B)	0	5	0.0	1.7	
17	(T)	0	0	0.0	0.0	-2521
	(B)	0	4	0.0	1.1	
18	(T)	0	0	0.0	0.0	-2499
	(B)	0	3	0.0	1.1	
19	(T)	0	0	0.0	0.0	-2413
	(B)	0	4	0.0	1.2	
20	(T)	0	0	0.0	0.0	-2234
	(B)	0	6	0.0	1.8	
21	(T)	0	0	0.0	0.0	-2123
	(B)	0	5	0.0	1.8	
22	(T)	0	0	0.0	0.0	-2079
	(B)	0	4	0.0	1.3	
23	(T)	0	0	0.0	0.0	-1937
	(B)	0	5	0.0	1.6	
24	(T)	0	0	0.0	0.0	-1716
	(B)	0	6	0.0	2.0	
25	(T)	0	0	0.0	0.0	-1366
	(B)	0	9	0.0	2.8	
26	(T)	0	0	0.0	0.0	-1095
	(B)	0	8	0.0	2.5	
27	(T)	0	0	0.0	0.0	-915
	(B)	0	7	0.0	2.3	
28	(T)	0	0	0.0	0.0	-615
	(B)	0	12	0.0	3.8	
29	(T)	0	0	0.0	0.0	-310
	(B)	12	15	3.8	4.8	
30	(T)	0	0	0.0	0.0	-195
	(B)	12	14	3.8	4.4	
31	(T)	0	0	0.0	0.0	-284
	(B)	12	17	4.0	5.4	
32	(T)	0	0	0.0	0.0	-523
	(B)	20	29	6.5	9.4	
33	(T)	0	6	0.0	2.1	-618
	(B)	11	41	3.4	13.2	
34	(T)	0	8	0.0	2.6	-639
	(B)	0	38	0.0	12.1	
35	(T)	0	3	0.0	1.0	-670
	(B)	0	30	0.0	9.7	
36	(T)	0	0	0.0	0.0	-1048
	(B)	0	25	0.0	8.2	
37	(T)	0	0	0.0	0.0	-1218
	(B)	0	20	0.0	6.4	
38	(T)	0	0	0.0	0.0	-1364
	(B)	0	15	0.0	4.9	
39	(T)	0	0	0.0	0.0	-1465
	(B)	0	13	0.0	4.2	
40	(T)	0	0	0.0	0.0	-1537
	(B)	0	12	0.0	4.0	



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

41	(T)	0	0	0.0	0.0	-1618
	(B)	0	12	0.0	3.8	
42	(T)	0	0	0.0	0.0	-1708
	(B)	0	10	0.0	3.3	
43	(T)	0	0	0.0	0.0	-1771
	(B)	0	9	0.0	3.0	
44	(T)	0	0	0.0	0.0	-1788
	(B)	0	9	0.0	3.1	
45	(T)	0	0	0.0	0.0	-1778
	(B)	0	10	0.0	3.3	
46	(T)	0	0	0.0	0.0	-1778
	(B)	0	10	0.0	3.3	
47	(T)	0	0	0.0	0.0	-1788
	(B)	0	9	0.0	3.1	
48	(T)	0	0	0.0	0.0	-1771
	(B)	0	9	0.0	3.0	
49	(T)	0	0	0.0	0.0	-1708
	(B)	0	10	0.0	3.3	
50	(T)	0	0	0.0	0.0	-1618
	(B)	0	12	0.0	3.8	
51	(T)	0	0	0.0	0.0	-1537
	(B)	0	12	0.0	4.0	
52	(T)	0	0	0.0	0.0	-1465
	(B)	0	13	0.0	4.2	
53	(T)	0	0	0.0	0.0	-1364
	(B)	0	15	0.0	4.9	
54	(T)	0	0	0.0	0.0	-1218
	(B)	0	20	0.0	6.4	
55	(T)	0	0	0.0	0.0	-1048
	(B)	0	25	0.0	8.2	
56	(T)	0	3	0.0	1.0	-670
	(B)	0	30	0.0	9.7	
57	(T)	0	8	0.0	2.6	-639
	(B)	0	38	0.0	12.1	
58	(T)	0	6	0.0	2.1	-618
	(B)	11	41	3.4	13.2	
59	(T)	0	0	0.0	0.0	-523
	(B)	20	29	6.5	9.4	
60	(T)	0	0	0.0	0.0	-284
	(B)	12	17	4.0	5.4	
61	(T)	0	0	0.0	0.0	-554
	(B)	15	0	4.9	0.0	
62	(T)	12	0	4.0	0.0	-777
	(B)	33	34	10.8	10.8	
63	(T)	9	21	3.0	6.8	-864
	(B)	26	56	8.2	17.9	
64	(T)	0	30	0.0	9.7	-791
	(B)	10	62	3.2	20.0	
65	(T)	0	23	0.0	7.3	-680
	(B)	0	56	0.0	18.1	
66	(T)	0	14	0.0	4.6	-622
	(B)	0	43	0.0	13.9	



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

67	(T)	0	8	0.0	2.6	-593
	(B)	0	33	0.0	10.8	
68	(T)	0	4	0.0	1.4	-583
	(B)	0	26	0.0	8.3	
69	(T)	0	1	0.0	0.4	-595
	(B)	0	20	0.0	6.6	
70	(T)	0	0	0.0	0.0	-930
	(B)	0	17	0.0	5.6	
71	(T)	0	0	0.0	0.0	-980
	(B)	0	15	0.0	4.9	
72	(T)	0	0	0.0	0.0	-1027
	(B)	0	13	0.0	4.3	
73	(T)	0	0	0.0	0.0	-1062
	(B)	0	12	0.0	3.8	
74	(T)	0	0	0.0	0.0	-1077
	(B)	0	11	0.0	3.7	
75	(T)	0	0	0.0	0.0	-1080
	(B)	0	11	0.0	3.7	
76	(T)	0	0	0.0	0.0	-1080
	(B)	0	11	0.0	3.7	
77	(T)	0	0	0.0	0.0	-1077
	(B)	0	11	0.0	3.7	
78	(T)	0	0	0.0	0.0	-1062
	(B)	0	12	0.0	3.8	
79	(T)	0	0	0.0	0.0	-1027
	(B)	0	13	0.0	4.3	
80	(T)	0	0	0.0	0.0	-980
	(B)	0	15	0.0	4.9	
81	(T)	0	0	0.0	0.0	-930
	(B)	0	17	0.0	5.6	
82	(T)	0	1	0.0	0.4	-595
	(B)	0	20	0.0	6.6	
83	(T)	0	4	0.0	1.4	-583
	(B)	0	26	0.0	8.3	
84	(T)	0	8	0.0	2.6	-593
	(B)	0	33	0.0	10.8	
85	(T)	0	14	0.0	4.6	-622
	(B)	0	43	0.0	13.9	
86	(T)	0	23	0.0	7.3	-680
	(B)	0	56	0.0	18.1	
87	(T)	0	30	0.0	9.7	-791
	(B)	10	62	3.2	20.0	
88	(T)	9	21	3.0	6.8	-864
	(B)	26	56	8.2	17.9	
89	(T)	12	0	4.0	0.0	-777
	(B)	33	34	10.8	10.8	
90	(T)	0	0	0.0	0.0	-554
	(B)	15	0	4.9	0.0	
91	(T)	0	0	0.0	0.0	-910
	(B)	1	0	0.3	0.0	
92	(T)	33	3	10.5	1.1	-1018
	(B)	46	31	14.8	10.0	



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

93	(T)	17	37	5.6	11.9	-979
	(B)	29	61	9.3	19.7	
94	(T)	14	44	4.6	14.2	-772
	(B)	19	63	6.1	20.2	
95	(T)	16	42	5.0	13.5	-663
	(B)	15	55	4.8	17.7	
96	(T)	15	39	4.9	12.5	-597
	(B)	12	47	3.9	15.3	
97	(T)	12	36	3.9	11.5	-537
	(B)	9	41	2.9	13.1	
98	(T)	8	32	2.6	10.4	-477
	(B)	5	35	1.7	11.2	
99	(T)	4	29	1.1	9.4	-416
	(B)	1	30	0.3	9.6	
100	(T)	0	24	0.0	7.9	-353
	(B)	0	22	0.0	7.2	
101	(T)	0	18	0.0	5.7	-308
	(B)	0	16	0.0	5.2	
102	(T)	0	13	0.0	4.2	-276
	(B)	0	11	0.0	3.7	
103	(T)	0	10	0.0	3.2	-253
	(B)	0	8	0.0	2.6	
104	(T)	0	8	0.0	2.6	-239
	(B)	0	6	0.0	2.0	
105	(T)	0	7	0.0	2.2	-234
	(B)	0	5	0.0	1.7	
106	(T)	0	7	0.0	2.2	-234
	(B)	0	5	0.0	1.7	
107	(T)	0	8	0.0	2.6	-239
	(B)	0	6	0.0	2.0	
108	(T)	0	10	0.0	3.2	-253
	(B)	0	8	0.0	2.6	
109	(T)	0	13	0.0	4.2	-276
	(B)	0	11	0.0	3.7	
110	(T)	0	18	0.0	5.7	-308
	(B)	0	16	0.0	5.2	
111	(T)	0	24	0.0	7.9	-353
	(B)	0	22	0.0	7.2	
112	(T)	4	29	1.1	9.4	-416
	(B)	1	30	0.3	9.6	
113	(T)	8	32	2.6	10.4	-477
	(B)	5	35	1.7	11.2	
114	(T)	12	36	3.9	11.5	-537
	(B)	9	41	2.9	13.1	
115	(T)	15	39	4.9	12.5	-597
	(B)	12	47	3.9	15.3	
116	(T)	16	42	5.0	13.5	-663
	(B)	15	55	4.8	17.7	
117	(T)	14	44	4.6	14.2	-772
	(B)	19	63	6.1	20.2	
118	(T)	17	37	5.6	11.9	-979
	(B)	29	61	9.3	19.7	



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

119	(T)	33	3	10.5	1.1	-1018
	(B)	46	31	14.8	10.0	
120	(T)	0	0	0.0	0.0	-910
	(B)	1	0	0.3	0.0	
121	(T)	12	0	3.9	0.0	-1565
	(B)	9	0	3.0	0.0	
122	(T)	24	33	7.8	10.8	-1280
	(B)	34	30	11.0	9.5	
123	(T)	23	57	7.5	18.4	-742
	(B)	23	46	7.4	14.9	
124	(T)	36	59	11.6	19.1	-633
	(B)	27	37	8.6	11.8	
125	(T)	44	61	14.2	19.7	-611
	(B)	31	30	9.9	9.5	
126	(T)	48	61	15.4	19.6	-582
	(B)	33	24	10.7	7.8	
127	(T)	48	59	15.5	19.1	-539
	(B)	34	19	11.1	6.2	
128	(T)	47	57	15.2	18.2	-485
	(B)	34	15	11.1	4.8	
129	(T)	45	53	14.5	17.2	-424
	(B)	33	11	10.7	3.5	
130	(T)	42	50	13.7	16.1	-359
	(B)	32	7	10.2	2.3	
131	(T)	40	46	12.8	15.0	-293
	(B)	30	3	9.5	1.1	
132	(T)	37	43	11.8	13.8	-227
	(B)	27	0	8.6	0.0	
133	(T)	33	40	10.8	12.7	-170
	(B)	22	0	6.9	0.0	
134	(T)	30	36	9.7	11.6	-135
	(B)	18	0	5.8	0.0	
135	(T)	27	32	8.6	10.4	-118
	(B)	16	0	5.2	0.0	
136	(T)	27	32	8.6	10.4	-118
	(B)	16	0	5.2	0.0	
137	(T)	30	36	9.7	11.6	-135
	(B)	18	0	5.8	0.0	
138	(T)	33	40	10.8	12.7	-170
	(B)	22	0	6.9	0.0	
139	(T)	37	43	11.8	13.8	-227
	(B)	27	0	8.6	0.0	
140	(T)	40	46	12.8	15.0	-293
	(B)	30	3	9.5	1.1	
141	(T)	42	50	13.7	16.1	-359
	(B)	32	7	10.2	2.3	
142	(T)	45	53	14.5	17.2	-424
	(B)	33	11	10.7	3.5	
143	(T)	47	57	15.2	18.2	-485
	(B)	34	15	11.1	4.8	
144	(T)	48	59	15.5	19.1	-539
	(B)	34	19	11.1	6.2	
145	(T)	48	61	15.4	19.6	-582
	(B)	33	24	10.7	7.8	



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

146	(T)	44	61	14.2	19.7	-611
	(B)	31	30	9.9	9.5	
147	(T)	36	59	11.6	19.1	-633
	(B)	27	37	8.6	11.8	
148	(T)	23	57	7.5	18.4	-742
	(B)	23	46	7.4	14.9	
149	(T)	24	33	7.8	10.8	-1280
	(B)	34	30	11.0	9.5	
150	(T)	12	0	3.9	0.0	-1565
	(B)	9	0	3.0	0.0	
151	(T)	96	0	15.5	0.0	-3382
	(B)	117	0	18.9	0.0	
152	(T)	46	61	7.4	9.9	-506
	(B)	34	5	5.4	0.8	
153	(T)	70	83	11.3	13.3	-538
	(B)	37	0	5.9	0.0	
154	(T)	79	94	12.7	15.2	-587
	(B)	37	0	6.0	0.0	
155	(T)	82	98	13.3	15.9	-586
	(B)	39	0	6.3	0.0	
156	(T)	85	99	13.6	15.9	-556
	(B)	42	0	6.8	0.0	
157	(T)	86	97	13.9	15.6	-508
	(B)	45	0	7.3	0.0	
158	(T)	87	94	14.0	15.2	-489
	(B)	48	0	7.7	0.0	
159	(T)	88	91	14.1	14.6	-478
	(B)	50	0	8.1	0.0	
160	(T)	88	87	14.1	14.1	-465
	(B)	52	0	8.3	0.0	
161	(T)	87	84	14.0	13.5	-451
	(B)	53	0	8.5	0.0	
162	(T)	86	81	13.8	13.0	-438
	(B)	54	0	8.7	0.0	
163	(T)	84	78	13.6	12.5	-428
	(B)	54	0	8.8	0.0	
164	(T)	82	74	13.2	12.0	-421
	(B)	55	0	8.8	0.0	
165	(T)	80	71	12.8	11.4	-417
	(B)	55	0	8.8	0.0	
166	(T)	80	71	12.8	11.4	-417
	(B)	55	0	8.8	0.0	
167	(T)	82	74	13.2	12.0	-421
	(B)	55	0	8.8	0.0	
168	(T)	84	78	13.6	12.5	-428
	(B)	54	0	8.8	0.0	
169	(T)	86	81	13.8	13.0	-438
	(B)	54	0	8.7	0.0	
170	(T)	87	84	14.0	13.5	-451
	(B)	53	0	8.5	0.0	
171	(T)	88	87	14.1	14.1	-465
	(B)	52	0	8.3	0.0	
172	(T)	88	91	14.1	14.6	-478
	(B)	50	0	8.1	0.0	



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

173	(T)	87	94	14.0	15.2	-489
	(B)	48	0	7.7	0.0	
174	(T)	86	97	13.9	15.6	-508
	(B)	45	0	7.3	0.0	
175	(T)	85	99	13.6	15.9	-556
	(B)	42	0	6.8	0.0	
176	(T)	82	98	13.3	15.9	-586
	(B)	39	0	6.3	0.0	
177	(T)	79	94	12.7	15.2	-587
	(B)	37	0	6.0	0.0	
178	(T)	70	83	11.3	13.3	-538
	(B)	37	0	5.9	0.0	
179	(T)	46	61	7.4	9.9	-506
	(B)	34	5	5.4	0.8	
180	(T)	96	0	15.5	0.0	-3382
	(B)	117	0	18.9	0.0	
181	(T)	80	0	12.8	0.0	-736
	(B)	185	0	29.7	0.0	
182	(T)	109	88	17.5	14.2	-1103
	(B)	77	0	12.4	0.0	
183	(T)	100	90	16.1	14.5	-820
	(B)	65	0	10.5	0.0	
184	(T)	92	89	14.9	14.3	-688
	(B)	56	0	9.1	0.0	
185	(T)	89	87	14.3	14.0	-586
	(B)	56	0	9.0	0.0	
186	(T)	88	84	14.2	13.5	-501
	(B)	58	0	9.4	0.0	
187	(T)	89	81	14.4	13.0	-428
	(B)	62	0	10.0	0.0	
188	(T)	91	77	14.7	12.4	-403
	(B)	66	0	10.7	0.0	
189	(T)	93	74	15.0	11.9	-392
	(B)	70	0	11.3	0.0	
190	(T)	94	71	15.2	11.4	-379
	(B)	73	0	11.8	0.0	
191	(T)	96	68	15.4	11.0	-367
	(B)	76	0	12.3	0.0	
192	(T)	96	66	15.4	10.6	-357
	(B)	78	0	12.6	0.0	
193	(T)	96	63	15.4	10.1	-349
	(B)	80	0	12.8	0.0	
194	(T)	95	60	15.2	9.7	-343
	(B)	81	0	13.0	0.0	
195	(T)	93	58	14.9	9.3	-340
	(B)	81	0	13.1	0.0	
196	(T)	93	58	14.9	9.3	-340
	(B)	81	0	13.1	0.0	
197	(T)	95	60	15.2	9.7	-343
	(B)	81	0	13.0	0.0	
198	(T)	96	63	15.4	10.1	-349
	(B)	80	0	12.8	0.0	
199	(T)	96	66	15.4	10.6	-357
	(B)	78	0	12.6	0.0	



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

200	(T)	96	68	15.4	11.0	-367
	(B)	76	0	12.3	0.0	
201	(T)	94	71	15.2	11.4	-379
	(B)	73	0	11.8	0.0	
202	(T)	93	74	15.0	11.9	-392
	(B)	70	0	11.3	0.0	
203	(T)	91	77	14.7	12.4	-403
	(B)	66	0	10.7	0.0	
204	(T)	89	81	14.4	13.0	-428
	(B)	62	0	10.0	0.0	
205	(T)	88	84	14.2	13.5	-501
	(B)	58	0	9.4	0.0	
206	(T)	89	87	14.3	14.0	-586
	(B)	56	0	9.0	0.0	
207	(T)	92	89	14.9	14.3	-688
	(B)	56	0	9.1	0.0	
208	(T)	100	90	16.1	14.5	-820
	(B)	65	0	10.5	0.0	
209	(T)	109	88	17.5	14.2	-1103
	(B)	77	0	12.4	0.0	
210	(T)	80	0	12.8	0.0	-736
	(B)	185	0	29.7	0.0	
211	(T)	0	0	0.0	0.0	-330
	(B)	5	0	1.7	0.0	
212	(T)	38	51	12.2	16.6	-811
	(B)	54	14	17.5	4.6	
213	(T)	61	49	19.8	15.9	-835
	(B)	58	23	18.6	7.4	
214	(T)	65	43	20.8	13.7	-683
	(B)	64	30	20.5	9.6	
215	(T)	65	34	20.9	11.1	-535
	(B)	67	32	21.7	10.1	
216	(T)	66	28	21.2	9.0	-421
	(B)	71	32	23.0	10.3	
217	(T)	68	23	21.9	7.3	-338
	(B)	75	32	24.3	10.2	
218	(T)	70	19	22.7	6.0	-275
	(B)	79	31	25.6	10.0	
219	(T)	73	16	23.5	5.0	-226
	(B)	83	30	26.7	9.7	
220	(T)	75	13	24.3	4.2	-185
	(B)	86	29	27.7	9.3	
221	(T)	77	11	24.8	3.5	-149
	(B)	88	28	28.4	8.9	
222	(T)	78	9	25.2	2.9	-114
	(B)	90	26	28.9	8.5	
223	(T)	79	7	25.3	2.3	-82
	(B)	90	25	29.1	8.0	
224	(T)	78	5	25.2	1.7	-48
	(B)	90	23	29.1	7.5	
225	(T)	77	3	24.9	1.1	-16
	(B)	89	22	28.8	7.0	



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

226	(T)	77	3	24.9	1.1	-16
	(B)	89	22	28.8	7.0	
227	(T)	78	5	25.2	1.7	-48
	(B)	90	23	29.1	7.5	
228	(T)	79	7	25.3	2.3	-82
	(B)	90	25	29.1	8.0	
229	(T)	78	9	25.2	2.9	-114
	(B)	90	26	28.9	8.5	
230	(T)	77	11	24.8	3.5	-149
	(B)	88	28	28.4	8.9	
231	(T)	75	13	24.3	4.2	-185
	(B)	86	29	27.7	9.3	
232	(T)	73	16	23.5	5.0	-226
	(B)	83	30	26.7	9.7	
233	(T)	70	19	22.7	6.0	-275
	(B)	79	31	25.6	10.0	
234	(T)	68	23	21.9	7.3	-338
	(B)	75	32	24.3	10.2	
235	(T)	66	28	21.2	9.0	-421
	(B)	71	32	23.0	10.3	
236	(T)	65	34	20.9	11.1	-535
	(B)	67	32	21.7	10.1	
237	(T)	65	43	20.8	13.7	-683
	(B)	64	30	20.5	9.6	
238	(T)	61	49	19.8	15.9	-835
	(B)	58	23	18.6	7.4	
239	(T)	38	51	12.2	16.6	-811
	(B)	54	14	17.5	4.6	
240	(T)	0	0	0.0	0.0	-330
	(B)	5	0	1.7	0.0	
241	(T)	0	0	0.0	0.0	-444
	(B)	10	0	3.1	0.0	
242	(T)	3	2	1.0	0.6	-423
	(B)	33	16	10.7	5.3	
243	(T)	20	14	6.5	4.5	-549
	(B)	47	41	15.0	13.2	
244	(T)	31	6	10.1	1.9	-482
	(B)	58	56	18.7	17.9	
245	(T)	35	0	11.3	0.0	-381
	(B)	66	62	21.1	19.9	
246	(T)	37	0	12.0	0.0	-333
	(B)	71	64	22.9	20.7	
247	(T)	42	0	13.6	0.0	-318
	(B)	76	65	24.5	20.9	
248	(T)	47	0	15.2	0.0	-315
	(B)	81	65	25.9	20.9	
249	(T)	52	0	16.7	0.0	-313
	(B)	84	64	27.2	20.8	
250	(T)	56	0	18.1	0.0	-312
	(B)	88	64	28.3	20.6	
251	(T)	60	0	19.2	0.0	-311
	(B)	91	63	29.1	20.4	
252	(T)	62	0	20.1	0.0	-309
	(B)	93	63	29.8	20.2	



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

253	(T)	64	0	20.7	0.0	-308
	(B)	94	62	30.2	19.9	
254	(T)	66	0	21.1	0.0	-307
	(B)	94	61	30.4	19.6	
255	(T)	66	0	21.4	0.0	-306
	(B)	94	60	30.3	19.3	
256	(T)	66	0	21.4	0.0	-306
	(B)	94	60	30.3	19.3	
257	(T)	66	0	21.1	0.0	-307
	(B)	94	61	30.4	19.6	
258	(T)	64	0	20.7	0.0	-308
	(B)	94	62	30.2	19.9	
259	(T)	62	0	20.1	0.0	-309
	(B)	93	63	29.8	20.2	
260	(T)	60	0	19.2	0.0	-311
	(B)	91	63	29.1	20.4	
261	(T)	56	0	18.1	0.0	-312
	(B)	88	64	28.3	20.6	
262	(T)	52	0	16.7	0.0	-313
	(B)	84	64	27.2	20.8	
263	(T)	47	0	15.2	0.0	-315
	(B)	81	65	25.9	20.9	
264	(T)	42	0	13.6	0.0	-318
	(B)	76	65	24.5	20.9	
265	(T)	37	0	12.0	0.0	-333
	(B)	71	64	22.9	20.7	
266	(T)	35	0	11.3	0.0	-381
	(B)	66	62	21.1	19.9	
267	(T)	31	6	10.1	1.9	-482
	(B)	58	56	18.7	17.9	
268	(T)	20	14	6.5	4.5	-549
	(B)	47	41	15.0	13.2	
269	(T)	3	2	1.0	0.6	-423
	(B)	33	16	10.7	5.3	
270	(T)	0	0	0.0	0.0	-444
	(B)	10	0	3.1	0.0	
271	(T)	0	0	0.0	0.0	-475
	(B)	5	0	1.6	0.0	
272	(T)	0	0	0.0	0.0	-482
	(B)	30	14	9.7	4.6	
273	(T)	0	0	0.0	0.0	-420
	(B)	41	46	13.1	14.7	
274	(T)	0	0	0.0	0.0	-309
	(B)	53	66	17.1	21.1	
275	(T)	10	0	3.1	0.0	-361
	(B)	61	74	19.8	23.8	
276	(T)	22	0	6.9	0.0	-401
	(B)	68	77	22.0	24.9	
277	(T)	31	0	10.1	0.0	-431
	(B)	74	79	23.8	25.4	
278	(T)	39	0	12.5	0.0	-449
	(B)	79	79	25.4	25.6	
279	(T)	45	0	14.5	0.0	-460
	(B)	83	80	26.8	25.6	
280	(T)	50	0	16.1	0.0	-465



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

	(B)	87	80	28.0	25.7	
281	(T)	54	0	17.3	0.0	-469
	(B)	90	80	29.0	25.7	
282	(T)	57	0	18.3	0.0	-470
	(B)	93	80	29.9	25.6	
283	(T)	59	0	19.0	0.0	-471
	(B)	95	79	30.5	25.6	
284	(T)	61	0	19.5	0.0	-471
	(B)	96	79	30.8	25.5	
285	(T)	61	0	19.7	0.0	-471
	(B)	96	79	31.0	25.4	
286	(T)	61	0	19.7	0.0	-471
	(B)	96	79	31.0	25.4	
287	(T)	61	0	19.5	0.0	-471
	(B)	96	79	30.8	25.5	
288	(T)	59	0	19.0	0.0	-471
	(B)	95	79	30.5	25.6	
289	(T)	57	0	18.3	0.0	-470
	(B)	93	80	29.9	25.6	
290	(T)	54	0	17.3	0.0	-469
	(B)	90	80	29.0	25.7	
291	(T)	50	0	16.1	0.0	-465
	(B)	87	80	28.0	25.7	
292	(T)	45	0	14.5	0.0	-460
	(B)	83	80	26.8	25.6	
293	(T)	39	0	12.5	0.0	-449
	(B)	79	79	25.4	25.6	
294	(T)	31	0	10.1	0.0	-431
	(B)	74	79	23.8	25.4	
295	(T)	22	0	6.9	0.0	-401
	(B)	68	77	22.0	24.9	
296	(T)	10	0	3.1	0.0	-361
	(B)	61	74	19.8	23.8	
297	(T)	0	0	0.0	0.0	-309
	(B)	53	66	17.1	21.1	
298	(T)	0	0	0.0	0.0	-420
	(B)	41	46	13.1	14.7	
299	(T)	0	0	0.0	0.0	-482
	(B)	30	14	9.7	4.6	
300	(T)	0	0	0.0	0.0	-475
	(B)	5	0	1.6	0.0	

Taxas(médias) de armaduras adotadas:

Concreto Armado(CA-50A)

100 kg /m3

Concreto Protendido(CP-190)

40 kg/m3



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

4 . PONTES

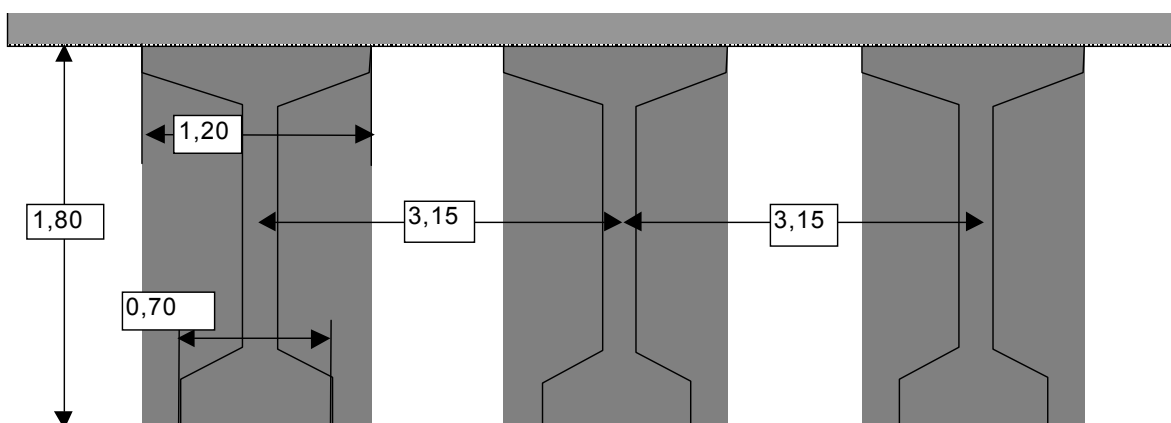
4.1 Ponte Tipo 1A(TB36)

L = 35 m

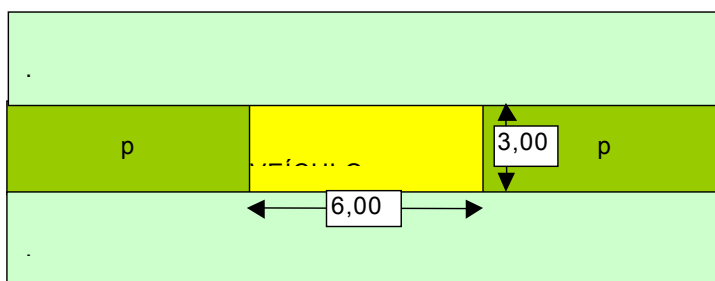
Características:

3 Vigas Protendidas com a seguinte geometria:

Tabuleiro: espessura 20 cm



Trem-

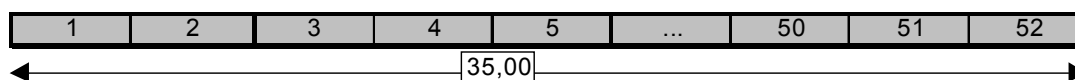


Veículo: Peso total: 36 tf (6x

$p = 500 \text{ kg/m}^2$

$p' = 300 \text{ kg/m}^2$

Geometria das





Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

Principais Resultados Apresentados:

Esforços nas Vigas Protendidas:

ELEM	LOAD	N (tf)	DIST. (m)	Q tf	M tf m	Mt tf m
1	1	.00	.0	85.30	.47	1.04
			.7	83.81	56.20	
2	1	.00	.0	83.08	57.31	2.12
			.7	81.60	111.58	
3	1	.00	.0	79.96	112.65	2.63
			.7	78.48	164.86	
4	1	.00	.0	76.69	165.88	3.01
			.7	75.21	215.94	
5	1	.00	.0	73.47	216.92	3.31
			.7	71.99	264.86	
6	1	.00	.0	70.31	265.80	3.52
			.7	68.83	311.65	
7	1	.00	.0	67.20	312.55	3.66
			.7	65.72	356.35	
8	1	.00	.0	64.12	357.21	3.72
			.7	62.64	398.98	
9	1	.00	.0	61.06	399.80	3.73
			.7	59.58	439.56	
10	1	.00	.0	58.02	440.33	3.69
			.7	56.54	478.08	
11	1	.00	.0	54.99	478.82	3.59
			.7	53.51	514.57	



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

12						
	1	.00				3.46
			.0	51.97	515.27	
			.7	50.49	549.03	
13						
	1	.00				3.28
			.0	48.96	549.69	
			.7	47.48	581.47	
14						
	1	.00				3.06
			.0	45.96	582.09	
			.7	44.47	611.89	
15						
	1	.00				2.80
			.0	42.96	612.46	
			.7	41.48	640.29	
16						
	1	.00				2.51
			.0	39.97	640.83	
			.7	38.49	666.68	
17						
	1	.00				2.19
			.0	36.99	667.18	
			.7	35.50	691.07	
18						
	1	.00				1.84
			.0	34.01	691.53	
			.7	32.52	713.45	
19						
	1	.00				1.45
			.0	31.03	713.87	
			.7	29.55	733.84	
20						
	1	.00				1.03
			.0	28.07	734.22	
			.7	26.59	752.23	
21						
	1	.00				.57
			.0	25.13	752.57	
			.7	23.65	768.65	
22						
	1	.00				.07
			.0	22.26	768.95	
			.7	20.78	783.13	
23						
	1	.00				.47
			.0	19.60	783.38	
			.8	17.91	797.45	
24						
	1	.00				.74
			.0	15.64	797.66	
			.8	13.95	808.75	



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

25						
	1	.00				.38
			.0	9.12	808.88	
			.8	7.44	815.09	
26						
	1	.00				.22
			.0	4.10	815.16	
			.7	2.42	817.60	
27						
	1	.00				.22
			.0	2.42	817.60	
			.8	4.10	815.16	
28						
	1	.00				.38
			.0	7.44	815.09	
			.8	9.12	808.88	
29						
	1	.00				.74
			.0	13.95	808.75	
			.8	15.64	797.66	
30						
	1	.00				.47
			.0	17.91	797.45	
			.8	19.60	783.38	
31						
	1	.00				.07
			.0	20.78	783.13	
			.7	22.26	768.95	
32						
	1	.00				.57
			.0	23.65	768.65	
			.7	25.13	752.57	
33						
	1	.00				1.03
			.0	26.59	752.23	
			.7	28.07	734.22	
34						
	1	.00				1.45
			.0	29.55	733.84	
			.7	31.03	713.87	
35						
	1	.00				1.84
			.0	32.52	713.45	
			.7	34.01	691.53	
36						
	1	.00				2.19
			.0	35.50	691.07	
			.7	36.99	667.18	
37						
	1	.00				2.51
			.0	38.49	666.68	
			.7	39.97	640.83	



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

38						
	1	.00				2.80
			.0	41.48	640.29	
			.7	42.96	612.46	
39						
	1	.00				3.06
			.0	44.47	611.89	
			.7	45.96	582.09	
40						
	1	.00				3.28
			.0	47.48	581.47	
			.7	48.96	549.69	
41						
	1	.00				3.46
			.0	50.49	549.03	
			.7	51.97	515.27	
42						
	1	.00				3.59
			.0	53.51	514.57	
			.7	54.99	478.82	
43						
	1	.00				3.69
			.0	56.54	478.08	
			.7	58.02	440.33	
44						
	1	.00				3.73
			.0	59.58	439.56	
			.7	61.06	399.80	
45						
	1	.00				3.72
			.0	62.64	398.98	
			.7	64.12	357.21	
46						
	1	.00				3.66
			.0	65.72	356.35	
			.7	67.20	312.55	
47						
	1	.00				3.52
			.0	68.83	311.65	
			.7	70.31	265.80	
48						
	1	.00				3.31
			.0	71.99	264.86	
			.7	73.47	216.92	
49						
	1	.00				3.01
			.0	75.21	215.94	
			.7	76.69	165.88	



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

50						
	1	.00				2.63
			.0	78.48	164.86	
			.7	79.96	112.65	
51						
	1	.00				2.12
			.0	81.60	111.58	
			.7	83.08	57.31	
52						
	1	.00				1.04
			.0	83.81	56.20	
			.7	85.30	.47	

Taxas (médias) de armaduras adotadas:

Concreto Armado (CA-50 A) 100 kg/m³

Concreto Protendido (CP-190) 25 kg/m³

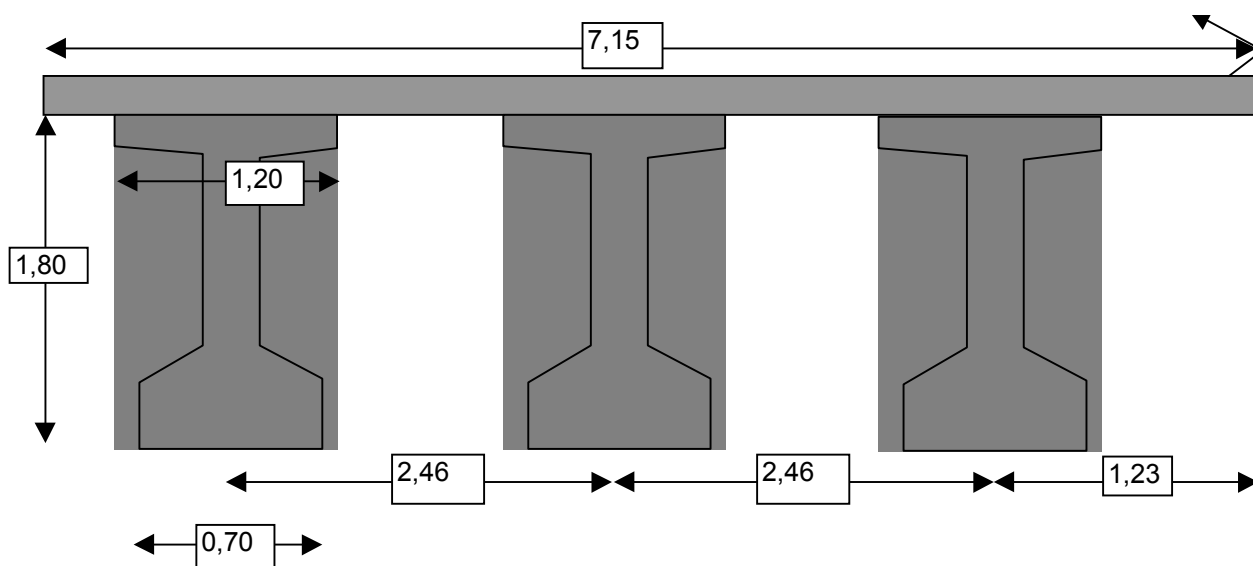
4.2 Ponte Tipo 1 A (TB45)

L = 35 m

Características:

5 Vigas Protendidas com a seguinte geometria:

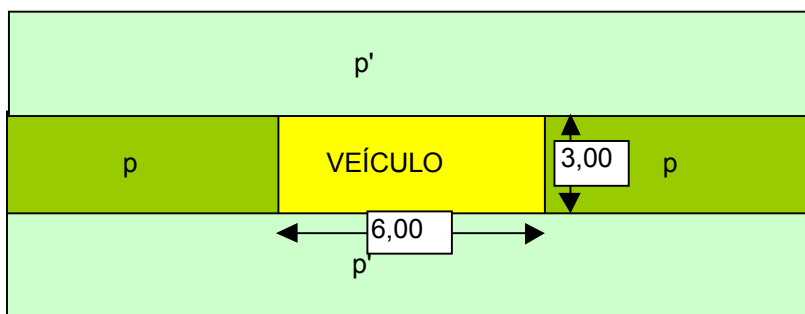
Tabuleiro: espessura 20 cm





Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

Trem-Tipo:

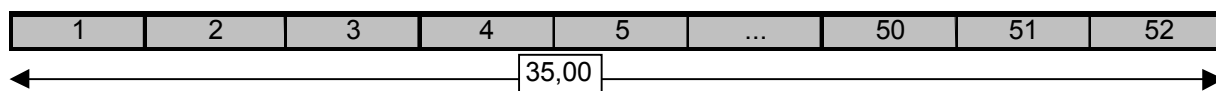


Veículo: Peso total: 45 tf (6x 7,5 tf)

$p = 500 \text{ kg/m}^2$

$p' = 300 \text{ kg/m}^2$

Geometria das Vigas:



Principais Resultados Apresentados:

Esforços nas Vigas Protendidas:

ELEM	LOAD	N (tf)	DIST. (m)	Q tf	M tf m	Mt tf m
1	1	.00	.0	80.86	.37	1.58
			.7	79.37	53.17	
2	1	.00	.0	78.71	54.07	3.00
			.7	77.23	105.46	
3	1	.00	.0	75.64	106.32	3.56
			.7	74.16	155.68	
4	1	.00	.0	72.53	156.50	3.96
			.7	71.04	203.82	
5	1	.00	.0	69.52	204.61	4.24
			.7	68.04	249.94	



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

6						
	1	.00				4.43
			.0	66.60	250.70	
			.7	65.12	294.10	
7						
	1	.00				4.54
			.0	63.73	294.83	
			.7	62.25	336.34	
8						
	1	.00				4.57
			.0	60.90	337.03	
			.7	59.41	376.68	
9						
	1	.00				4.54
			.0	58.09	377.34	
			.7	56.61	415.14	
10						
	1	.00				4.45
			.0	55.32	415.77	
			.7	53.83	451.74	
11						
	1	.00				4.31
			.0	52.56	452.34	
			.7	51.08	486.49	
12						
	1	.00				4.11
			.0	49.82	487.06	
			.7	48.34	519.40	
13						
	1	.00				3.88
			.0	47.10	519.94	
			.7	45.62	550.49	
14						
	1	.00				3.60
			.0	44.39	551.00	
			.7	42.91	579.77	
15						
	1	.00				3.28
			.0	41.69	580.24	
			.7	40.21	607.24	
16						
	1	.00				2.93
			.0	39.01	607.68	
			.7	37.53	632.90	
17						
	1	.00				2.54
			.0	36.33	633.32	
			.7	34.85	656.78	
18						
	1	.00				2.11
			.0	33.66	657.16	
			.7	32.18	678.86	



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

19						
	1	.00				1.65
			.0	31.00	679.21	
			.7	29.52	699.16	
20						
	1	.00				1.16
			.0	28.35	699.48	
			.7	26.87	717.68	
21						
	1	.00				.62
			.0	25.73	717.98	
			.7	24.24	734.44	
22						
	1	.00				.04
			.0	23.17	734.71	
			.7	21.69	749.49	
23						
	1	.00				.60
			.0	20.86	749.71	
			.8	19.18	764.72	
24						
	1	.00				.92
			.0	17.11	764.92	
			.8	15.42	777.12	
25						
	1	.00				.42
			.0	9.55	777.23	
			.8	7.86	783.76	
26						
	1	.00				.28
			.0	4.59	783.82	
			.7	2.91	786.64	
27						
	1	.00				.28
			.0	2.91	786.64	
			.8	4.59	783.82	
28						
	1	.00				.42
			.0	7.86	783.76	
			.8	9.55	777.23	
29						
	1	.00				.92
			.0	15.42	777.12	
			.8	17.11	764.92	
30						
	1	.00				.60
			.0	19.18	764.72	
			.8	20.86	749.71	
31						
	1	.00				.04
			.0	21.69	749.49	
			.7	23.17	734.71	



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

32						
	1	.00				.62
			.0	24.24	734.44	
			.7	25.73	717.98	
33						
	1	.00				1.16
			.0	26.87	717.68	
			.7	28.35	699.48	
34						
	1	.00				1.65
			.0	29.52	699.16	
			.7	31.00	679.21	
35						
	1	.00				2.11
			.0	32.18	678.86	
			.7	33.66	657.16	
36						
	1	.00				2.54
			.0	34.85	656.78	
			.7	36.33	633.32	
37						
	1	.00				2.93
			.0	37.53	632.90	
			.7	39.01	607.68	
38						
	1	.00				3.28
			.0	40.21	607.24	
			.7	41.69	580.24	
39						
	1	.00				3.60
			.0	42.91	579.77	
			.7	44.39	551.00	
40						
	1	.00				3.88
			.0	45.62	550.49	
			.7	47.10	519.94	
41						
	1	.00				4.11
			.0	48.34	519.40	
			.7	49.82	487.06	
42						
	1	.00				4.31
			.0	51.08	486.49	
			.7	52.56	452.34	
43						
	1	.00				4.45
			.0	53.83	451.74	
			.7	55.32	415.77	
44						
	1	.00				4.54
			.0	56.61	415.14	
			.7	58.09	377.34	



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

45						
	1	.00				4.57
			.0	59.41	376.68	
			.7	60.90	337.03	
46						
	1	.00				4.54
			.0	62.25	336.34	
			.7	63.73	294.83	
47						
	1	.00				4.43
			.0	65.12	294.10	
			.7	66.60	250.70	
48						
	1	.00				4.24
			.0	68.04	249.94	
			.7	69.52	204.61	
49						
	1	.00				3.96
			.0	71.04	203.82	
			.7	72.53	156.50	
50						
	1	.00				3.56
			.0	74.16	155.68	
			.7	75.64	106.32	
51						
	1	.00				3.00
			.0	77.23	105.46	
			.7	78.71	54.07	
52						
	1	.00				1.58
			.0	79.37	53.17	
			.7	80.86	.37	

Taxas (médias) de armaduras adotadas:

Concreto Armado (CA-50 A) 100 kg/m³

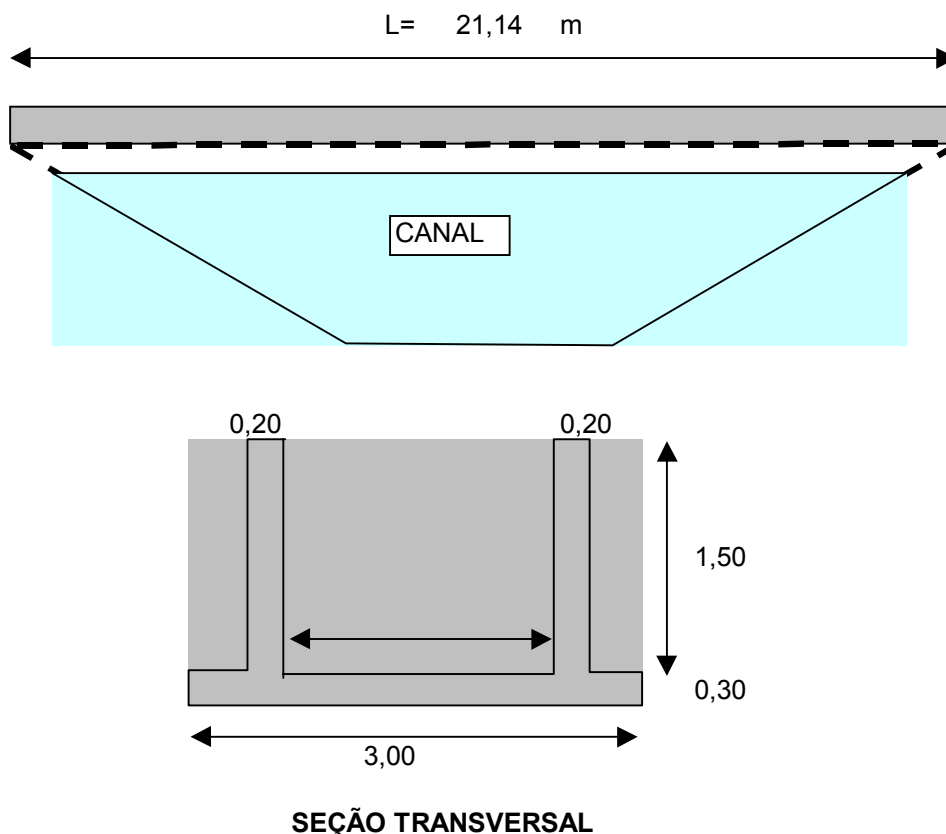
Concreto Protendido (CP-190) 25 kg/m³



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

5 . PASSARELAS

5.1 Geometria



5.2 Carregamentos

$$pp = 2,5 \times (1,5 \times 0,3 \times 0,20 \times 1,5) = 1,88 \text{ tf/m}$$

$$so = 0,5 \times 1,0 = 0,50 \text{ tf/m}$$

$$p = pp + so = 2,38 \text{ tf/m}$$

5.2.1 Dimensionamento

$$M = 13.267,232 \text{ tfcm/m}$$

$$\text{Concreto } f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$K_6 = 0,35$$

$$S_f = k_6 M/d$$

$$S_f = 26,53 \text{ cm}^2/\text{viga (gf 20 mm)}$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

PARTE 3 – ELÉTRICA

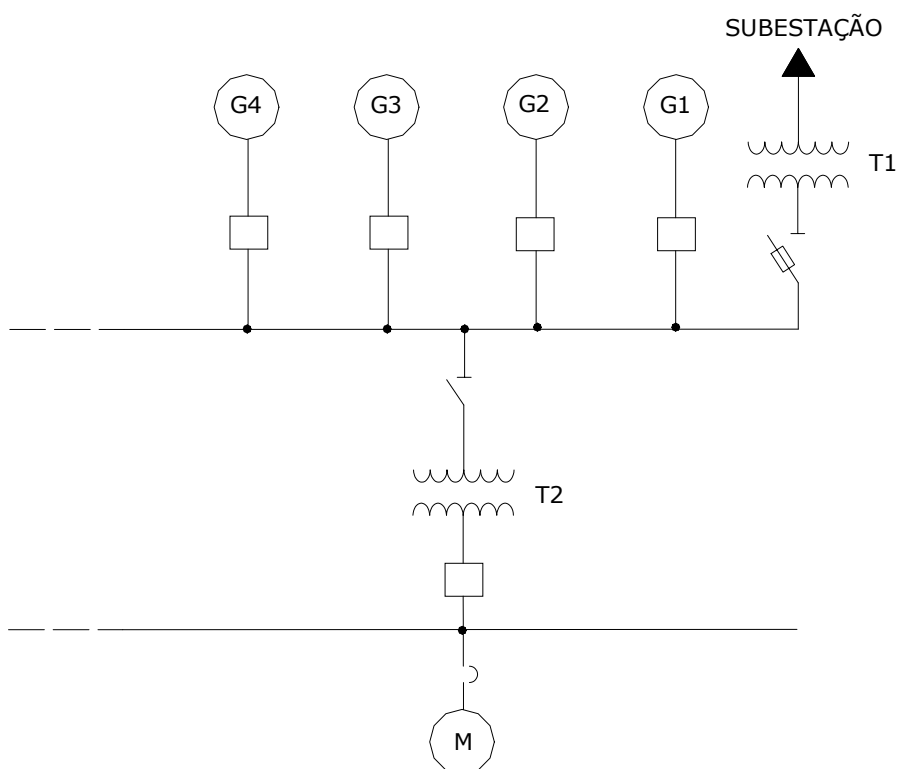
1 . CURTO CIRCUÍTO

1.1 Objetivo

Esta seção abrange um roteiro de cálculo para avaliação da corrente máxima de curto circuito para efeito de pré dimensionamento dos principais componentes das subestações e usinas hidrelétricas do Trecho III – Eixo Norte.

1.2 Diagrama Básico das Usinas

1.2.1 Diagrama Básico com 4 Unidades



1.3 Características Técnicas

1.3.1 Características Técnicas de Base

FUNÇÃO	S_{BASE}	V_{BASE}	X_{BASE}	I_{BASE}
UHE SALGADO I	250 kVA	6,9 kV	190,44 Ω	20,91 A
UHE SALGADO II	250 kVA	6,9 kV	190,44 Ω	20,91 A



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

1.3.2 Características Técnicas dos Equipamentos

USINA HIDRELÉTRICA SALGADO I				
	UNIDADE 01	UNIDADE 02	UNIDADE 03	UNIDADE 04
POTÊNCIA NOMINAL	3,33 MVA	6,67 MVA	10,00 MVA	10,00 MVA
TENSÃO	6,9 kV	6,9 kV	6,9 kV	6,9 kV
IMPEDÂNCIA	15%	15%	15%	15%

Transformador Principal "T1" - 30,0 MVA

Transformador Auxiliar "T2" - 250 kVA

Considerando que 70% da carga do transformador de serviços auxiliares sejam motores simultaneamente em operação temos:

Motores - 175 kVA

USINA HIDRELÉTRICA SALGADO II				
	UNIDADE 01	UNIDADE 02	UNIDADE 03	UNIDADE 04
POTÊNCIA NOMINAL	3,33 MVA	6,11 MVA	9,44 MVA	9,44 MVA
TENSÃO	6,9 kV	6,9 kV	6,9 kV	6,9 kV
IMPEDÂNCIA	15%	15%	15%	15%

Transformador Principal "T1" - 29,0 MVA

Transformador Auxiliar "T2" - 250 kVA

Considerando que 70% da carga do transformador de serviços auxiliares sejam motores simultaneamente em operação temos:

Motores - 175 kVA

1.3.3 Impedância dos Equipamentos na Base

FUNÇÃO	UHE SALGADO I	UHE SALGADO II
X''_{G1} (pu)	0,0112613	0,0112613
X''_{G2} (pu)	0,0056222	0,0061375
X''_{G3} (pu)	0,00375	0,0039725
X''_{G4} (pu)	0,00375	0,0039725
X''_{T1} (pu)	0,0008333	0,0008621
X''_{T2} (pu)	0,07	0,07
X''_M (pu)	0,351429	0,351429

1.4 Níveis de Curto Circuito

Os níveis de curto circuito a serem determinados, compreendem os seguintes equipamentos:

BARRA I – Derivação dos barramentos principais dos geradores, cubículos e cabos de 6,9 kV;

BARRA II – Quadros de baixa tensão e barramentos de 380 V.

OBSERVAÇÃO

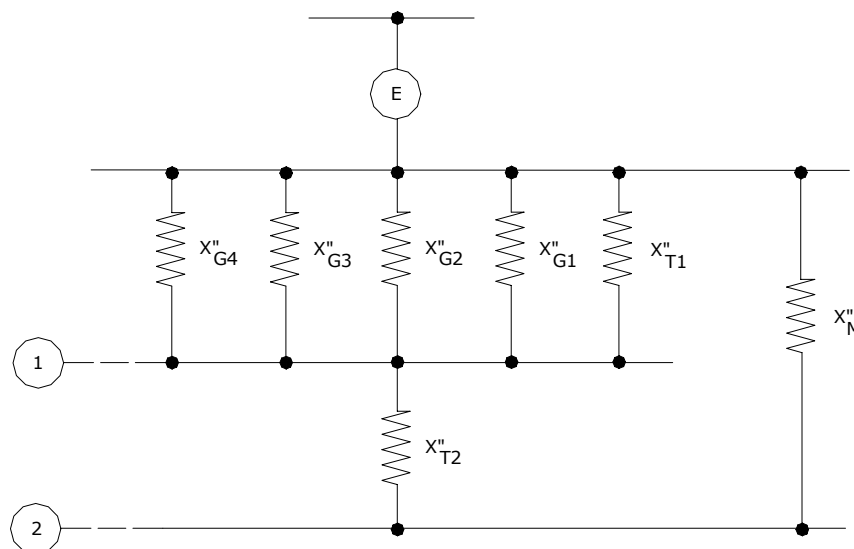


Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

Este memorial não leva em consideração as impedâncias de cabos, barramentos ou conexões entre quadros ou quadros e equipamentos, apresentado portanto valores conservativos.

1.5 Diagrama de Impedâncias

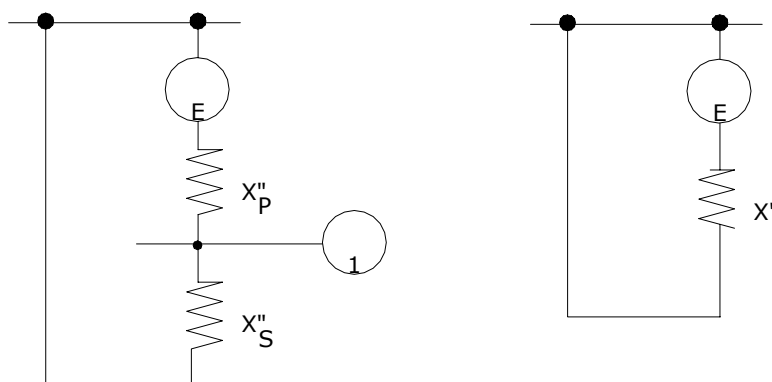
1.5.1 Diagrama de Impedâncias com 4 Unidades



1.6 Cálculo de Curto Circuito

1.6.1 Cálculo do Curto Circuito na Barra I

FUNÇÃO	UHE SALGADO I	UHE SALGADO II
X''_P (pu)	0,0005	0,0005221
X''_S (pu)	0,4271429	0,4271429
X'' (pu)	0,0004994	0,0005215
I_{CC1pu} (pu)	2002,3411	1917,5411
I_{CC1} (A)	41885,94	40112,06
P_{CC1} (MVA)	500,58	479,38





Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

1.6.2 Cálculo do Curto Circuito na Barra II

FUNÇÃO	UHE SALGADO I	UHE SALGADO II
X''_{s1} (pu)	0,0705	0,0705221
X''_1 (pu)	0,0588776	0,058893
I_{CC2pu} (pu)	16,984397	16,979944
I_{CC2} (A)	6451,28	6449,59
P_{CC2} (MVA)	4,25	4,25

1.7 Características dos Equipamentos quanto ao Curto Circuito

1.7.1 Considerações

As correntes de curto circuito simétrico estimadas não deveriam a rigor serem utilizadas para efeito de estimativa de todos os equipamentos, pois considera a contribuição do lado do gerador e do motor, sendo que a corrente que passa efetivamente pelos equipamentos é devido a somente um dos componentes. Esta condição somente é válida para os disjuntores de baixa tensão em 380 Vca. Porém fase ao caráter preliminar, e por ser conservativo, os valores apresentados serão considerados.

Os disjuntores de 6,9 kV devem ter capacidade mínima de:

FUNÇÃO	UHE SALGADO I	UHE SALGADO II
I_{CC1}	42 kA	41 kA
P_{CC1}	500 MVA	479 MVA

Os dispositivos de baixa tensão 380 Vca devem Ter capacidade mínima de:

FUNÇÃO	UHE SALGADO I	UHE SALGADO II
I_{CC2}	7 kA	7 kA
P_{CC2}	5 MVA	5 MVA



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CURTO CIRCUITO UHE SALGADO I			
	POTÊNCIA	TENSÃO	IMPEDÂNCIA
UNIDADE 4(MVA)	3,33	6,9	15%
UNIDADE 3(MVA)	6,67	6,9	15%
UNIDADE 2(MVA)	10,00	6,9	15%
UNIDADE 1(MVA)	10,00	6,9	15%
TRAFO AUX T2 (kVA)	250	0,38	7%
TRAFO PRIN T1 (MVA)	30		10%
MOTORES (kVA)	175		25%
$S_{base} = P_{T2}$ (kVA)	0,25		
$V_{base} = V_G$ (kV)	6,9		
$X_{base} = V^2 / S_B$ (Ω)	190,44		
$I_{base} = S_B / (\sqrt{3} * V_B)$ (A)	20,918488		
$X'' G4 = X_{G4} * S_b / P_{G4}$	0,0112613		
$X'' G3 = X_{G3} * S_b / P_{G3}$	0,0056222		
$X'' G2 = X_{G2} * S_b / P_{G2}$	0,00375		
$X'' G1 = X_{G1} * S_b / P_{G1}$	0,00375		
$X'' T1 = X_{T1} * S_b / P_{T1}$	0,0008333		
$X'' T2 = X_{T2}$	0,07		
$X'' M = X_M * S_b / P_M$	0,3571429		
CÁLCULO DO CURTO CIRCUITO EM 1			
$X''p = 1 / (1/X''G4 + 1/X''G3 + 1/G''2 + 1/G''1 + 1/X''T1)$	$X''p =$	0,0005 pu	
$X''s = X''T2 + X''M$	$X''s =$	0,4271429 pu	
		0,0004994 pu	
Corrente de Curto Circuito			
$I_{cc1} = 1 / X''$	I_{cc1pu}	2002,3411 pu	
$I_{cc1} = I_{cc1pu} * I_B$	I_{cc1}	41885,949 A	
$P_{cc1} = \sqrt{3} * V * I_{cc1}$	P_{cc1}	500,58528 MVA	
CÁLCULO DO CURTO CIRCUITO EM 2			
$X''s1 = X''p + X''T2$	$X''s1 =$	0,0705 pu	
$X''1 = 1 / (1/X''s1 + 1/X''M)$	$X''1 =$	0,0588776 pu	
Corrente de Curto Circuito			
$I_{cc2} = 1 / X''1$	I_{cc2pu}	16,984397 pu	
$I_{cc2} = V_B / V_S * I_B * I_{cc2pu}$	I_{cc2}	6451,2804 A	
$P_{cc2} = \sqrt{3} * V_S * I_{cc2}$	P_{cc2}	4,2460993 MVA	



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CURTO CIRCUITO UHE SALGADO II			
	POTÊNCIA	TENSÃO	IMPEDÂNCIA
UNIDADE 4(MVA)	3,33	6,9	15%
UNIDADE 3(MVA)	6,11	6,9	15%
UNIDADE 2(MVA)	9,44	6,9	15%
UNIDADE 1(MVA)	9,44	6,9	15%
TRAFO AUX T2 (kVA)	250	0,38	7%
TRAFO PRIN T1 (MVA)	29		10%
MOTORES (kVA)	175		25%
$S_{base} = P_{T2}$ (kVA)	0,25		
$V_{base} = V_G$ (kV)	6,9		
$X_{base} = V^2 / S_B$ (Ω)	190,44		
$I_{base} = S_B / (\sqrt{3} * V_B)$ (A)	20,918488		
$X'' G4 = X_{G4} * S_b / P_{G4}$	0,0112613		
$X'' G3 = X_{G3} * S_b / P_{G3}$	0,0061375		
$X'' G2 = X_{G2} * S_b / P_{G2}$	0,0039725		
$X'' G1 = X_{G1} * S_b / P_{G1}$	0,0039725		
$X'' T1 = X_{T1} * S_b / P_{T1}$	0,0008621		
$X'' T2 = X_{T2}$	0,07		
$X'' M = X_M * S_b / P_M$	0,3571429		
CÁLCULO DO CURTO CIRCUITO EM 1			
$X''_p = 1 / (1/X''G4 + 1/X''G3 + 1/G''2 + 1/G''1 + 1/X''T1)$	$X''_p =$	0,0005221 pu	
$X''_s = X''T2 + X''M$	$X''_s =$	0,4271429 pu	
		0,0005215 pu	
Corrente de Curto Circuito			
$I_{cc1} = 1 / X''_p$	I_{cc1pu}	1917,5411 pu	
$I_{cc1} = I_{cc1pu} * I_B$	I_{cc1}	40112,061 A	
$P_{cc1} = \sqrt{3} * V_B * I_{cc1}$	P_{cc1}	479,38528 MVA	
CÁLCULO DO CURTO CIRCUITO EM 2			
$X''_{s1} = X''_p + X''T2$	$X''_{s1} =$	0,0705221 pu	
$X''_1 = 1 / (1/X''_{s1} + 1/X''M)$	$X''_1 =$	0,058893 pu	
Corrente de Curto Circuito			
$I_{cc2} = 1 / X''_1$	I_{cc2pu}	16,979944 pu	
$I_{cc2} = V_B / V_S * I_B * I_{cc2pu}$	I_{cc2}	6449,5891 A	
$P_{cc2} = \sqrt{3} * V_S * I_{cc2}$	P_{cc2}	4,2449861 MVA	



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

2 . BATERIA E CARREGADORES

USINAS SC-junho/03	Cargas do sistema de 125 Vcc																	120 Volt																
	Q	w	Wtot.	A	1	2	3	4	5	10	15	20	30	60	90	175	179	180'																
Quadros de Proteção unidades	4	100	400																															
Quadros de Comando e Controle Unid	4	200	800																															
Quadros de Proteção Subestação	2	100	200																															
Quadros de Comando e Controle SE	1	200	200																															
Quadros de Telecomunicações	2	200	400																															
Quadros Geral de Média Tensão	6	40	240																															
Quadros Regulador de Velocidade	4	200	800																															
Quadros de Excitação	4	200	800																															
Quadros regulador de Tensão	4	200	800																															
QDCA	1	400	400																															
QDSE	1	100	100																															
Subtotal			5140	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8																
UAC do SCSD durante 1 hora	5	300	1500	12,5	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0																				
Ilumin. Emerg. - 9 W - rend. 80%	40	10,8	432	3,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7																
				0,0																														
				0,0																														
Disjuntor 6,9	2	300	600	5,0	2,5																													
Disj. 380 V	2	300	600	5,0	5,0																													
Disj. 1 entrada 380	6	180	1080	9,0	9,0																													
Disjunt. 1 entrada QSE	3	180	480	4,0	4,0																													
				0,0																														
				0,0																														
Disj. 52TGE(só fechamento)	1	72	72	0,6														0,6																
Excit. Inicial gerad. Emergência	1			5,0														5,0																
Soma das correntes (A)					71,0	55,5	55,5	55,5	55,5	55,5	55,5	55,5	55,5	55,5	45,5	45,5	45,5	51,1																
Corrente ($I_n - I_{n-1}$) (1)					71,0	-15,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-10,0	0,0	0,0	5,6																
K da bateria adotada para [T] (2)					3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,80	3,80	3,80	3,70	3,50	3,00	2,50	1,25	1,05																
Produto (1) x (2) [A h]					277,0	-60,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-30,0	0,0	0,0	5,9																
Minuto considerado					1	2	3	4	5	10	15	20	30	60	90	175	179	180'																
Tempo até descarga [T], em minutos					180	179	178	177	176	175	170	165	160	150	120	90	5	1																

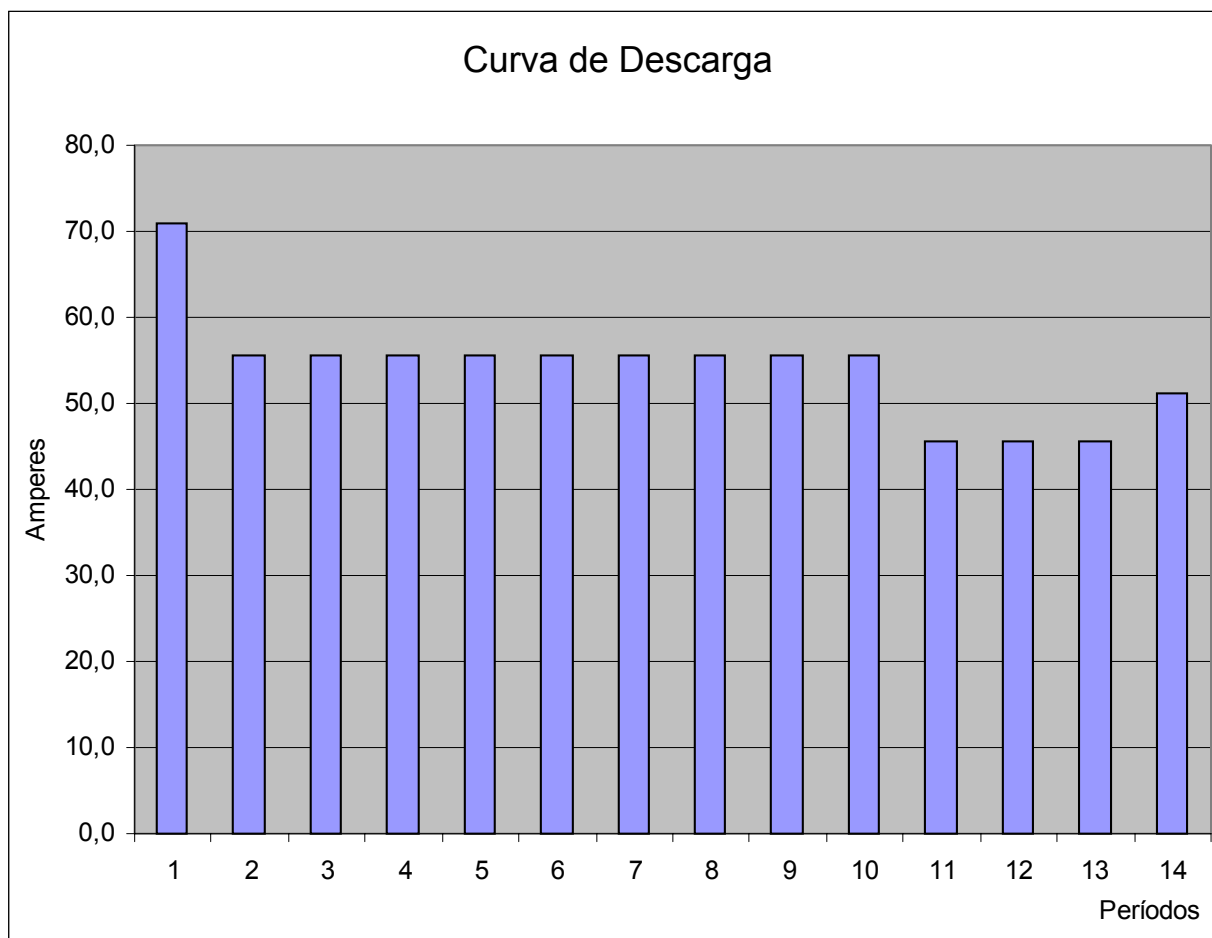
Capacidade recomendada da bateria para atender o ciclo de descarga com:

a) 100 % da capacidade nominal: 192,5 Ah

b) com 85% da Cn : 226,4 Ah



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico





3 . LINHA DE TRANSMISSÃO

3.1 Memoriais de Cálculo Eletromecânicos

3.1.1 Introdução

Este documento tem por objetivo apresentar as memórias de cálculo do projeto básico da linha de transmissão do trecho III, em 69 kV, entre a SE Caiçara e a UHE Salgado II.

O projeto foi desenvolvido com base nas potências a serem transmitidas para alimentação das estações de bombeamento e geração das usinas.

3.1.2 Carregamento Mecânico

3.1.2.1 Pressão de Vento

A pressão de vento é definida de acordo com a seguinte expressão:

$$q_0 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_p^2$$

Com

$$\rho = \left(\frac{1,293}{1 + 0,00367 \cdot t} \right) \times \left(\frac{16.000 + 64 \cdot t - ALT}{16.000 + 64 \cdot t + ALT} \right) \quad (\text{kg/m}^3)$$

onde:

ρ = densidade relativa do ar

t = temperatura coincidente = 20 °C

ALT = altitude média da região (m) = 320 m

Calculando, temos:

$$\rho = 1,160 \text{ kg/m}^3$$

A velocidade de vento de projeto é definida por:

$$V_p = K_r \cdot K_d \cdot \left(\frac{H}{10} \right)^{\frac{1}{n}} \cdot V_T$$

onde:

n = Coeficiente de correção de altura = 11 para t = 30s (período de integração para os cabos) e 12 para t = 2s (período de integração para estruturas e cadeias de isoladores)

K_r = Coeficiente de rugosidade = 1,0 para terreno tipo B

K_d = Coeficiente de integração = 1,21 por t = 30 s (período de integração para os cabos) e 1,41 para t = 2s (período de integração para estruturas e cadeias de isoladores)

H = Altura do condutor = 15 m para fase e 20 m para pára-raios

V_p = Velocidade de vento de projeto



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

V_T = Velocidade de vento para um período de retorno de T anos.

Para o modelo climático, conforme norma NBR 5422/85 a velocidade básica de vento é de 65,2 km/h para um período de retorno de 150 anos. Temos então:

$$V_b = 68,7 \text{ km/h (19,1 m/s)}$$

Para os cabos condutores

- $V_p = 86,24 \text{ km/h} = 23,95 \text{ m/s}$
- $q_0 = 33,9 \text{ daN/m}^2$

Para o cabo OPGW

- $V_p = 88,53 \text{ km/h} = 24,59 \text{ m/s}$
- $q_0 = 35,7 \text{ daN/m}^2$

Para a cadeia de isoladores

- $V_p = 100,19 \text{ km/h} = 27,83 \text{ m/s}$
- $q_0 = 45,8 \text{ daN/m}^2$

Para as estruturas

- $V_p = 96,80 \times (H/10)^{1/12} \text{ km/h} = 26,90 \times (H/10)^{1/12} \text{ m/s}$
- $q_0 = 42,78 \times H^{1/6} \text{ daN/m}^2$

OBS.: A pressão de vento deve ser calculada para a altura do centro de cada painel da estrutura.

3.1.2.2 Pressões de Vento Máximo

Para um fator de efetividade $k = 0,90$, temos as seguintes pressões de vento unitárias:

Para os cabos condutores

- $P_{vc} = 33,9 \text{ daN/m}^2 \times 18,29 \text{ mm} \times 0,90 = 0,558 \text{ daN/m}$

Para o cabo OPGW

- $P_{vt} = 35,7 \text{ daN/m}^2 \times 14,5 \text{ mm} \times 0,90 = 0,466 \text{ daN/m (OPGW)}$

3.1.2.3 Pressões de Vento Reduzido

Para a condição de vento reduzido ($T = 10$ anos), temos as seguintes pressões unitárias de vento:

Pressão de vento para balanço ($T = 10$ anos):

$$V_{10} = 50,7 \text{ km/h (14,1 m/s)}$$

$$q_{0(10)} = 0,5 \times 1,160 \times 14,1^2 = 11,7 \text{ daN/m}^2$$

Para os cabos condutores:

$$P_{Vc} = 11,7 \times 18,29 = 0,214 \text{ daN/m}$$

3.1.3 Estudo Mecânico de Cabos

3.1.3.1 Características Físicas dos Cabos

Cabo Condutor



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

TIPO	CAA
CÓDIGO	LINNET
BITOLA	336,4 MCM
DIÂMETRO (mm)	18,29
SEÇÃO TRANSVERSAL (mm ²)	198,17
PESO LINEAR (kg/m)	0,688
CARGA DE RUPTURA (daN)	6.200
MÓDULO DE ELASTICIDADE (daN/mm ²)	7.562
COEFICIENTE DE DILATAÇÃO LINEAR (10 ⁻⁶ /°C)	18,91

Cabo pára-raios

Os cabos pára-raios, em número de dois por torre, serão do tipo Aço Galvanizado 3/8" EHS e OPGW 14,5 mm.

TIPO	OPGW
CÓDIGO	-
BITOLA	-
DIÂMETRO (mm)	14,5
SEÇÃO TRANSVERSAL (mm ²)	110,00
PESO LINEAR (kg/m)	0,619
CARGA DE RUPTURA (daN)	9.142
MÓDULO DE ELASTICIDADE (daN/mm ²)	11.974
COEFICIENTE DE DILATAÇÃO LINEAR (10 ⁻⁶ /°C)	14,5

3.1.3.2 Pressões Resultantes do Vento

As pressões do vento indicadas abaixo foram obtidas do item 4 deste relatório.

Cabo condutor = 33,9 daN/m²

Cabo pára-raios= 35,7 daN/m²

3.1.3.3 Estados Básicos de Cálculo

Cabo condutor LINNET

- Tração máxima de 1.240 daN, correspondente a 20% da carga de ruptura conforme norma brasileira NBR 5422/85, à temperatura média de 23°C, sem vento, final com creep de 10 anos.
- Tração máxima de 50% da carga de ruptura do cabo conforme norma brasileira NBR 5422/85, à temperatura coincidente de 20°C, com vento máximo transversal, 33,9 daN/m², final com creep de 10 anos.
- Tração máxima de 50% da carga de ruptura do cabo conforme norma brasileira NBR 5422/85, à temperatura coincidente de 20°C, com vento máximo à 45° de 16,9 daN/m², final com creep de 10 anos.



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

- d) Tração máxima de 33% da carga de ruptura do cabo conforme norma brasileira NBR 5422/85, à temperatura mínima de 12°C, sem vento, inicial.
- e) Temperatura máxima de operação de 60°C.

Cabo pára-raios OPGW

- a) Tração cuja flecha seja correspondente a 90% da flecha do cabo condutor, na temperatura média de 23°C, sem vento, final com creep de 10 anos.
- b) Tração máxima de 50% da carga de ruptura do cabo conforme norma brasileira NBR 5422/85, à temperatura coincidente de 20°C, com vento máximo transversal, 35,7 daN/m², final com creep de 10 anos.
- c) Tração máxima de 50% da carga de ruptura do cabo conforme norma brasileira NBR 5422/85, à temperatura coincidente de 20°C, com vento máximo a 45° de 17,8 daN/m², final com creep de 10 anos.
- d) Tração máxima de 33% da carga de ruptura do cabo conforme norma brasileira NBR 5422/85, à temperatura mínima de 12°C, sem vento, final.
- e) Temperatura máxima de 40°C, sem vento, final.

3.1.3.4 Cálculo de Trações e Flechas

Cabo Condutor LINNET

CALCULO MECANICO DE CABOS

LT 69 KV TRANSPOSICAO DO RIO SAO FRANCISCO

CABO CAA 336,4 MCM LINNET

DADOS DO CABO CAA 336,4 MCM LINNET

DIAMETRO	.....	18.29	MM
PESO UNITARIO	.....	.6880	KGF/M
SECAO TRANSVERSAL	.....	198.17	MM2
CARGA DE RUPTURA	.....	6200.0	KGF
MODULO DE ELASTICIDADE	.....	7562.0	KGF/MM2
COEFICIENTE DE DILATACAO LINEAR	.....	.0000189	/C

CONDICAO DE CARGA	TEMP (C)	SOBRECARGA HORIZONTAL (KG/M)	SOBRECARGA VERTICAL (KG/M)	TRACAO LIMITE (KG)	ESTADO
A	24.0	.000	.000	1240.	FINAL
B	19.0	.620	.000	3100.	FINAL
C	19.0	.310	.000	3100.	FINAL
D	12.0	.000	.000	2046.	FINAL
E	60.0	.000	.000	1240.	FINAL



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

CALCULO MECANICO DE CABOS

LT 69 KV TRANSPOSICAO DO RIO SAO FRANCISCO

CABO CAA 336,4 MCM LINNET

TABELA DE TRACOES (KGF)

VAO (*)	COND	COND	COND	COND	COND	
(M)	A	B	C	D	E	
50.	A	1240.	1402.	1380.	1562.	485.
100.	A	1240.	1446.	1377.	1516.	675.
150.	A	1240.	1491.	1373.	1460.	807.
200.	A	1240.	1529.	1370.	1408.	902.
250.	A	1240.	1558.	1368.	1367.	972.
300.	A	1240.	1581.	1366.	1337.	1024.
350.	A	1240.	1598.	1365.	1316.	1064.
400.	A	1240.	1610.	1364.	1301.	1094.
450.	A	1240.	1620.	1363.	1289.	1118.
500.	A	1240.	1628.	1363.	1281.	1136.
550.	A	1240.	1634.	1362.	1274.	1151.
600.	A	1240.	1639.	1362.	1269.	1163.
650.	A	1240.	1643.	1362.	1265.	1173.
700.	A	1240.	1646.	1362.	1262.	1181.
750.	A	1240.	1649.	1361.	1259.	1188.
800.	A	1240.	1651.	1361.	1257.	1194.
850.	A	1240.	1653.	1361.	1255.	1198.
900.	A	1240.	1655.	1361.	1253.	1203.
950.	A	1240.	1656.	1361.	1252.	1206.
1000.	A	1240.	1657.	1361.	1251.	1209.

(*) = CONDICAO DE GOVERNO

CALCULO MECANICO DE CABOS

LT 69 KV TRANSPOSICAO DO RIO SAO FRANCISCO

CABO CAA 336,4 MCM LINNET

TABELA DE FLECHAS (M)



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

VAO (*)	COND	COND	COND	COND	COND	
	(M)	A	B	C	D	E
50.	A	.17	.21	.17	.14	.44
100.	A	.69	.80	.68	.57	1.27
150.	A	1.56	1.75	1.55	1.33	2.40
200.	A	2.78	3.03	2.75	2.44	3.81
250.	A	4.34	4.64	4.31	3.93	5.53
300.	A	6.25	6.60	6.22	5.79	7.56
350.	A	8.50	8.88	8.47	8.01	9.91
400.	A	11.11	11.51	11.08	10.59	12.59
450.	A	14.06	14.49	14.03	13.53	15.61
500.	A	17.37	17.81	17.33	16.81	18.96
550.	A	21.02	21.47	20.99	20.46	22.65
600.	A	25.03	25.49	24.99	24.45	26.69
650.	A	29.38	29.85	29.35	28.80	31.07
700.	A	34.09	34.57	34.05	33.51	35.80
750.	A	39.15	39.64	39.12	38.56	40.88
800.	A	44.57	45.06	44.53	43.98	46.32
850.	A	50.34	50.84	50.30	49.74	52.10
900.	A	56.47	56.97	56.43	55.87	58.24
950.	A	62.96	63.46	62.92	62.35	64.74
1000.	A	69.80	70.31	69.76	69.19	71.60

(*) = CONDICAO DE GOVERNO

CABO PÁRA-RAIOS OPGW

CALCULO MECANICO DE CABOS

LT 69 KV TRANSPOSICAO DO RIO SAO FRANCISCO

CABO OPGW 14,5 MM

DADOS DO CABO OPGW 14,5 MM

DIAMETRO	.....	14.50	MM
PESO UNITARIO	.....	.6190	KGF/M
SECAO TRANSVERSAL	.....	110.00	MM2
CARGA DE RUPTURA	.....	9142.0	KGF
MODULO DE ELASTICIDADE	.....	11974.0	KGF/MM2



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

COEFICIENTE DE DILATAÇÃO LINEAR0000145 /C

CONDICAO DE CARGA	TEMP (C)	SOBRECARGA HORIZONTAL (KG/M)	SOBRECARGA VERTICAL (KG/M)	TRACAO LIMITE (KG)	ESTADO
A	24.0	.000	.000	1239.	FINAL
B	19.0	.517	.000	4571.	FINAL
C	19.0	.258	.000	4571.	FINAL
D	12.0	.000	.000	3016.	FINAL
E	60.0	.000	.000	1239.	FINAL

CALCULO MECANICO DE CABOS

LT 69 KV TRANSPOSICAO DO RIO SAO FRANCISCO

CABO OPGW 14,5 MM

TABELA DE TRACOES (KGF)

VAO (*)	COND (M)	COND A	COND B	COND C	COND D	COND E
50.	A	1239.	1349.	1335.	1459.	644.
100.	A	1239.	1384.	1336.	1434.	770.
150.	A	1239.	1423.	1337.	1401.	869.
200.	A	1239.	1458.	1338.	1369.	945.
250.	A	1239.	1487.	1339.	1342.	1003.
300.	A	1239.	1510.	1340.	1321.	1047.
350.	A	1239.	1528.	1340.	1304.	1080.
400.	A	1239.	1543.	1340.	1292.	1107.
450.	A	1239.	1554.	1341.	1283.	1127.
500.	A	1239.	1563.	1341.	1275.	1144.
550.	A	1239.	1570.	1341.	1270.	1157.
600.	A	1239.	1576.	1341.	1265.	1168.
650.	A	1239.	1581.	1342.	1262.	1177.
700.	A	1239.	1585.	1342.	1259.	1184.
750.	A	1239.	1588.	1342.	1256.	1191.
800.	A	1239.	1591.	1342.	1254.	1196.
850.	A	1239.	1594.	1342.	1253.	1200.



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

900.	A	1239.	1596.	1342.	1251.	1204.
950.	A	1239.	1597.	1342.	1250.	1207.
1000.	A	1239.	1599.	1342.	1249.	1210.

(*) = CONDICAÇÃO DE GOVERNO

CALCULO MECANICO DE CABOS

LT 69 KV TRANSPOSICAO DO RIO SAO FRANCISCO

CABO OPGW 14,5 MM

TABELA DE FLECHAS (M)

VAO (M)	(*)	COND A	COND B	COND C	COND D	COND E
50.	A	.16	.19	.16	.13	.30
100.	A	.62	.73	.63	.54	1.01
150.	A	1.41	1.59	1.41	1.24	2.00
200.	A	2.50	2.77	2.51	2.26	3.28
250.	A	3.90	4.24	3.91	3.60	4.83
300.	A	5.62	6.01	5.63	5.28	6.66
350.	A	7.65	8.09	7.67	7.27	8.78
400.	A	10.00	10.47	10.01	9.59	11.20
450.	A	12.66	13.15	12.67	12.23	13.91
500.	A	15.63	16.15	15.65	15.19	16.93
550.	A	18.92	19.45	18.94	18.46	20.26
600.	A	22.52	23.07	22.54	22.05	23.90
650.	A	26.44	27.00	26.46	25.96	27.84
700.	A	30.68	31.25	30.69	30.19	32.10
750.	A	35.23	35.81	35.25	34.74	36.67
800.	A	40.10	40.69	40.12	39.61	41.56
850.	A	45.29	45.88	45.31	44.79	46.76
900.	A	50.80	51.40	50.81	50.29	52.28
950.	A	56.63	57.23	56.64	56.12	58.12
1000.	A	62.78	63.38	62.79	62.27	64.28

(*) = CONDICAÇÃO DE GOVERNO



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

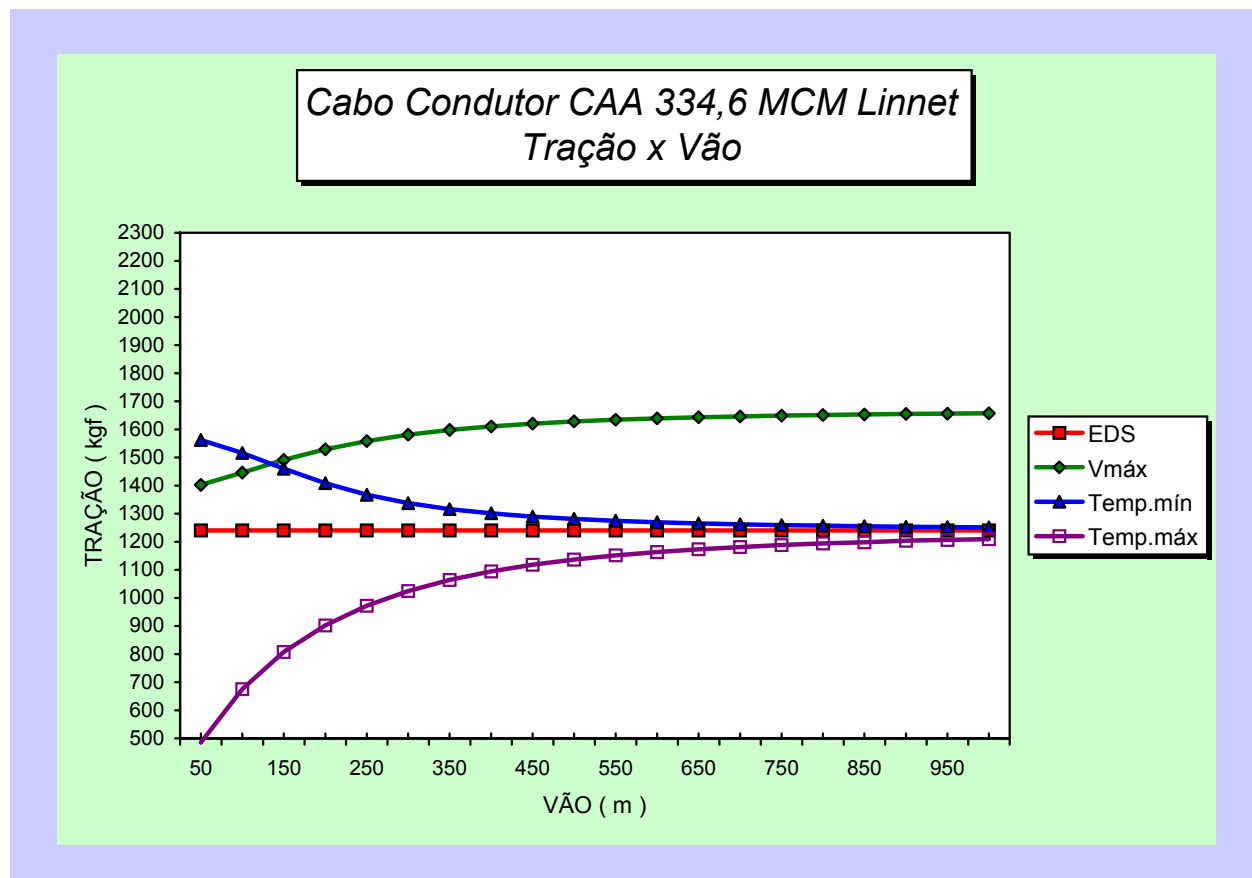
3.1.3.5 Gráficos de Tração X Vão

A seguir são apresentados os gráficos de Tração x Vão para cada um dos cabos utilizados na linha, para as seguintes condições de cálculo:

- Temperatura média (EDS), estado final
- Vento máximo, estado final
- Temperatura mínima, estado inicial
- Temperatura máxima, estado final



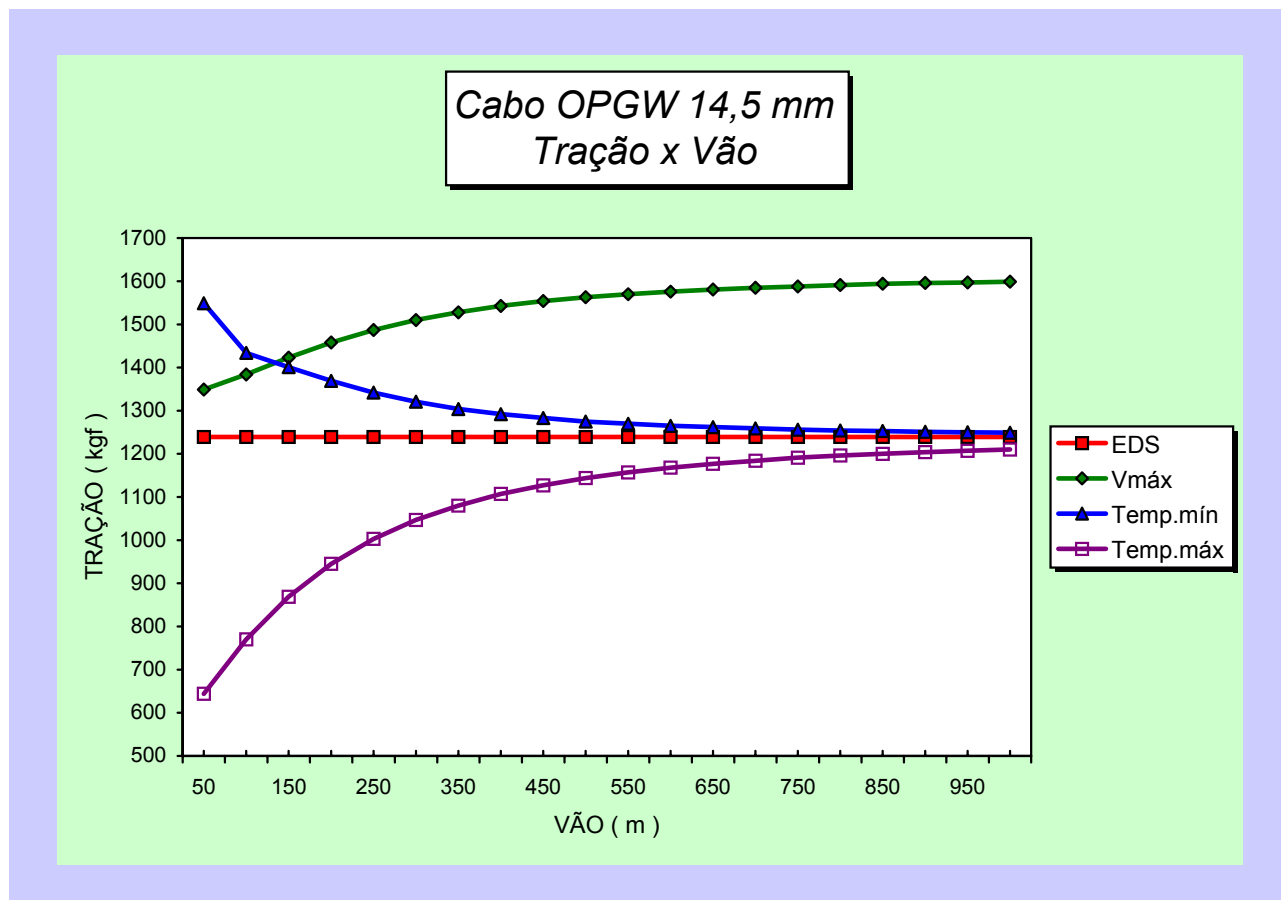
Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico



VÃO (m)	TABELA DE TRAÇÕES (kgf)			
	EDS	Vmáx.	Temp. Min.	Temp. Máx.
50	1240	1402	1562	485
100	1240	1446	1516	675
150	1240	1491	1460	807
200	1240	1529	1408	902
250	1240	1558	1367	972
300	1240	1581	1337	1024
350	1240	1598	1316	1064
400	1240	1610	1301	1094
450	1240	1620	1289	1118
500	1240	1628	1281	1136
550	1240	1634	1274	1151
600	1240	1639	1269	1163
650	1240	1643	1265	1173
700	1240	1646	1262	1181
750	1240	1649	1259	1188
800	1240	1651	1257	1194
850	1240	1653	1255	1198
900	1240	1655	1253	1203
950	1240	1656	1252	1206
1000	1240	1657	1251	1209



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico



VÃO (m)	TABELA DE TRAÇÕES (kgf)			
	EDS	Vmáx.	Temp. Min.	Temp. Máx.
50	1239	1349	1549	644
100	1239	1384	1434	770
150	1239	1423	1401	869
200	1239	1458	1369	945
250	1239	1487	1342	1003
300	1239	1510	1321	1047
350	1239	1528	1304	1080
400	1239	1543	1292	1107
450	1239	1554	1283	1127
500	1239	1563	1275	1144
550	1239	1570	1270	1157
600	1239	1576	1265	1168
650	1239	1581	1262	1177
700	1239	1585	1259	1184
750	1239	1588	1256	1191
800	1239	1591	1254	1196
850	1239	1594	1253	1200
900	1239	1596	1251	1204
950	1239	1597	1250	1207
1000	1239	1599	1249	1210



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

3.1.4 Estudos Elétricos

3.1.4.1 Parâmetros Elétricos

Os parâmetros elétricos unitários da linha foram obtidos a partir das características dos cabos adotados e da configuração geométrica típica, por meio de um programa de computador, ATP – “Alternative Transient Program”.

Os principais resultados obtidos foram os seguintes:

Seqüência positiva

$$R_1 = 0,1049955 \text{ Ohm / km / fase}$$

$$X_1 = 0,2881848 \text{ Ohm / km / fase}$$

$$C_1 = 18,266190 \text{ Farads / km / fase}$$

Seqüência zero

$$R_0 = 0,4164408 \text{ Ohm / km / fase}$$

$$X_0 = 1,1926740 \text{ Ohm / km / fase}$$

$$C_0 = 7,1768110 \text{ Farads / km / fase}$$

A resistência acima está referenciada à temperatura de 65°C.

3.1.4.2 Potência Característica

A impedância característica da linha em análise é de 204,57 Ohm, resultando numa potência característica (SIL) de 23,27 MW, referida à tensão de 69 kV.

3.1.4.3 Ampacidade e Temperatura Máxima

O estudo de ampacidade para determinação da temperatura máxima dos cabos condutores foi desenvolvido com base no item 5.2.2.3 da NBR 5422/1985 utilizando os seguintes dados:

- temperatura ambiente de 35°C, valor máximo médio da região
- radiação solar máxima 1000 W/m²
- brisa de 1 m/s

A altitude média da região é de 320 m, porém foi adotado conservativamente a de 400 m.

Considerando que as correntes máximas de cada trecho entre SE's são 464 A, 217 A, 70 A, estamos adotando conservativamente a temperatura máxima de 50°C para os cabos condutores em todos os trechos, o que corresponde, conforme cálculo abaixo, a uma corrente de 586 A (293 A / circuito).

AVALIACAO DA AMPACIDADE DE CABO CONDUTORES NUS

CABO CAA 336,4 MCM LINNET

LT 69 KV

DADOS ATMOSFERICOS

PRESSAO 680.00 MM HG



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

ALTITUDE 400.00 M
VELOCIDADE DO VENTO61 M/S
TEMPERATURA AMBIENTE ... 35.00 GR.CENT.

DADOS DO CONDUTOR

DIAMETRO 18.29 MM
RESISTENCIA UNITARIA16990 OHM/KM
TEMPERATURA DE REFERENCIA ... 20.00 GR.CENT.
PESO DO ALUMINIO472 KG/M
PESO DO ACO216 KG/M

COEFICIENTES

COEF. DE ABSORCAO SOLAR50
COEF. DE EMISSIVIDADE50

TABELA DE AMPACIDADES EM REGIME CONTINUO

TEMPERATURA DO CONDUTOR (G.C.)	AMPACIDADES (AMP)			
	C/VENTO C/SOL	C/VENTO S/SOL	S/VENTO C/SOL	S/VENTO S/SOL
40.0	143.	270.	0.	226.
45.0	232.	324.	119.	256.
50.0	293.	369.	174.	284.
55.0	342.	409.	217.	311.
60.0	385.	443.	254.	337.
65.0	421.	475.	287.	361.
70.0	455.	504.	317.	384.
75.0	485.	531.	344.	406.
80.0	513.	555.	369.	427.
85.0	538.	579.	393.	447.
90.0	562.	600.	416.	466.
95.0	585.	621.	437.	484.
100.0	606.	641.	458.	502.



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

3.1.4.4 Efeito Corona

A intensidade dos fenômenos ligados ao efeito corona está diretamente relacionada ao Gradiente Superficial Máximo (GSM) nos cabos em relação ao Gradiente Crítico (GC) do ar.

No caso da LT de 69 kV estudada, temos:

- GSM = 10,96 kVp/cm para a fase central e 10,71 kVp/cm para as fases superior e inferior;
- GC = 28,71 kVp/cm.

As perdas por efeito corona (PC), por unidade de comprimento da linha, à tensão de 69 kV, resultam:

$P_c = 1,07 \text{ kW / km}$, com tempo bom

$P_{c'} = 1,09 \text{ kW / km}$, com tempo chuvoso

AVALIACAO DO GRADIENTE SUPERFICIAL

LT 69 KV TRANPOSICAO DO RIO SAO FRANCISCO

CONDUTOR 1 X 336,4 MCM LINNET

DADOS GERAIS

1- TENSÃO DE LINHA (KV)	69.0
2- NUMERO DE CIRCUITOS	2
3- NUMERO DE CONDUTORES POR BUNDLE	1
4- ESPACAMENTO DO BUNDLE (CM) .....	.0
5- NUMERO DE CABOS-TERRA	1
6- DIAMETRO DO CABO-CONDUTOR (MM)	18.29
7- DIAMETRO DO CABO-TERRA (MM)	14.50
8. FLECHA DO CABO-CONDUTOR (M)	10.00
9- FLECHA DO CABO-TERRA (M)	9.00

SEQUENCIA DE FASE : A B C C B A

CABO	GRADIENTE MEDIO (KVP/CM)	GRADIENTE MAXIMO (KVP/CM)
1	10.714	10.714
2	10.967	10.967
3	10.710	10.710
4	10.714	10.714
5	10.967	10.967



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

6	10.710	10.710
7	.509	.509

3.1.4.5 Coordenação de Isolamento

O isolamento da linha de transmissão foi verificado para:

- tensão operativa (frequência industrial)
- sobretensões de manobra
- sobretensões de impulso

Os dois primeiros aspectos determinam as distâncias de segurança e o número de isoladores. Com esses valores determinados identifica-se a suportabilidade ao impulso e calcula-se o desempenho da linha quanto aos desligamentos por descargas atmosféricas.

Isolamento à tensão operativa (frequência industrial)

a) Cadeia de Isoladores:

O trecho selecionado para o traçado encontra-se em local predominantemente rural, livre de grandes indústrias ou outras fontes poluidoras. Apesar disto adotamos conservativamente a distância mínima de escoamento para as cadeias de isoladores de 25 mm/kV, o que corresponde a condições pesadas de poluição (Nível de poluição III), conforme IEC 815 – “*Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions*”.

Serão utilizados isoladores tipo polimérico com carga de ruptura e nível de isolamento compatível com as características da linha. Apresentamos abaixo algumas características:

Tipo	Polimérico
Material	EPDM
Engate	Concha e bola (IEC)
Passo mínimo	900 mm
Carga de ruptura mecânica	80 kN
Distância de escoamento mínima	1.725 mm

b) Distância mínima necessária à tensão operativa aos suportes:

Para a definição da distância mínima necessária à tensão operativa foi considerado o método descrito na NBR5422/85, item 10.2.1, tabela 4, sendo:

Distância entre partes vivas e aterradas:

Elementos dos suportes:

$$D = 0,03 + 0,005 \times 73 = 0,39m$$

Estais:

$$D = 0,09 + 0,006 \times 73 = 0,53m$$

Para a definição do ângulo de balanço para verificação estrutural foi considerado o método descrito na NBR5422/85, item 10.1.4.3, sendo:



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

$$\beta = \tan^{-1} \left(k \cdot \frac{q_0 \cdot d}{p \cdot \left(\frac{V}{H} \right)} \right)$$

Os dados adotados para o cálculo do balanço foram:

$k = 0,43$ (figura 7 da NBR 5422/85)

$q_0 = 11,70 \text{ daN/m}^2$

$d = \text{diâmetro do cabo} = 18,29 \text{ mm}$

$p = \text{peso unitário do condutor} = 0,688 \text{ kg/m}$

$(V/H) = 0,7$ (relação mínima entre vão de peso (V) e vão de vento (H))

Da fórmula acima obtemos o ângulo de balanço de $10,8^\circ$. Para verificação da estrutura estamos adotando o valor de 15° .

A composição do ângulo de balanço com a distância mínima é o requisito necessário para o isolamento à máxima tensão operativa.

Para a situação de vento máximo, estamos considerando um ângulo de balanço de 62° e uma distância fase-terra mínima de $0,15 \text{ m}$.

Isolamento à Sobretensões de Manobra

Neste nível de tensão este tipo de sobretensão não é governante na definição do isolamento.

– Suportabilidade à Impulso (Descargas atmosféricas - Raios)

A suportabilidade mínima a impulso dos gaps é de $V_{50\%} = 2000 \text{ kV}$. Estes valores serão usados para determinação do desempenho da linha a descargas atmosféricas.

Distância do Condutor ao Solo

De acordo com a norma NBR-5422, temos:

$$D_s = 6,5m$$

Para tensões abaixo de 87 kV , as distâncias de segurança correspondem à distância básica. Adotamos conservativamente a distância de $7,0 \text{ m}$ para locação das estruturas.

Distância do Condutor à obstáculos atravessados

De acordo com a norma NBR-5422, temos:

Natureza da Região ou Obstáculo Atravessado (a)	Dist. Básica (m)	Distância Adotada D (m)
Locais acessíveis apenas a pedestres	6,0	6,5
Locais onde circulam máquinas agrícolas	6,5	7,0
Rodovias, ruas e avenidas	8,0	7,5
Rodovias federais e estaduais	8,0	$6,24 + 0,01.L$ (b)
Ferrovias não eletrificadas	9,0	9,5
Ferrovias eletrificadas ou eletrificáveis	12,0	12,5



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

Suporte de linha pertencente à ferrovia	4,0	4,5
Águas navegáveis	H + 2,0	H + 2,5 (c)
Águas não navegáveis	6,0	6,5
Linhas de telecomunicações	1,8	2,5
Paredes e Instalações Transportadoras	3,0	3,5
Edificações	6,0	6,5
Linhas de energia elétrica	1,2	2,0
Vegetação de preservação permanente	4,0	5,0

- a) Os espaçamentos relacionados na tabela são os valores mínimos que devem ser respeitados entre os obstáculos e os condutores das LT's, considerando a flecha máxima destes condutores na condição final de trabalho, sem vento.
- b) Para a distância vertical mínima no cruzamento com rodovias federais e estaduais, será adotada a fórmula do espaçamento mínimo exigido pelo DNER:

$$D = 7 + (V - 50) \cdot \frac{12,5}{1.000} + 0,1 \cdot \frac{(L - 100)}{10} \quad \text{para } V \geq 50\text{kV e } L \geq 100\text{m}$$

D = distância mínima, em m;

V = tensão nominal fase-fase da LT, em kV;

L = vão da travessia, em m.

- d) Deve ser consultada a Capitania dos Portos afim de saber o comprimento do maior mastro de embarcação permitido (H).

Desempenho Frente à Descargas Atmosféricas

O estudo de desempenho de linhas de transmissão quanto a descargas atmosféricas avalia dois aspectos principais :

- a) número de desligamentos da LT por descargas diretas

Neste item verifica-se a proteção efetiva dos condutores de fase contra descargas atmosféricas, ou seja, falha de blindagem nula para o perfil de terreno predominante da região.

- b) número de desligamentos da LT por descargas indiretas

Neste item verifica-se o número de desligamentos por descargas atmosféricas indiretas, sendo estabelecido para este estudo o valor máximo de 10 desligamento / 100km / ano.

O estudo foi realizado com o programa ANDER2, que verifica o desempenho da linha de transmissão quanto a sobretensões de origem atmosférica. A cadeia de isoladores é do tipo polimérico com passo mínimo de 900 mm e tensão máxima admissível frente a impulsos atmosféricos de 350 kV, a resistência média de aterramento considerada foi de 20 Ω e 90 foi o nível cerâmico assumido para a região.

Temos a seguir a saída do programa de cálculo e a taxa de desligamentos encontrada.

Saída do Programa

THIS PROGRAM PREDICTS THE FLASHOVER RATE OF HV AND EHV LINES
USING THE TECHNIQUE DEVELOPED BY ANDERSON FOR THE 1981 EDISON ELECTRIC
TRANSMISSION LINE REFERENCE BOOK



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

LT 69 KV TRANSPOSICAO DO RIO S
THUNDERDAY LEVEL = 70
LINE VOLTAGE = 69KV
AVERAGE TOWER HEIGHT TO SHIELD WIRE =31.40METERS
AVERAGE SPAN LENGHT = 300.METERS
TOWER SURGE FOOTING RESISTANCE = 20.00HMS

CONDUCTOR DATA

CONDUCTOR NUMBER	HEIGHT (METERS)	DISTANCE FROM L
1	20.00	-2.30
2	22.70	-2.30
3	25.40	-2.30
4	20.00	2.30
5	22.70	2.30
6	25.40	2.30

EARTHWIRE DATA

EARTHWIRE NUMBER	HEIGHT (METERS)	DISTANCE FROM L
1	31.40	.00

SD= 20.4234 XG1= 403.6325 XG2= 345.5239
ALPHAS= 10.7337

THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 1 IS -7.06 DEGREES

THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 1 IS 10.74 DEGREES

SD= 20.4234 XG1= 414.1310 XG2= 345.5239
ALPHAS= 18.8594

THE SHIELD ANGLE REQUIRED FOR CONDUCTOR 6 IS-14.67 DEGREES

THE ACTUAL SHIELD ANGLE FOR CONDUCTOR 6 IS 18.87 DEGREES

RADIUS OF CORONA SHEAT AROUND EARTHWIRE = .20 METER

COMBINED SURGE IMPEDANCE OF THE GROUND WIRES =433.36 OHMS

TOWER SURGE IMPEDANCE = 31.61 OHMS

FLASHOVER VOLTAGE AT	INSULATOR VOLTAGE AT	FLASHOVER VOLTAGE AT	INSULATOR VOLTAGE AT	CRITICAL CURRENT
----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	---------------------



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

	2M CROSEC (KV)	2MICROSEC (KV/KA)	6MICROSEC (KV)	6MICROSEC (KV/KA)	(KA)
1	1077.48	15.03	768.69	12.63	60
2	1077.48	14.27	768.69	11.95	64
3	1077.48	13.29	768.69	11.10	69
4	1077.48	15.03	768.69	12.63	60
5	1077.48	14.27	768.69	11.95	64
6	1077.48	13.29	768.69	11.10	69

THE BACKFLASHOVER RATE = 9.97 FLASHOVER/100 KM-YEARS
16.95 FLASHOVER/100 MILE-YEARS

THE SHIELDING FAILURE

FLASHOVER RATE = .00 FLASHOVERS/100 KM-YEARS
.00 FLASHOVER/100 MILE-YEARS

TOTAL FLASHOVER RATE = 9.97 FLASHOVERS/100 KMEARS
16.95 FLASHOVERS/100 MILE-YEARS

Resumo dos resultados quanto à Surtos Atmosféricos

No estudo realizado não há falha de blindagem em nenhum dos casos analisados.

O índice de desligamentos da linha de transmissão devido à queda indireta de raios, considerando a estrutura S61s e isolador polimérico com tensão máxima frente a impulso atmosférico de 350 kV, para a resistência média e nível cerâmico definidos anteriormente, é de 9,97 desligamentos/100km/ano, atendendo ao valor definido no item 6.7, de no máximo 10 desligamento/100km/ano.

3.1.4.6 Efeitos Eletrostáticos e Efeitos Eletromagnéticos

Apresentamos nos itens seguintes os cálculos de verificação dos aspectos relacionados aos efeitos de campo da linha para atendimento às resoluções da ANEEL e ANATEL.

Rádio Interferência

A relação sinal-ruído (SNR) deverá ser maior ou igual a 24 dBu, no limite da faixa. Admite-se para o sinal a ser protegido à intensidade mínima de 66 dBu, conforme recomendação da ANATEL, e portanto o ruído máximo admissível será de 42 dBu.

A seguir apresentamos os relatórios de saída do programa de cálculo de rádio-interferência, onde se pode verificar que a condição do critério se verifica em qualquer ponto da faixa, não havendo valor mínimo para atender a este critério.

LT 69 KV TRANPOSICAO DO RIO SAO FRANCISCO
CONDUTOR 1 X 336,4 MCM LINNET



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

RESISTIVIDADE DO SOLO : 1000.00HM-M

PERFIL LATERAL DE RADIO - INTERFERENCIA A 1.0 MHZ

(DB ACIMA DE 1 MICROVOLT / METRO)

DISTANCIA (M)	TEMPO CHUVOSO (DB)	TEMPO BOM (DB)
.00	9.7	0.0
2.50	9.5	0.0
5.00	8.9	0.0
7.50	7.9	0.0
10.00	6.7	0.0
12.50	5.4	0.0
15.00	4.1	0.0
17.50	2.9	0.0
20.00	1.7	0.0

Campo Elétrico e campo magnético

Para fins do projeto de linhas, a ANEEL estabeleceu os seguintes critérios para a máxima tensão de operação do sistema e para a altura mínima condutor/solo:

Critério de projeto - Especificação ANEEL

valor máximo do campo elétrico ao nível do solo no limite da faixa de passagem 5kV/m

valor máximo do campo magnético ao nível do solo no limite da faixa de passagem 833mG

Condição : ANEEL estabelece que o campo no interior da faixa, em função da utilização de cada trecho da mesma, não provoque efeitos nocivos a seres humanos

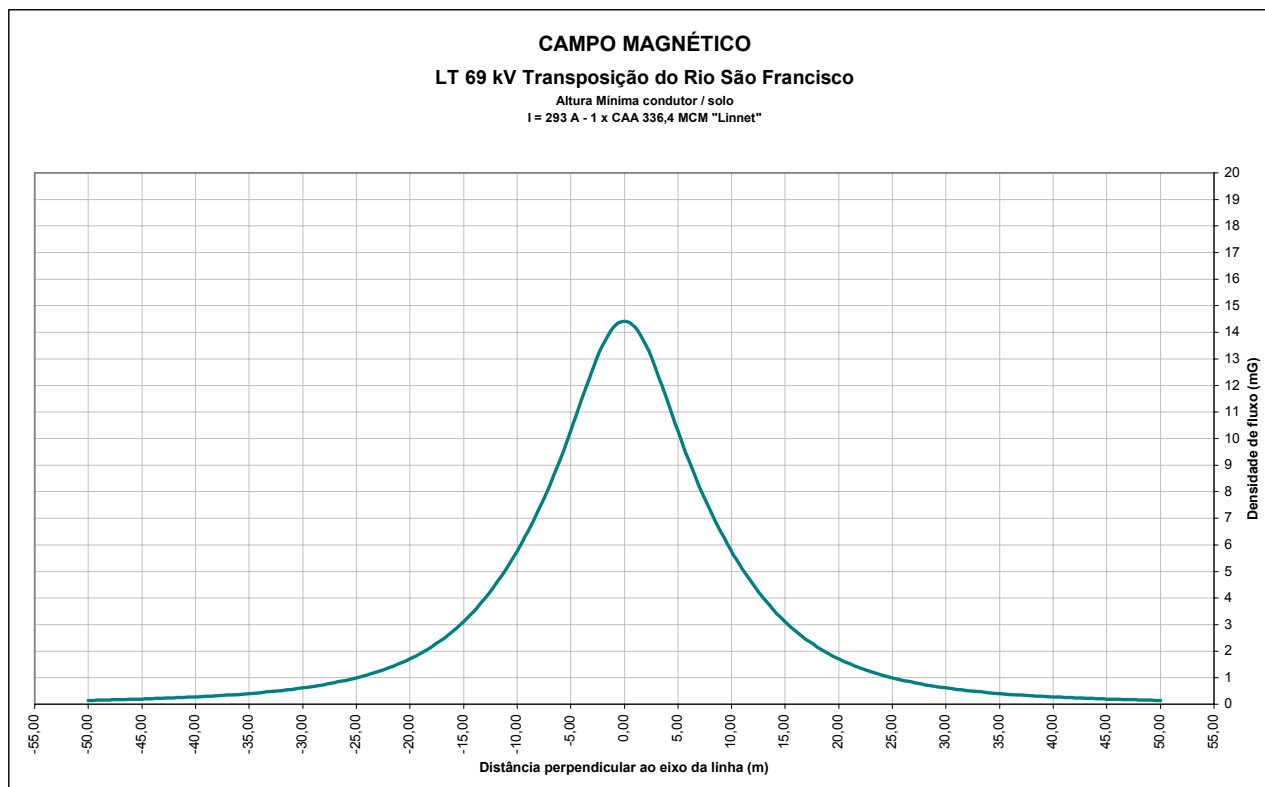
Em função do exposto e das determinações da ANEEL os resultados serão apresentados de acordo com os seguintes parâmetros:

- tensão: máxima do sistema igual a 73 kV.
- corrente: máxima do sistema igual a 586 A
- altura dos condutores: mínima igual a 8,0 m

Neste nível de tensão o campo elétrico é desprezível em qualquer ponto da faixa. Para o campo magnético, que depende da corrente circulante e não da tensão será apresentado abaixo o gráfico com o perfil ao longo da faixa.



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico



3.1.5 Faixa de Passagem

A faixa de passagem é determinada para atender as seguintes condições:

- Manter distância mínima para evitar descarga à tensão máxima operativa entre os condutores das fases externas e o limite da faixa, sob condição de flecha e balanço máximos, conforme indicado no item 12 da NBR-5422/1985.
- Atender aos critérios de Rádio Interferência (RI), Campos Elétricos (CE) e Magnéticos (CM), no limite da faixa.

3.1.5.1 Largura da faixa para o critério de "balanço dos condutores"

De acordo com a NBR 5422/1985 tem-se:

- $L = 2 (b + d + D)$
- $D = 69 / 150 = 0,46$ m, será portanto adotado o valor mínimo de 0,50 m da norma
- $b =$ distância horizontal do condutor externo da fase lateral ao eixo = 2,30 m
- $d =$ projeção do condutor mais cadeia com ângulo devido ao vento de balanço

A pressão de vento de balanço é de 11,70 daN/m², conforme item 4.5.1 deste relatório. Para o vão médio de 300 m e terreno categoria B, o fator de efetividade obtido da norma é de 0,90.

Assim, obtemos:



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

$$\beta = \text{tg}^{-1}(0,43.\text{tg}\beta_r)$$

$$\text{tg}\beta_r = \frac{(0,90.11,70.18,29)}{(0,688.0,7)}$$

$$\beta = 9,75 \rightarrow \text{adotado } 10^\circ$$

comprimento da cadeia = 2,00 m

flecha máxima = 7,56 m

$$d = (7,56 + 2,0) \times \text{sen}(10^\circ) = 1,66 \text{ m}$$

Resultando, portanto, em uma largura de faixa L = 8,92 m.

3.1.5.2 Largura de faixa conforme critérios elétricos

- Rádio Interferência - Conforme resultado apresentado no respectivo estudo, este critério não influi na determinação da faixa de passagem.
- Campo Elétrico - Conforme apresentado no respectivo estudo, este critério não é determinante na definição da faixa de passagem.
- Campo Magnético - Conforme resultado apresentado no respectivo estudo, este critério não é determinante na definição da faixa de passagem.

3.1.5.3 Conclusão

A largura de faixa foi definida pelo critério de balanço de cabos e será de 10,0 m.

3.2 Memória de Cálculos das Estruturas da Linha de Transmissão

3.2.1 Introdução

Este tem por objetivo mostrar os diagramas de carregamento das estruturas que serão utilizadas para o Trecho III (SE Caiçara – UHE Salgado II) de 69 kV da linha de transmissão do projeto de transposição de águas do Rio São Francisco.

3.2.2 Equações utilizadas para determinação das cargas atuantes nas estruturas

O cálculo das cargas atuantes nas estruturas utilizará a formulação clássica, conforme abaixo:

3.2.2.1 Carga Transversal

$$T = k_1.n.p_{v1}.V_m + k_2.2.n.T_1.\text{sen}(\alpha/2) + k_1.V_{k1}$$

T - carga transversal de projeto da estrutura

K₁ - coeficiente de majoração/minoração para as cargas de vento

k₂ - coeficiente de majoração/minoração para as componentes transversais das cargas de tração do cabo

n - número de subcondutores/fase

p_{v1} - carga unitária de vento máximo sobre o cabo

V_m - vão médio



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

T_1 - resultante unilateral da tração horizontal no cabo

α - ângulo de deflexão da linha

V_{k1} - carga de vento máximo sobre a cadeia

3.2.2.2 Carga Vertical

$$V = k_3 \cdot (n \cdot p \cdot V_p + P_k)$$

V - carga vertical de projeto da estrutura

k_3 - coeficiente de majoração/minoração para as cargas verticais

n - número de subcondutores/fase

p - peso unitário do cabo

V_p - vão de peso

P_k - peso da cadeia

3.2.2.3 Carga Longitudinal

$$L = n \cdot T_1 \cdot k_2 \cdot \cos(\alpha/2)$$

L - carga longitudinal de projeto da estrutura

k_2 - coeficiente de majoração/minoração para as componentes transversais das cargas de tração do cabo

n - número de subcondutores/fase

T_1 - resultante unilateral da tração horizontal no cabo

α - ângulo de deflexão da linha

3.2.3 Notas gerais

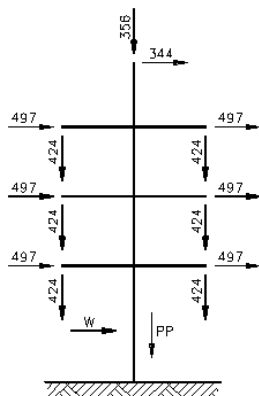
- Unidades : daN
- Vento na estrutura (W) : : $42,78 \times H^{1/6}$ daN/m²
- Peso próprio (PP).



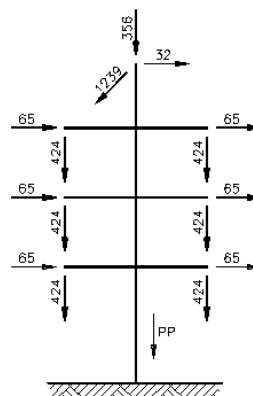
Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

3.2.4 Diagrama de carregamentos da estrutura tipo S61S

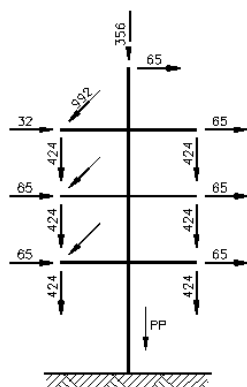
Hipótese 1 - Vento Máximo Transversal



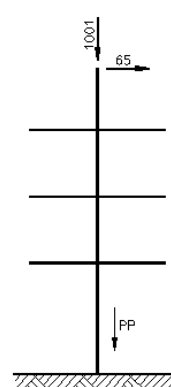
Hipótese 2 - Ruptura do cabo Pára-Raios



Hipótese 3, 4 e 5 - Ruptura do cabo Condutor



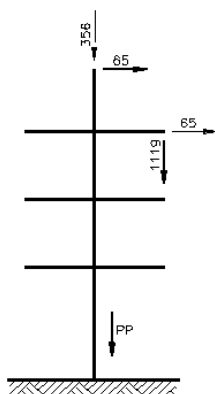
Hipótese 6 - Construção (I)



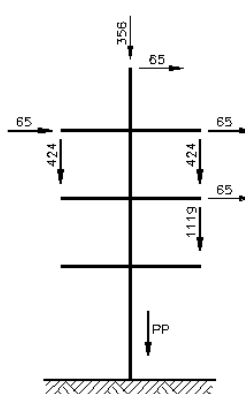


Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

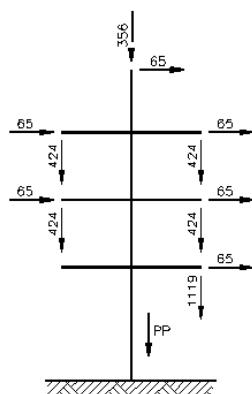
Hipótese 7 - Construção (II)



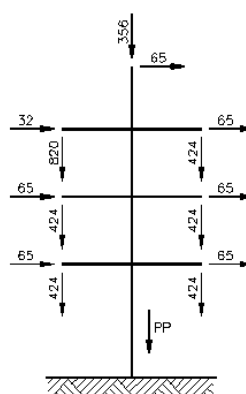
Hipótese 8 - Construção (III)



Hipótese 9 - Construção (IV)



Hipótese 10 - Manutenção

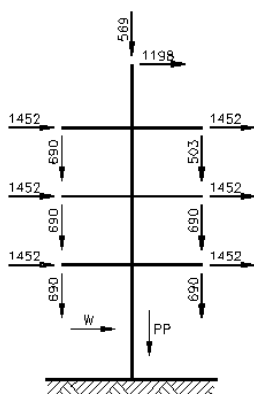




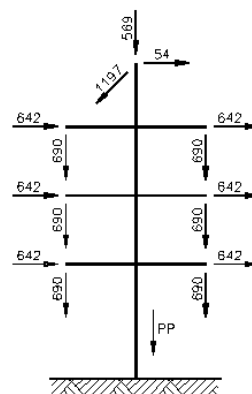
Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

3.2.5 Diagrama de carregamento da estrutura tipo S62S

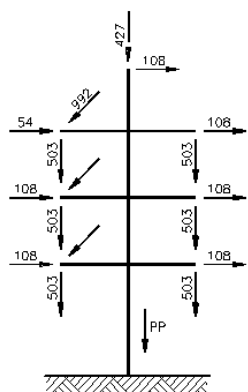
Hipótese 1 - Vento Máximo Transversal



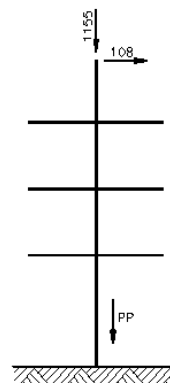
Hipótese 2 - Ruptura do cabo Pára-Raios



Hipótese 3, 4 e 5 - Ruptura do cabo Condutor



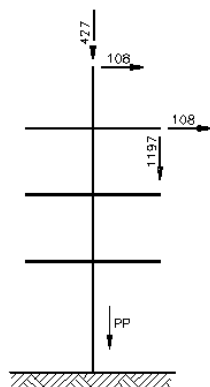
Hipótese 6 - Construção (I)



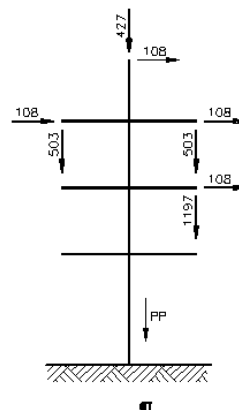


Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

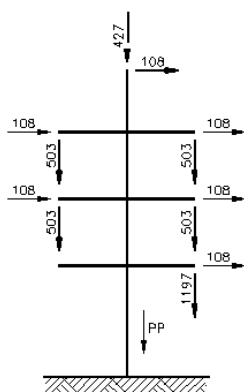
Hipótese 7 - Construção (II)



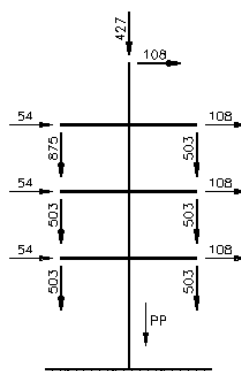
Hipótese 8 - Construção (III)



Hipótese 9 - Construção (IV)



Hipótese 10 - Manutenção

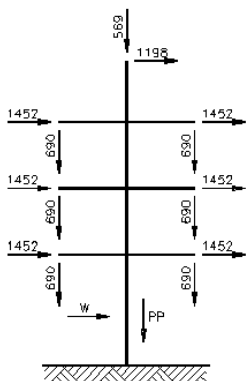




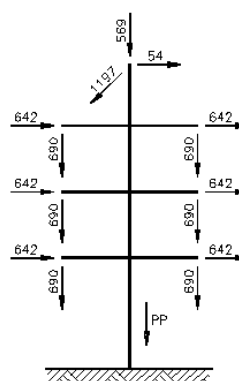
Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

3.2.6 Diagrama de carregamentos da estrutura tipo A61S

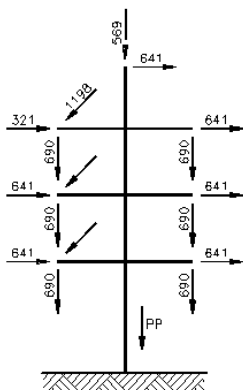
Hipótese 1 - Vento Máximo Transversal



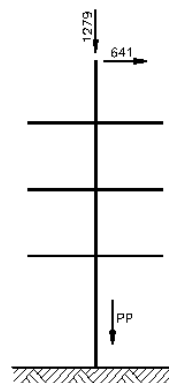
Hipótese 2 - Ruptura do cabo Pára-Raios



Hipótese 3, 4 e 5 - Ruptura do cabo Condutor



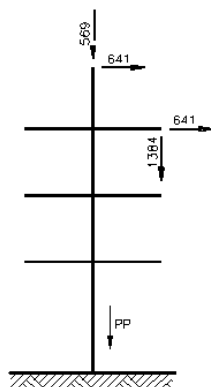
Hipótese 6 - Construção (I)



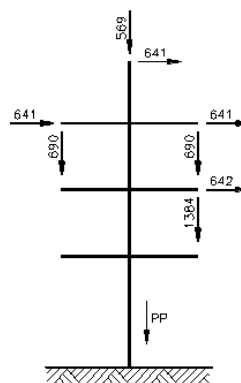


Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

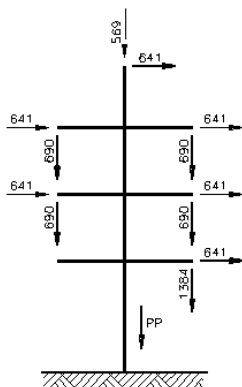
Hipótese 7 - Construção (II)



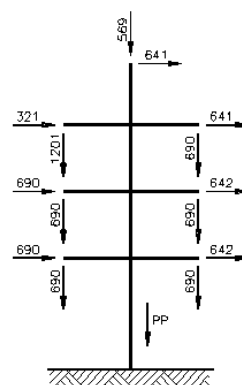
Hipótese 8 - Construção (III)



Hipótese 9 - Construção (IV)



Hipótese 10 - Manutenção

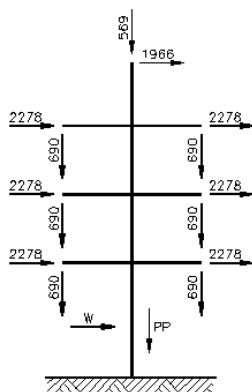




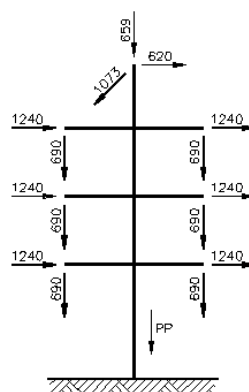
Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

3.2.7 Diagrama de carregamentos da estrutura tipo F61S

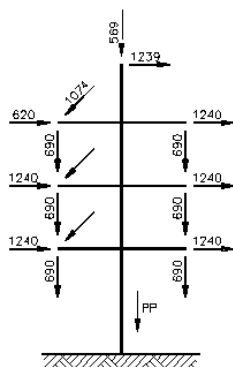
Hipótese 1 - Vento Máximo Transversal



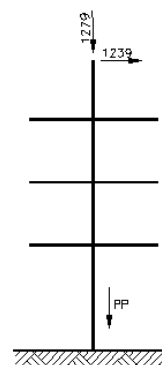
Hipótese 2 - Ruptura do cabo Pára-Raios



Hipótese 3, 4 e 5 - Ruptura do cabo Condutor



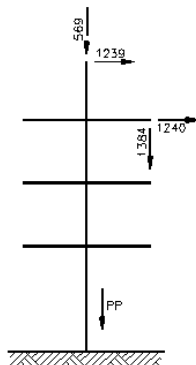
Hipótese 6 - Construção (I)



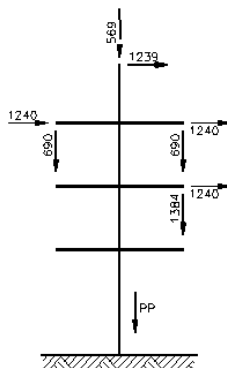


Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

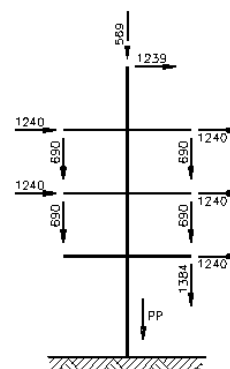
Hipótese 8 - Construção (II)



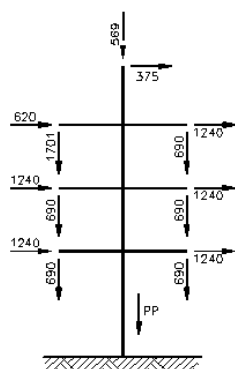
Hipótese 9 - Construção (III)



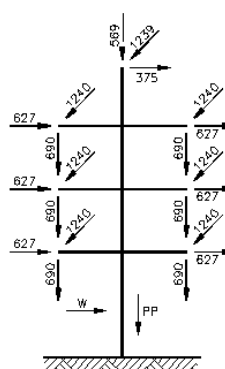
Hipótese 10 - Construção (IV)



Hipótese 11 - Manutenção



Hipótese 12 - Fim de linha ($\alpha = 0$) e vento máxi





Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

3.2.8 Quantidades e Custos

3.2.8.1 Considerações Gerais

Este documento tem por objetivo apresentar o orçamento de implantação da linha de transmissão LT 69kV Trecho III, bem como os critérios adotados na elaboração do orçamento

Os preços unitários adotados foram obtidos de valores médios praticados no mercado e através de pesquisa com empresas fornecedoras de materiais e prestadoras de serviços.

A determinação dos quantitativos foi feita conforme o seguinte procedimento:

- Com base no comprimento da linha e no vão médio típico de projetos similares e da série de estruturas adotada, foi determinado o número de estruturas do trecho.
- A partir do número total de estruturas, foi considerado um percentual aproximado de 10% de estruturas de ancoragem e o saldo de suspensão. Em seguida foi feita uma distribuição destas quantidades entre os diversos tipos de estruturas e suas respectivas alturas.
- Com o peso calculado de cada altura de cada tipo de estrutura pôde então ser determinado o peso total de estruturas necessário.
- O comprimento de cabo necessário foi obtido a partir do comprimento horizontal da linha acrescido de um percentual de 4% correspondente às catenárias, execução de emendas, jumpers e perdas, e multiplicado pelo número de fases.
- A quantidade de cadeias de fixação foi calculada a partir do número de estruturas de cada tipo: suspensão e ancoragem.
- A quantidade de isoladores foi calculada a partir do número de cadeias de suspensão e de ancoragem multiplicados pelo número de isoladores por cadeia, acrescido de um percentual de 1% a título de reserva de obra.
- Os amortecedores foram calculados a partir do número de vãos da linha, do número de fases e das características médias de utilização de cada tipo de amortecedor
- A quantidade de luvas de emenda de cabos condutores foi calculada a partir do comprimento total de cabo dividido pelo lance médio de 2km acrescido de 20% a título de reserva de obra. As luvas de reparo foram consideradas como 20% das de emenda.
- O número de caixas de emenda óptica para o cabo OPGW foi determinado a partir do lance médio de 4km.
- O comprimento de cabo contrapeso para aterramento foi determinado a partir de uma quantidade média de 240m por torre.

Apresentamos a seguir a tabela de composição dos quantitativos de torres por tipo e altura, bem como dos pesos.



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

FUNCATE - TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO
LT 69 KV - TRECHO III (SE CAIÇARA - UHE SALGADO II)

L = 46,20 km

Rev.0
10/09/03

PLANILHA DE PESOS UNITÁRIOS DE TORRES

TORRE TIPO	TIPO	ALTURA ÚTIL (m)						PESO MÉDIO
		10,8	12,8	13,8	14,8	16,8	17,8	
S61S	Suspensão Simples Monomastro	1.210	1.353	1.454	1.635	1.802	1.893	1.629
S62S	Suspensão Reforçada Autoportante	1.952	2.132	2.446	2.581	2.790	2.890	2.497
A61S	Ancoragem Média	3.113	3.441	3.623	3.983	4.311	4.493	4.162
F61S	Ancoragem Pesada/Terminal	2.478	2.808	2.978	3.291	3.621	3.791	3.343

PLANILHA DE QUANTIDADES DE TORRES POR ALTURA

TORRE TIPO	TIPO	ALTURA ÚTIL (m)						TOTAL
		10,8	12,8	13,8	14,8	16,8	17,8	
S61S	Suspensão Simples Monomastro	10	15	20	29	35	21	130
S62S	Suspensão Reforçada Autoportante	2	2	2	3	3	2	14
A61S	Ancoragem Média	-	1	1	1	3	3	9
F61S	Ancoragem Pesada/Terminal	-	1	1	2	2	1	7
PESO TOTAL (kgf)		12	19	24	35	43	27	160
		16,0	30,8	40,6	65,7	91,6	62,8	
		307,5						1,92

TORRE TIPO	TIPO	PESO MÉD (t)	QUANT	PESO TOT (t)	QUANT SUSP	PESO SUSP (t)	QUANT ANC	PESO ANC (t)
S61S	Suspensão Simples Monomastro	1,63	130	211,7	130	211,7	-	-
S62S	Suspensão Reforçada Autoportante	2,50	14	35,0	14	35,0	-	-
A61S	Ancoragem Média	4,16	9	37,5	-	-	9	37,5
F61S	Ancoragem Pesada/Terminal	3,34	7	23,4	-	-	7	23,4
TOTAL Média por km			160	307,5	144	246,7	16	60,9
		Vm	3,46	6,66	3,12	5,34	0,35	1,32
			288,8		90,0%		10,0%	



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

3.2.8.2 Orçamento Resumido

FUNCATE - TRANPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO
LT 69 KV - TRECHO III (SE CAIÇARA - UHE SALGADO II)

Rev.0
10/09/2003

ORÇAMENTO RESUMIDO

ITEM	DESCRIÇÃO	% DO TOTAL	PREÇO (1000R\$)
MATERIAIS		58,9	5.900,76
1	ESTRUTURAS METALICAS	10,5	1.056,16
2	CABOS	25,0	2.506,58
3	CADEIAS	5,8	582,96
4	ISOLADORES	9,6	958,80
5	SISTEMA ANTI-VIBRAÇÃO	6,3	627,20
6	ACESSÓRIOS DIVERSOS	0,5	51,07
7	ATERRAMENTO	1,2	117,99
SERVIÇOS		41,1	4.114,17
1	SERVIÇOS PRELIMINARES	0,9	95,04
2	TOPOGRAFIA, SONDAGENS E PROJETO	4,1	414,69
3	FUNDAÇÕES	6,6	665,68
4	ESTRUTURAS	2,5	254,06
5	CABOS	24,7	2.474,47
6	ATERRAMENTO	1,0	103,68
7	ACESSÓRIOS	1,1	106,56
TOTAL GERAL			10.014,93



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

3.2.8.3 Materiais

FUNCATE - TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO
LT 69 KV - TRECHO III (SE CAIÇARA - UHE SALGADO II)

L = 46,2 km

Rev.0
10/09/2003

PLANILHA DE QUANTITATIVOS DE MATERIAIS

ITEM	DESCRIÇÃO	UN	PREÇO UNIT (1000R\$)	QTDE	PREÇO TOTAL (1000R\$)
1. ESTRUTURAS METÁLICAS					
	Estruturas metálicas	u		160	
		t	3,45	308	1.060,96
2. CABOS					
	Cabo condutor CAA LINNET 336,4 MCM	km		288	
		t	9,00	198	1.785,86
	Cabo OPGW diâmetro 14,5 mm	km	15,00	48	720,72
3. CADEIAS					
	Cadeia de suspensão para o cabo condutor	cj	0,50	912	456,00
	Cadeia de ancoragem para o cabo condutor	cj	0,50	204	102,00
	Conjunto de suspensão OPGW	cj	0,15	144	21,60
	Conjunto de ancoragem OPGW	cj	0,21	16	3,36
4. ISOLADORES					
	Isolador composto tipo polimérico 80 kN (IEC)	u	0,85	1.128	958,80
5. SISTEMA ANTI-VIBRAÇÃO					
	Amortecedor Condutor tipo SVD	u	0,15	3.840	576,00
	Amortecedor OPGW tipo SVD	u	0,08	640	51,20
6. ACESSÓRIOS DIVERSOS					
	Esfera de sinalização	u	0,30	24	7,20
	Emenda condutor	u	0,10	159	15,86
	Emenda OPGW	u	2,00	13	26,43
	Reparo condutor	u	0,05	32	1,59
7. ATERRAMENTO					
	Cabo de aço galvanizado 3/8" SM	km		38	
		t	4,90	16	76,39
	Conector contrapeso-torre	u	0,04	640	25,60
	Grampo paralelo para contrapeso	u	0,05	320	16,00



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

3.2.8.4 Serviços

FUNCATE - TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO
LT 69 KV - TRECHO III (SE CAIÇARA - UHE SALGADO II)

L = 46,20 km

Rev.0
10/09/2003

PLANILHA DE QUANTITATIVOS DE SERVIÇOS

ITEM	DESCRIÇÃO	UN	PREÇO UNIT (R\$)	QTDE	PREÇO TOTAL (1000R\$)
1. SERVIÇOS PRELIMINARES					
	Limpeza de faixa / Desmatamento	ha	500,00	81,0	40,52
	Corte de árvores fora da faixa desmatada	u	90,00	92	8,32
	Construção/ Manutenção de acessos	km	1.000,00	46,2	46,20
2. TOPOGRAFIA, SONDAGENS E PROJETO					
	Identificação e implantação do traçado no campo	km	1.200,00	46,2	55,44
	Levantamento planialtimétrico e cadastral	km	2.200,00	46,2	101,64
	Estudos, projeto básico e executivo	km	3.600,00	46,2	166,32
	Locação de torres	u	240,00	160	38,40
	Levantamento topográfico de travessias	u	1.500,00	6	9,00
	Sondagem a percussão (SPT)	m	60,00	578	34,65
	Medição de resistividade do solo	u	200,00	46	9,24
3. FUNDAÇÕES					
	Escavação em solo normal	m3	60,00	2.354	141,23
	Escavação em solo fraco	m3	95,00	336	31,94
	Escavação em rocha/moleado	m3	250,00	673	168,13
	Concreto estrutural	m3	300,00	851	255,30
	Reaterro compactado	m3	50,00	2.567	128,35
	Ferro para armadura	t	2.700,00	38	102,44
	Área de formas	m2	45,00	1.818	81,81
4. ESTRUTURAS					
	Montagem de torres autoportantes	u		160	
		t	1.200,00	212	254,06
5. CABOS					
	Instalação de 1 fase condutor Linnet 336,4 MCM (lançamento, emendas, regulação e grampeamento)	km	8.000,00	288	2.306,30
	Instalação de 1 cabo OPGW (lançamento, emendas, regulação e grampeamento)	km	3.500,00	48	168,17
6. ATERRAMENTO					
	Instalação de contrapeso a 0,60m de profundidade	km	2.500,00	31	76,80
	Instalação de contrapeso a 1,00m de profundidade	km	3.500,00	8	26,88
7. ACESSÓRIOS					
	Instalação amortecedores para o cabo condutor	u	25,00	3.840	96,00
	Instalação amortecedores para os pára-raios	u	15,00	640	9,60
	Esferas de Sinalização	u	40,00	24	0,96



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

PARTE 4 – MECÂNICA

1 . UHE SALGADO I

1.1 Características Gerais

- Capacidade Instalada: 27.000 kW
- Modulação sugerida nos estudos energéticos:
 - uma unidade geradora 3.000 kW
 - uma unidades geradoras 6.000 kW
 - duas unidade geradora 9.000 kW
- Níveis montante:
 - NA máx max: 383,13 m
 - NA normal : 380,25 m
 - NA min: 377,35 m
- Níveis jusante:
 - NA máx max: 311,80 m
 - NA normal: 310,25 m
 - NA min: 307,35 m
- Vazão: 45,1 m³/s
- Desenhos de referência/arranjo
EN.B/III.DS.ME.0002
EN.B/III.DS.ME.0003
EN.B/III.DS.ME.0004
Páginas 122 a 124 do caderno de desenhos.

1.2 Equipamentos da Tomada d'Água

1.2.1 Grades

- Tipo: Painéis removíveis para limpeza externa
- Quantidades:
 - conjuntos: 1
 - painéis 3
 - jogos de peças fixas: 1
- Manobra / remoção: os painéis serão removíveis um a um através de talha elétrica.
- Vão livre: 6,5 m
- Altura da grade: 6,93 m



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

- Velocidade:45,1 / 6,5 x 6,93 \cong 1 m/s
- Espaçamento entre barras verticais:..... \cong 80 mm
- NA máx normal de montante: 380,25 m
- NA máx max de montante:..... 383,13 m
- Cota da soleira: 368,68 m
- Pressão de projeto:50 kN/m²
- Norma:ABNT NBR 11213
- Arranjo: ver desenho EN.B/III.DS.GT.0033, página 120 do caderno de desenhos
- Estimativa de peso dos painéis:..... será utilizada a taxa:
 - 130 kg/m²(para grades capacidade 30 kN/m²)
 - 175 kg/m²(para grades capacidade 50 kN/m²)
 - Temos: 6,5 x 6,93 = 45,04 m²
 - Peso painéis \cong 7.880 kg (78,8 kN)
 - Peso peças fixas \cong 80 kg/m linear (Schreiber-Eletobrás)
 - Peso peças fixas \cong 36 m x 80 = 2.880 kg

1.2.2 Comporta Ensecadeira com Rodas da Tomada D'Água

- Tipo: será do tipo comporta ensecadeira com capacidade para cortar o fluxo em uma emergência, portanto, equipada com rodas.
- Quantidade:
 - comporta: 1
 - painéis por comporta:..... 1
 - jogos de peças fixas:..... 1
 - viga pescadora: 1
- Manobra: através de viga pescadora e talha elétrica
 - Altura: 4 m
 - Largura: 4 m
 - Cota da soleira: 369,68 m
 - Cota do coroamento:..... 384,00 m
 - NA máx max de montante:..... 383,16 m
 - Aço estrutural:ASTM A 36
 - Norma:NBR 8883
.....NBR 1366
- Estocagem: na própria ranhura de operação
- Estimativa de peso: foi utilizado um programa de microcomputador baseado em dados estatísticos, com o resultado abaixo:



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

- Peso de um elemento: 6,5 ton
- Peso total de uma comporta: 6,5 ton
- Peso total: 6,5 ton
- Peso das peças fixas de um vão: 2,3 ton
- Peso total da peças fixas: 2,3 ton
- Peso total (comportas + peças fixas): 8,8 ton

1.2.3 Pórtico e Talha Elétrica da Tomada D'Água

- Quantidades
 - talhas: 1
 - pórtico: 1
- Acionamento: talha elétrica, operada com botoeira pendente
- Capacidade: 100 kN
- Altura de levantamento: 21,5 m
- Comprimento do caminho de rolamento: 15 m
- Fabricante da talha: ROVENA, MUNCK, KOCH ou similar
- Vão do pórtico: 7,3 m
- Peso do pórtico, referência Schreiber: $\cong 6.000\text{kg}$

1.3 Condutos Forçados

1.3.1 Características Gerais:

- Quantidade: 1 conduto
- Diâmetro: 4 m
- Elevação do eixo a montante: 371,68 m
- Elevação do eixo a jusante: 305,3 m
- Vazão máx no conduto: 45,1 m³/s
- Diâmetro das ramificações na entrada da CF:
 - $D_1 = 2 \times 1,95 \text{ m}$
 - $D_2 = 1 \times 1,6 \text{ m}$
 - $D_3 = 1 \times 1 \text{ m}$
 - $D_4 = 1 \times 1,5 \text{ M}$
- Aço estrutural ASTM A 36
- Norma NBR 10.132

1.3.2 Esquema

Ver desenho de arranjo: EN.B.III.DS.GT.0031, página 119 do caderno de desenhos.



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

1.3.3 Diâmetro Econômico

Ver cálculo na memória de cálculo de engenharia hidráulica.

1.3.4 Estimativa de Peso

- Conduto DN 4 m - comprimento aproximadamente 100 m

$$e = \frac{2 \times 400}{2 \times 850} \cong 0,47 \text{ cm}$$

adotado 1,25 cm

$$100 \times \pi \times 4 \times \frac{1,25}{100} \times 7.850 = 123.350 \text{ kg}$$

- Conduto DN 4 m - comprimento aproximadamente 190 m

$$e = \frac{9,5 \times 400}{2 \times 850} \cong 2,23 \text{ cm}$$

adotado 2,54 cm

$$190 \times \pi \times 4 \times \frac{2,54}{100} \times 7.850 = 476.000 \text{ kg}$$

- Ramificações DN 3,85 / 3,1 / 2,5 m, aproximadamente 50 m

$$e = \frac{9,5 \times 385}{2 \times 850} = 2,15 \text{ cm}$$

adotado espessura média de 1,9 cm

$$50 \times \pi \times 3,85 \times \frac{1,9}{100} \times 7.850 \cong 90.200 \text{ kg}$$

- Ramificação DN 1,95 m, aproximadamente comprimento 35 m

$$e = \frac{9,5 \times 195}{2 \times 850} = 1,09 \text{ cm}$$

adotado 1,25 cm

$$35 \times \pi \times 1,95 \times \frac{1,25}{100} \times 7.850 \cong 21.050 \text{ kg}$$

- Ramificação DN 1,6 m, aproximadamente comprimento 20 m

$$e = \frac{9,5 \times 160}{2 \times 850} \cong 0,89 \text{ cm}$$

adotado 1 cm

$$20 \times \pi \times 1,6 \times \frac{1}{100} \times 7.850 \cong 7.900 \text{ kg}$$

- Ramificação DN 1,5 m, aproximadamente comprimento 20 m



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

$$e = \frac{9,5 \times 150}{2 \times 850} \cong 0,84 \text{ cm}$$

adotado 1 cm

$$20 \times \pi \times 1,5 \times \frac{1}{100} \times 7.850 \cong 7.400 \text{ kg}$$

- Ramificação DN 1 m, aproximadamente comprimento 20 m

$$e = \frac{9,5 \times 100}{2 \times 850} \cong 0,56 \text{ cm}$$

adotado 0,65 cm

$$20 \times \pi \times 1 \times \frac{0,65}{100} \times 7.850 \cong 3.206 \text{ kg}$$

1.4 Equipamento da Casa de Força

1.4.1 Turbina Hidráulicas

1.4.1.1 Potência

- Nº de unidades: 4
- Rendimento de gerador: 97%
- Potência na saída das turbinas
 - Turbina 1 = 3.000 / 0,97 = 3.093 kW
 - Turbina 2 = 6.000 / 0,97 = 6.185 kW
 - Turbinas 3 e 4 = 9.000 / 0,97 = 9.278 kW

1.4.1.2 Perdas de Carga

Admitido nesta fase: 3 %

1.4.1.3 Quedas Líquidas

- Queda líquida de projeto / referência: 67,9 m
- Queda Líquida máxima: 70,7 m
- Queda líquida mínima: 67,9 m

1.4.1.4 Vazões

Considerando um rendimento de 92 %

- $P = 9,81 \times Q \times H \times \text{Rend.}$
- $Q_1 \text{ (turbina 1)} = \frac{3.093}{9,81 \times 67,9 \times 0,92} = 5,05 \text{ m}^3 / \text{s}$
- $Q_2 \text{ (turbina 2)} = \frac{6.185}{9,81 \times 67,9 \times 0,92} = 10,09 \text{ m}^3 / \text{s}$



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

- $$Q_3 \text{ (turbinas 3 e 4)} = \frac{9.278}{9,81 \times 67,9 \times 0,92} = \frac{15,14 \text{ m}^3/\text{s}}{45,42 \text{ m}^3/\text{s}}$$

1.4.1.5 Tipo de Máquinas

As características nominais permitem que se considere como viáveis as opções de utilização de turbinas tipo Francis de eixo horizontal de simples ou dupla sucção. Adotamos máquinas horizontais de simples sucção, pelo fato de que não haverá grandes variações de queda e potência durante a operação da Usina.

1.4.1.6 Velocidade Específica Preliminar

As máquinas para a UHE Salgado I são de pequeno porte e normalmente disponíveis nos catálogos dos fabricantes tradicionais.

Deverá ser adotada uma família de turbinas já testadas anteriormente.

Para a velocidade específica será adotado um coeficiente k variando entre 2.800 e 3.800.

$$ns = kH^{-0,625}$$

teremos:

$$200,56 < ns < 272,19.$$

1.4.1.7 Pré-dimensionamento

Com os valores acima foi feito um pré-dimensionamento das turbinas, baseado em dados estatísticos, conforme tabela e figura 1 a seguir:

Tabelas das Características

DADOS	TURBINA 1 3.093 Kw	TURBINA 2 6.185 Kw	TURBINA 3 E 4 9.278 Kw
Vazão m ³ /s	5,05	10,09	15,14
Rotação rpm	720	514,29	400
Nº de polos	10	14	18
Nº de polos / 4	Não disponível	Não disponível	Não disponível
K	2.868,16	2.897,05	2.759,74
ns (rpm)	205,44	207,51	197,67
Nq (rpm)	68,48	39,17	65,89
Sigma	0,14	0,14	0,13
hs (rpm)	0,37	0,37	0,87
nf (rpm)	1.306,81	935,06	721,24
Ku	0,85	0,85	0,83
Dn	0,82	1,16	1,44
a	1,23	1,74	2,16
b	1,56	2,20	2,74
c	1,39	1,97	2,45
d	1,64	2,32	2,88
e	1,07	1,51	1,87



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

f	0,86	1,22	1,51
g	2,38	3,36	4,18
h	1,15	1,62	2,02
i	1,64	2,32	2,88
k	3,12	4,41	5,47

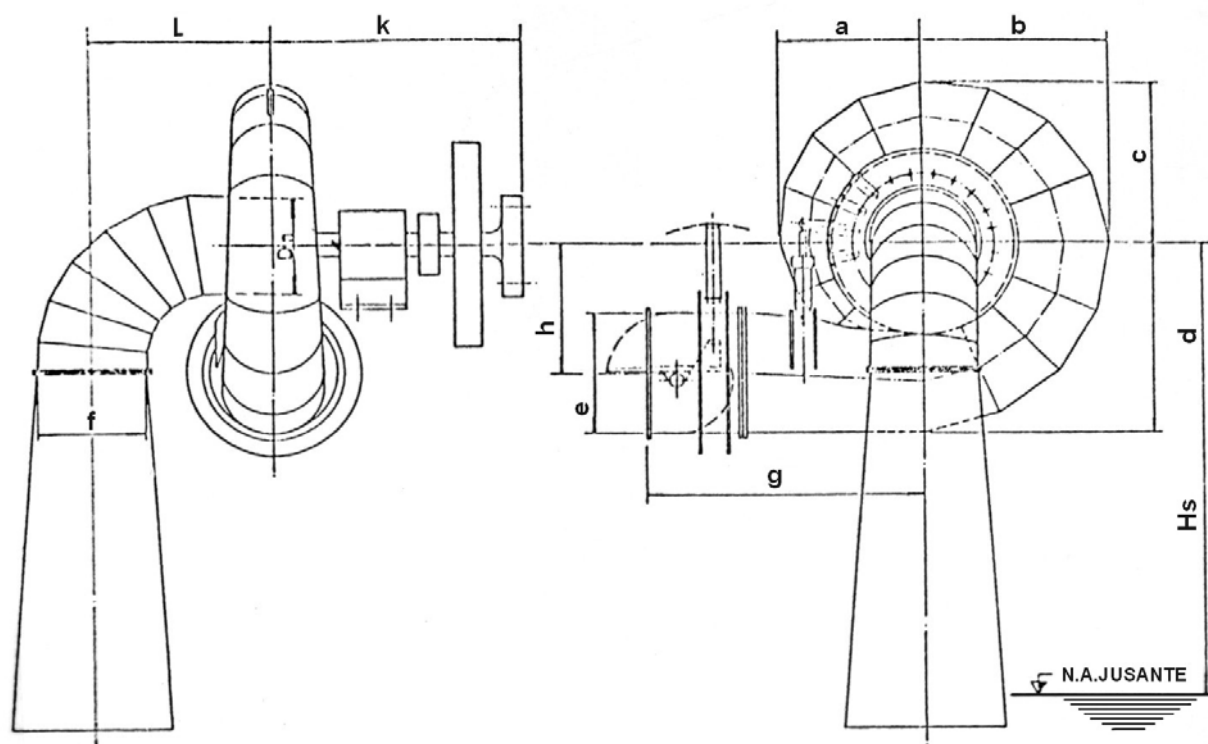


Figura 1.1

1.4.1.8 Estimativa de Peso

Ref: Eletrobás

T₁: 2 x 9.278 kW (400 rpm)

$$5,8 \times 0,75 \times 1,43^{1,9655} \times 70,01^{0,3310} = 71,48 \text{ ton}$$

T₂: 1 x 6.185 kW (514,29 rpm)

$$5,8 \times 0,75 \times 1,14^{1,9655} \times 70,01^{0,3310} = 22,94 \text{ ton}$$

T₃, T₄: 1 x 3.093 kW (720 rpm)

$$5,8 \times 0,75 \times 0,81^{1,9655} \times 70,01^{0,3310} = 11,75 \text{ ton}$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

1.4.2 Ponte Rolante da Casa de Força

1.4.2.1 Características Gerais

- Quantidade: 1
- Capacidade: 450 kN
- Vão do caminho de rolamento: 15 m
- Comprimento do caminho de rolamento: 85 m
- Altura de elevação: 20 m
- Norma de cálculo: NBR 8.400
- Operação: através de botoeira pendente

1.4.2.2 Estimativa de peso da ponte rolante

Curvas da Eletrobrás / Schreiber

≅ 40.000 kg.

1.4.3 Comporta Ensecadeira e Talha / Monovia de Jusante da Casa de Força

1.4.3.1 Características Gerais

- Quantidade de Comportas: 2
- Quantidade de painéis por comporta: 2
- Jogos de peças fixas: 4
- Viga pescadora: 2

1.4.3.2 Manobra

Através de viga pescadora e talha elétrica / monovia do tubo de sucção.

1.4.3.3 Altura dos painéis

- Tipo 1 5,2 m
- Tipo 2 5,2 m

1.4.3.4 Vão Livre

- Tipo 1 5,1 m
- Tipo 2 3,3 m

1.4.3.5 Cota da Soleira

- 299,3 m

1.4.3.6 N.A

- NA máx. normal de jusante 310,25 m
- NA máx. máx. de jusante 310,6 m



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

1.4.3.7 Aço Estrutural

- Aço estrutural: ASTM A 36

1.4.3.8 Norma de Cálculo

- Norma de cálculo: NBR – 8.883

1.4.3.9 Estocagem

- Estocagem: nas próprias ranhuras de operação.

- Esquema: Ver desenhos de arranjo

EN.B/III.DS.ME.0002

EN.B/III.DS.ME.0003

Páginas 112 e 123 do caderno de desenhos.

- Estimativa do peso da comporta

Para a estimativa do peso da comporta e dos painéis, foi utilizado um programa de microcomputador baseado em dados estatísticos, resultados abaixo:

	Tipo 1	Tipo 2
Peso de um elemento	3.300 kg	1,713 kg
Peso total da comporta	9.900 kg	5.139 kg
Peso das peças fixas de 1 vão	2.336 kg	1.926 kg
Peso total das peças fixas	7.008 kg	1.926 kg
Peso total	16.908 kg	7.065 kg

1.4.3.10 Talha / Monovia de Jusante

- Quantidade 1
- Monovia: 1
- Acionamento: operada com botoeira pendente
- Capacidade de levantamento: 75 kN
- Altura de levantamento 17,5 m
- Comprimento do caminho de rolamento 50 m
- Fabricantes recomendados: ROVENA, MUNCK, KOCH ou similar.

1.4.4 Válvulas Dispersoras

- Quantidade 1
- Diâmetro: 1,5 m
- Vazão de controle: 45,1 m³/s
- Tipo: Dispersora Cônicas



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

Obs: A montante de cada válvula serão instaladas válvulas de isolamento tipo esféricas.

- Fabricantes : Alston, Inepar, Voith e outros similares

2 . UHE SALGADO II

2.1 Características Gerais

- Capacidade Instalada: 25.500 kW
- Modulação sugerida nos estudos energéticos:
 - uma unidade geradora 3.000 kW
 - uma unidades geradoras 5.500 kW
 - duas unidade geradora 8.500 kW
- Níveis montante:
 - NA máx max: 311,44 m
 - NA normal : 309,23 m
 - NA min: 306,31 m
- Níveis jusante:
 - NA máx max: 250,9 m
 - NA normal: 243,1 m
 - NA min: 241,6 m
- Vazão: 45,1 m³/s
- Desenhos de referência/arranjo
EN.B/III.DS.ME.0006
EN.B/III.DS.ME.0007
EN.B/III.DS.ME.0008
Páginas 138 a 140 do caderno de desenhos.

2.2 Equipamentos da Tomada d'Água

2.2.1 Grades

- Tipo: Painéis removíveis para limpeza externa
- Quantidades:
 - conjuntos: 1
 - painéis 3
 - jogos de peças fixas: 1
- Manobra / remoção: os painéis serão removíveis um a um através de talha elétrica.
- Vão livre de cada vão: 6,8 m
- Altura da grade: 7,68 m



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

- Velocidade:45,10 / 6,8 x 7,68 = 0,86 m/s
- Espaçamento entre barras verticais:..... \cong 80 mm
- NA normal de montante: 309,23 m
- NA máx max de montante:..... 311,44 m
- Cota da soleira: 298,26 m
- Pressão de projeto:50 kN/m²
- Norma:ABNT NBR 11213
- Arranjo:ver desenho EN.B/III.DS.GT.0036. página 135 do caderno de desenhos
- Estimativa de peso dos painéis:..... será utilizada a taxa:
 - 130 kg/m²(para grades capacidade 30 kN/m²)
 - 175 kg/m²(para grades capacidade 50 kN/m²)
 - Temos: 6,8 x 7,68 = 52,224 m²
 - Peso painéis \cong 9.140 kg (91,4 kN)
 - Peso peças fixas \cong 80 kg/m linear (Schreiber-Eletróbrás)
 - Peso peças fixas \cong 35 m x 80 = 2.800 kg

2.2.2 Comporta Ensecadeira com Rodas da Tomada D'Água

- Tipo: será do tipo comporta ensecadeira com capacidade para cortar o fluxo em uma emergência, portanto, equipada com rodas.
- Quantidade:
 - comporta: 1
 - painéis por comporta:..... 1
 - jogos de peças fixas:..... 1
 - viga pescadora: 1
- Manobra: através de viga pescadora e talha elétrica
 - Altura: 4 m
 - Largura: 4 m
 - Cota da soleira: 298,64 m
 - Cota do coroamento:..... 312,3 m
 - NA máx max de montante:..... 311,44 m
 - Aço estrutural:ASTM A 36
 - Norma:NBR 8883
.....NBR 1366
- Estocagem: na própria ranhura de operação
- Estimativa de peso: foi utilizado um programa de microcomputador baseado em dados estatísticos, com o resultado abaixo:



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

- Peso de um elemento: 5,9 ton
- Peso total de uma comporta: 5,9 ton
- Peso total: 5,9 ton
- Peso das peças fixas de um vão: 2,21 ton
- Peso total da peças fixas: 2,21 ton
- Peso total (comportas + peças fixas): 8,11 ton

2.2.3 Pórtico e Talha Elétrica da Tomada D'Água

- Quantidades
 - talhas: 1
 - pórtico: 1
- Acionamento: talha elétrica, operada com botoeira pendente
- Capacidade: 75 kN
- Altura de levantamento: 21 m
- Comprimento do caminho de rolamento: 15 m
- Fabricante da talha: ROVENA, MUNCK, KOCH ou similar
- Vão do pórtico: 7,3 m
- Peso do pórtico, referência Schreiber: $\cong 6.000\text{kg}$

2.3 Condutos Forçados

2.3.1 Características Gerais:

- Quantidade: 1 conduto
- Diâmetro: 4 m
- Elevação do eixo a montante: 300,64 m
- Elevação do eixo a jusante: 238,7 m
- Vazão máx no conduto: 45,10 m³/s
- Diâmetro das ramificações na entrada da CF:
 - $D_1 = 2 \times 1,95 \text{ m}$
 - $D_2 = 1 \times 1,60 \text{ m}$
 - $D_3 = 1 \times 1 \text{ m}$
 - $D_4 = 1 \times 1,5 \text{ m}$
- Aço estrutural ASTM A 36
- Norma NBR 10.132

2.3.2 Esquema

Ver desenho de arranjo: EN.B.III.DS.GT.0036, página 135 do caderno de desenhos.



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

2.3.3 Diâmetro Econômico

Ver cálculo na memória de cálculo de engenharia hidráulica.

2.3.4 Estimativa de Peso

- Conduto DN 4 m - comprimento aproximadamente 50 m

$$e = \frac{1,5 \times 400}{2 \times 850} \cong 0,35 \text{ cm}$$

adotado 0,8 cm

$$50 \times \pi \times 4 \times \frac{0,8}{100} \times 7.850 = 39.500 \text{ kg}$$

- Conduto DN 4 m - comprimento aproximadamente 125 m

$$e = \frac{9,24 \times 400}{2 \times 850} \cong 2,17 \text{ cm}$$

adotado 2,54 cm

$$125 \times \pi \times 4 \times \frac{2,54}{100} \times 7.850 = 313.200 \text{ kg}$$

- Ramificação DN 1,95 m, aproximadamente 35 m

$$e = \frac{9,24 \times 195}{2 \times 850} = 1,06 \text{ cm}$$

adotado espessura média de 1,15 cm

$$35 \times \pi \times 1,95 \times \frac{1,15}{100} \times 7.850 \cong 19.400 \text{ kg}$$

- Ramificação DN 1,6 m, aproximadamente comprimento 20 m

$$e = \frac{9,24 \times 160}{2 \times 850} = 0,87 \text{ cm}$$

adotado 1 cm

$$20 \times \pi \times 1,6 \times \frac{1}{100} \times 7.850 \cong 7.900 \text{ kg}$$

- Ramificação DN 1,5 m, aproximadamente comprimento 20 m

$$e = \frac{9,24 \times 150}{2 \times 850} \cong 0,82 \text{ cm}$$

adotado 1 cm

$$20 \times \pi \times 1,5 \times \frac{1}{100} \times 7.850 \cong 7.400 \text{ kg}$$

- Ramificação DN 1 m, aproximadamente comprimento 20 m



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

$$e = \frac{9,24 \times 100}{2 \times 850} \cong 0,55 \text{ cm}$$

adotado 0,65 cm

$$20 \times \pi \times 1 \times \frac{0,65}{100} \times 7.850 \cong 3.200 \text{ kg}$$

2.4 Equipamento da Casa de Força

2.4.1.1 Potência

- Nº de unidades: 4
- Rendimento de gerador: 97%
- Potência na saída das turbinas
 - Turbina 1 = $3.000 / 0,97 = 3.093 \text{ kW}$
 - Turbina 2 = $5.500 / 0,97 = 5.670 \text{ kW}$
 - Turbina 3 e 4 = $8.500 / 0,97 = 8.763 \text{ kW}$

2.4.1.2 Perdas de Carga

Admitido nesta fase: 3 %

2.4.1.3 Quedas Líquidas

- Queda líquida de projeto / referência: 64,7 m
- Queda líquida máxima: 66,15 m
- Queda líquida mínima: 57,59 m

2.4.1.4 Vazões

Considerando um rendimento de 92 %

- $P = 9,81 \times Q \times H \times \text{Rend.}$
- $Q_1 \text{ (turbina 1)} = \frac{3.093}{9,81 \times 64,7 \times 0,92} = 5,3 \text{ m}^3 / \text{s}$
- $Q_2 \text{ (turbina 2)} = \frac{5.670}{9,81 \times 64,7 \times 0,92} = 9,71 \text{ m}^3 / \text{s}$
- $Q_3 \text{ (turbinas 3 e 4)} = \frac{8.763}{9,81 \times 64,7 \times 0,92} = 15 \text{ m}^3 / \text{s}$

Total: 45,01 m³/s

2.4.1.5 Tipo de Máquinas

As características nominais permitem que se considere como viáveis as opções de utilização de turbinas tipo Francis de eixo horizontal de simples ou dupla sucção. Adotamos máquinas horizontais de simples sucção, pelo fato de que não haverá grandes variações de queda e potência durante a operação da Usina.



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

2.4.1.6 Velocidade Específica Preliminar

As máquinas para a UHE Salgado II são de pequeno porte e normalmente disponíveis nos catálogos dos fabricantes tradicionais.

Deverá ser adotada uma família de turbinas já testadas anteriormente.

Para a velocidade específica será adotado um coeficiente k variando entre 2.800 e 3.800.

$$ns = kH^{-0,625}$$

teremos:

$$206,7 < ns < 280,52.$$

2.4.1.7 Pré-dimensionamento

Com os valores acima foi feito um pré-dimensionamento das turbinas, baseado em dados estatísticos, conforme tabela e figura 2 a seguir:

Tabela de Características

DADOS	TURBINA 1 3.093 Kw	TURBINA 2 5.670 Kw	TURBINA 3 E 4 8.763 Kw
Vazão m ³ /s	5,3	9,71	15
Rotação rpm	720	514,29	400
Nº de polos	10	14	18
Nº de polos / 4	Não divisível	Não divisível	Não divisível
K	2.956,02	2.858,78	2.764,21
ns (rpm)	218,22	211,04	204,06
Nq (rpm)	72,74	70,35	68,02
Sigma	0,15	0,14	0,14
hs (rpm)	0,4	0,55	0,98
nf (rpm)	1.3250,91	937,85	725,16
Ku	0,88	0,86	0,84
Dn (m)	0,83	1,14	1,43
a (m)	1,25	1,71	2,14
b (m)	1,58	2,17	2,72
c (m)	1,41	1,94	2,43
d (m)	1,66	1,14	2,86
e (m)	1,08	1,48	1,86
f (m)	0,87	1,20	1,50
g (m)	2,41	3,31	4,15
h (m)	1,16	1,6	2,
i (m)	1,66	2,28	2,86
k (m)	3,15	4,33	5,43



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

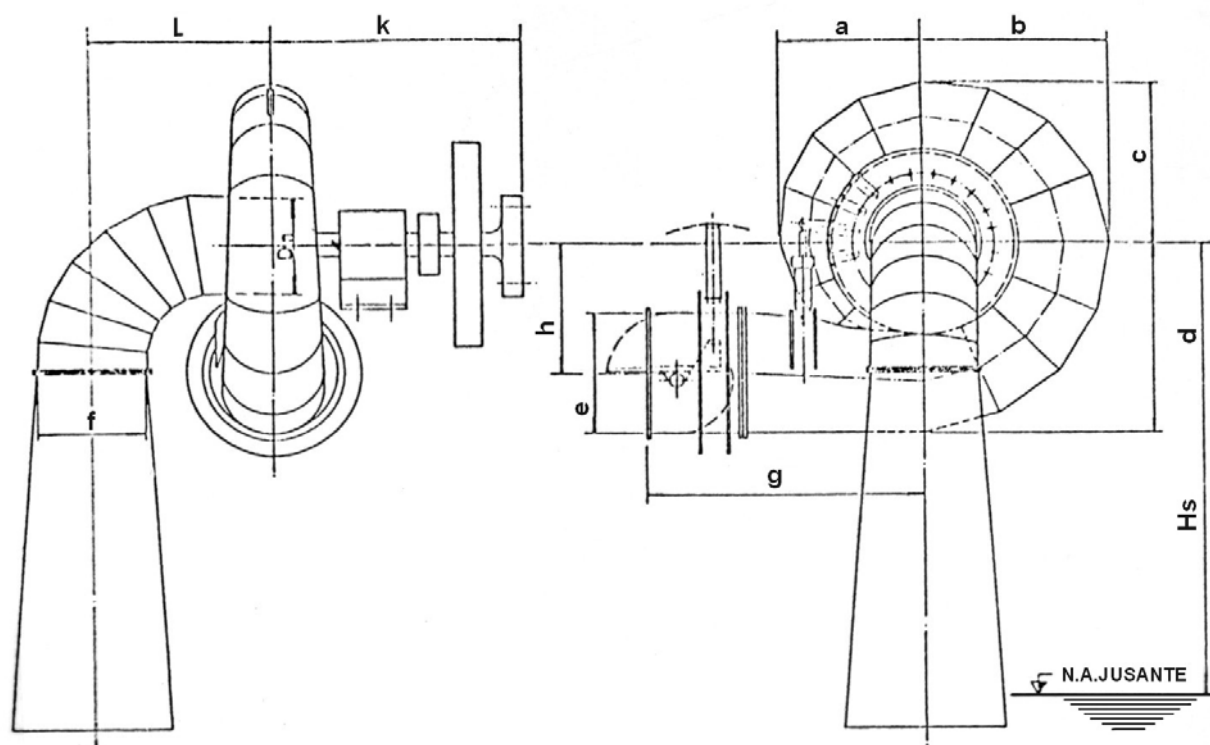


Figura 2.1

2.4.1.8 Estimativa de Peso

Ref: Eletrobás

T₁: 2 x 8.763 kW (400 rpm)

$$5,8 \times 0,75 \times 1,43^{1,9655} \times 66^{0,3310} = 35,05 \text{ ton}$$

T₂: 1 x 5.670 kW (514,29 rpm)

$$5,8 \times 0,75 \times 1,13^{1,9655} \times 66^{0,3310} = 22,11 \text{ ton}$$

T₃, T₄: 1 x 3.093 kW (720 rpm)

$$5,8 \times 0,75 \times 0,83^{1,9655} \times 66^{0,3310} = 12,09 \text{ ton}$$

2.4.2 Ponte Rolante da Casa de Força

2.4.2.1 Características Gerais

- Quantidade: 1
- Capacidade: 450 kN
- Vão do caminho de rolamento: 15 m
- Comprimento do caminho de rolamento: 85 m
- Altura de elevação: 20 m



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

- Norma de cálculo:NBR 8.400
- Operação: através de botoeira pendente

2.4.2.2 Estimativa de peso da ponte rolante

Curvas da Eletrobrás / Schreiber

≅ 40.000 kg.

2.4.3 Comporta Ensecadeira e Talha / Monovia de Jusante da Casa de Força

2.4.3.1 Características Gerais

- Quantidade de Compotas: 2
- Quantidade de painéis por comporta: 2
- Jogos de peças fixas: 4
- Viga pescadora: 2

2.4.3.2 Manobra

Através de viga pescadora e talha elétrica / monovia do tubo de sucção.

2.4.3.3 Altura dos painéis

- Tipo 1 5 m
- Tipo 2 5 m

2.4.3.4 Vão Livre

- Tipo 1 5,1 m
- Tipo 2 3,3 m

2.4.3.5 Cota da Soleira

- 233,5 m

2.4.3.6 N.A

- NA máx. normal de jusante 243,1 m
- NA máx. máx. de jusante 250,9 m

2.4.3.7 Aço Estrutural

- Aço estrutural:ASTM A 36

2.4.3.8 Norma de Cálculo

- Norma de cálculo:NBR – 8.883

2.4.3.9 Estocagem

- Estocagem: nas próprias ranhuras de operação.
- Esquema: Ver desenhos de arranjo



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

EN.B/III.DS.ME.0006

EN.B/III.DS.ME.0007

Páginas 138 e 140 do caderno de desenhos.

- Estimativa do peso da comporta

Para a estimativa do peso da comporta e dos painéis, foi utilizado um programa de microcomputador baseado em dados estatísticos, resultados abaixo:

	Tipo 1	Tipo 2
Peso de um elemento	4.210 kg	2.210 kg
Peso total da comporta	12.630 kg	2.210 kg
Peso das peças fixas de 1 vão	3.060 kg	2.600 kg
Peso total das peças fixas	9.180 kg	2.600 kg
Peso total	21.810 kg	4.810 kg

2.4.3.10 Talha / Monovia de Jusante

- Quantidade 1
- Monovia:..... 1
- Acionamento: operada com botoeira pendente
- Capacidade de levantamento: 75 kN
- Altura de levantamento 23 m
- Comprimento do caminho de rolamento 55 m
- Fabricantes recomendados:..... ROVENA, MUNCK, KOCH ou similar.

2.4.4 Válvulas Dispersoras

- Quantidade 1
- Diâmetro:..... 1,5 m
- Vazão de controle: 45,1 m³/s
- Tipo: Dispersora Cônicas

Obs: A montante de cada válvula serão instaladas válvulas de isolamento tipo esféricas.

- Fabricantes : Alston, Inepar, Voith e outros similares.

3 . ESTRUTURA DE DERIVAÇÃO

3.1 Estrutura de Controle, capacidade 45,10 m³/s

Na saída do reservatório Caiçara para Salgado I. Desenho de referência EN.B/III.DS.ET.0004, página 101 do caderno de desenhos..



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

3.1.1.1 Características Gerais

- Tipo de comporta: segmento de superfície
- Quantidade: 4
- Acionamentos: óleo-Hidráulico, através de dois servomotores por comporta
- Vão livre: 3.800 mm
- Altura: 4.000 mm
- Raio: 6.700 mm

3.1.1.2 Pré dimensionamento para estimativa do Peso da comporta Segmento

Foi utilizado um programa de micro-computador, baseado em dados estatísticos conforme tabela a seguir:

Peso de um elemento:	3.700 kg
Peso da comporta:	3.700 kg
Peso: total das comportas:	14.800 kg
Peso das Peças Fixas de um vão:	1.650 kg
Peso total das Peças Fixas:	6.600 kg
Peso total (comportas + Peças Fixas):	21.400 kg

3.1.1.3 Comportas ensecadeiras de Montante

- Tipo: Painéis deslizantes
- Quantidade: 1 comporta
- Quantidade de painéis / comporta: 4
- Manobra: através de guindaste móvel e viga pescadora
- Vão livre: 3.800 mm
- Altura de um painel: 1.100 mm
- Pesos: obtidos a partir de programa de micro-computador:
 - Peso de um painel 940 kg
 - Peso de comporta: 3.760 kg
 - Peso total da comporta: 3.760 kg
 - Pesos das Peças Fixas de um vão: 1.420 kg
 - Peso total das Peças Fixas: 5.680 kg
 - Peso total (comporta + Peças Fixas): 9.440 kg

3.1.1.4 Comportas ensecadeiras de jusante

- Tipo: Painéis deslizantes



Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

- Quantidade: 1 comporta
- Quantidade de painéis / comporta: 3
- Manobra: através de guindaste móvel e viga pescadora
- Vão livre: 3.800 mm
- Altura de um painel: 1.490 mm
- Pesos: obtidos a partir de programa de micro-computador:
 - Peso de um painel 1.198 kg
 - Peso de comporta: 3.594 kg
 - Peso total da comporta: 3.594 kg
 - Pesos das Peças Fixas de um vão: 1.420 kg
 - Peso total das Peças Fixas: 5.680 kg
 - Peso total (comporta + Peças Fixas): 9.274 kg