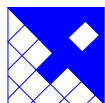




**MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA**



INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais



FUNCATE - Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais



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

**TRECHO V – EIXO LESTE
R18 – MEMORIAIS DE CÁLCULO
VOLUME 1 – GEOTECNIA E HIDRÁULICA**



**TRECHO V – EIXO LESTE
R18 – MEMORIAIS DE CÁLCULO
VOLUME 1 - GEOTECNIA E HIDRÁULICA**

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

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL

Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica

Ministro de Estado da Integração Nacional: Fernando Luiz Gonçalves Bezerra

Secretário de Infra-Estrutura Hídrica: Rômulo de Macedo Vieira

Coordenador Geral: João Urbano Cagnin

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Diretor Interino: Volker W. J. H. Kirchhoff

FUNCATE – Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais

Gerente: José Armando Varão Monteiro

Coordenador Técnico: Antônio Carlos de Almeida Vidon

Coordenador Técnico Adjunto: Ricardo Antônio Abrahão

Brasília, março de 2001

Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais - FUNCATE

Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional; Trecho V – Eixo Leste – R18 – Memoriais de Cálculo. – São José dos Campos: Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais – FUNCATE, 2000. 230 p

1. Transposição de Águas

I. Trecho V – Eixo Leste – R18 – Memoriais de Cálculo – Volume 1 – Geotecnia e Hidráulica

CDU: 556.5:62

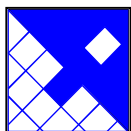
FUNCATE:

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

São José dos Campos – SP

CEP: 12210-131

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



FUNCATE

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

Projeto	Data
Verificação	Data
Aprovação	Data
Aprovação	Data
Código FUNCATE EN.B/V.RF.GR.0010	Data

Rev.	Data	Folha	Descrição	Aprovação	FUNCATE	
					Data	Aprovação

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

**TRECHO V - EIXO LESTE
R18 - MEMORIAIS DE CÁLCULO
VOLUME 1 - GEOTECNIA E HIDRÁULICA**

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

Equipe

José Armando Varão Monteiro: Gerente

Antônio Carlos de Almeida Vidon: Coordenador Técnico

Ricardo Antônio Abrahão: Coordenador Técnico Adjunto

Akira Ussami: Chefe da Equipe de Geotecnia:

Geverson Luiz Machado – Engenheiro Civil

Gislaine Terezinha de Matos – Engenheira Civil

Newton Bitencourt Santos – Engenheiro Civil

Nobutugu Kaji: Chefe da Equipe de Geologia:

Aloysio Accioly de Senna Filho – Geólogo

Fábio Canzian – Geólogo

José Frederico Büll – Geólogo

Wilson Roberto Mori – Geólogo

Fernando Bispo de Jesus – Técnico de Campo

José Antonio Santos Subrinho – Técnico de Campo

José Carlos Mazzo: Chefe da Equipe de Hidráulica:

Anibal Young Eléspuru – Engenheiro Civil

Rafael Guedes Valença – Engenheiro Civil

José Carlos Degaspere: Chefe da Equipe de Estrutura

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

Roberto Lira de Paula – Engenheiro Civil

José Luiz Barbosa Vianna – Tecnólogo em Obras Cíveis

Ricardo Carone: Chefe da Equipe de Engenharia Mecânica

Bernd Dieter Lukas – Engenheiro Mecânico

Sidnei Collange: Chefe da Equipe de Engenharia Elétrica

Coaraci Inajá Ribeiro – Engenheiro Eletricista

Sandra Schaaf Benfica: Chefe da Equipe de Produção

Aleksander Szulc – Projetista

Antonio Muniz Neto – Projetista

Carla Costa R. Pizzo Atvars – Projetista

Florencio Ortiz Martinez – Projetista

João Luiz Bosso – Projetista

Leandro Eboli – Projetista

Rubens Crepaldi – Projetista

Mônica de Lourdes Sampaio – Auxiliar Técnica

Infra Estrutura e Apoio

Ana Julia Cristofani Belli – Secretária

Maria Luiza Chiarello Miragaia – Secretária

Célia Regina Pandolphi Pereira – Assistente Adm. Especializada

Carlos Roberto Leite Marques – Assistente Administrativo

Laryssa Lillian Lopes – Técnica em Geoprocessamento

Henrique de Brito Farias – Técnico de Informática

Jacqueline Oliveira de Souza – Auxiliar Administrativo

Marcelo Pereira Almeida – Auxiliar Administrativo

Priscila Pastore M. dos Santos – Auxiliar Administrativo

Juliano Augusto do Rosário – Mensageiro

Maria Aparecida de Souza – Servente

Consultores

Francisco Gladston Holanda

Luiz Antonio Villaça de Garcia

Luiz Ferreira Vaz

Nick Barton



APRESENTAÇÃO

O presente documento se constitui no Relatório R18 – MEMORIAIS DE CÁLCULO, parte integrante do **Projeto Básico do Trecho V – Eixo Leste**, referente ao PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL, elaborado pela FUNCATE através do contrato INPE/FUNCATE nº 01.06.094.0/99.

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

O **Projeto Básico do Trecho V – Eixo Leste** compõe-se dos seguintes relatórios:

- R1 Descrição do Projeto
- R2 Critérios de Projeto
- R3 Sistemas de Captação no Reservatório da UHE Itaparica
- R4 Estações de Bombeamento
- R5 Sistema Adutor – Canais, Aquedutos, Tomadas de Usos Difusos, Túnel, Estruturas de Controle
- R6 Barragens e Vertedouros
- R7 Sistema de Drenagem
- R8 Bases Cartográficas
- R9 Geologia e Geotecnia
- R10 Estudos Hidrológicos
- R11 Sistemas de Supervisão, Controle e Telecomunicações
- R12 Modelo Hidrodinâmico e Esquema Operacional
- R13 Sistema Elétrico
- R14 Canteiros e Sistema Viário
- R15 Cronograma e Orçamentos
- R16 Caderno de Desenhos
- R17 Dossiê de Licitação
- R18 Memoriais de Cálculo
 - Volume 1 – Geotecnia e Hidráulica
 - Volume 2 – Estrutura, Elétrica e Mecânica



ÍNDICE

MEMORIAIS DE CÁLCULO

PARTE 1 - GEOTECNIA

- ANÁLISE DE ESTABILIDADE
- ANÁLISE DE PERCOLAÇÃO

PARTE 2 - HIDRÁULICA

PARTE 3 - ESTRUTURA

- ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO
- AQUEDUTO

PARTE 4 - ELÉTRICA

- BOMBAS
- MOTORES
- TRANSFORMADORES

PARTE 5 - MECÂNICA



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

PARTE 1 MEMORIAIS DE CÁLCULO - GEOTECNIA



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

ÍNDICE	PG
ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES - SEÇÕES TÍPICAS	1
1. FINALIDADE	1
2. METODOLOGIA, CRITÉRIOS E CONDIÇÕES DE CARREGAMENTO.....	1
3.1. Condição de Final de Construção.....	1
3.2. Condição à Longo Prazo (Funcionamento Normal).....	2
3.3. Condição de Rebaixamento Rápido.....	2
3. ESTUDOS REALIZADOS.....	2
4.1. Seções Típicas Consideradas.....	2
4.2. Análise dos Resultados	3
4.2.1. Seção Tipo A – Zonada – Fundação em Solos Aluvionares e de Alteração - H=16m (ref. Barragem Areias).....	3
4.2.2. Seção Tipo B – Homogênea – Fundação em Rocha - H=11m (ref. Barragem Areias)	4
4.2.3. Seção Tipo C – Homogênea – Fundação em Argilito - H=11m (ref. Barragem Areias).....	4
4.2.4. Seção Tipo D – Zonada – Fundação em Solo de Alteração - H=28m (ref. Barragem Braúnas)	5
4.2.5. Seção Tipo E – Homogênea – Fundação em Solos Coluvionares e de Alteração - H=19m (ref. Barragem Braúnas).....	6
4.2.6. Seção Tipo F – Homogênea – Fundação em Aluvião - H=11m (ref. Barragem Areias)	6



ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES - SEÇÕES TÍPICAS

1. FINALIDADE

Este relatório apresenta os estudos de estabilidade ao escorregamento dos taludes dos maciços compactados concebidos para diversos barramentos constantes no Projeto de Transposição de Água do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional.

Os estudos efetuados para as seções transversais consideradas típicas e representativas das diversas barragens utilizadas nos estudos, permitem subsidiar o dimensionamento da geometria dos maciços compactados.

GENERALIDADES

Os estudos de estabilidade dos taludes externos de montante e jusante foram elaborados para diferentes alturas e concepções dos barramentos (tipos homogênea e zonada). Foram admitidas as fundações típicas predominantes, além daquelas consideradas singulares.

A geometria das seções das barragens foi consubstanciada nos desenhos elaborados para o projeto básico da Transposição de Água do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional.

As seções transversais apresentam crista com 6m de largura e taludes externos de montante e jusante com inclinação de 1V:2,2H. Constituem de um filtro interceptor vertical interligado a um tapete drenante horizontal (com saída afogada). Nos maciços homogêneos considerou-se materiais de construção com mesmas propriedades de engenharia para ambos os espaldares. Nas seções zonadas foram admitidos dois diferentes materiais de construção lançados em regiões pré-definidas.

Foram realizados diferentes estudos procedendo-se variação nas características de alguns materiais do aterro e fundação, como descrito nos itens subsequentes.

No Quadro I estão apresentadas as características geotécnicas dos materiais de construção e de fundação adotadas nos estudos objeto deste documento. Nos Quadros II a VII estão sintetizadas as características e hipóteses admitidas para cada análise efetuada e os respectivos resultados obtidos.

2. METODOLOGIA, CRITÉRIOS E CONDIÇÕES DE CARREGAMENTO

Os estudos foram realizados utilizando-se o método de equilíbrio limite aplicada a superfícies circulares. Foi empregado o programa “*Estalude Versão 4.0*”, que emprega o método de *Bishop Simplificado* para a determinação do coeficiente de segurança (FS). Os estudos foram realizados em termos de tensões efetivas.

Foram considerados para diferentes condições de carregamento os seguintes fatores de segurança mínimo estabelecidos nos critérios de projeto para os estudos de estabilidade de taludes:

- 1,30 - final de construção;
- 1,50 - regime permanente;
- 1,10 - rebaixamento rápido até o N_{Amin} excepcional.

3.1. Condição de Final de Construção

Admite-se a execução instantânea do maciço compactado, sem qualquer carregamento hidráulico externo.

As poro-pressões intersticiais adotadas para o aterro foram determinadas através do parâmetro “ r_u ” de *Skempton*. Para simplificação nos cálculos, foi admitido que a variação da tensão principal



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

maior (D_{S1}) fosse igual à variação da pressão da coluna vertical do aterro no ponto considerado, representada por “ $\gamma \cdot h$ ” (produto do peso específico natural do material pela altura do aterro).

3.2. Condição à Longo Prazo (Funcionamento Normal)

Considera-se o reservatório cheio, maciço compactado adensado e percolação d’água já estabelecida. Para esta solicitação, foi avaliada a estabilidade do talude de jusante considerando-se o nível máximo maximorum do reservatório.

Admitiu-se a saída afogada do filtro horizontal, com gradiente hidráulico máximo de 10%, como previsto nos critérios de projeto.

3.3. Condição de Rebaixamento Rápido

Admitiu-se um hipotético rebaixamento instantâneo do nível d’água máximo maximorum até o nível mínimo do reservatório. Considera-se como mínima a cota do fundo do canal adicionada à altura d’água no mesmo, quando do funcionamento de uma bomba em regime permanente.

A poro-pressão inicial adotada nos cálculos, antes do rebaixamento, foi obtida da rede de fluxo elaborada para o regime permanente conforme apresentado em relatório específico. Após o rebaixamento rápido, as poro-pressões foram determinadas de acordo com a hipótese de Bishop, ou seja:

$$u = u_0 + B \cdot D_{S1}$$

onde:

u_0 = pressão inicial obtida da rede de percolação em regime de funcionamento normal;

B = assumido igual à unidade;

D_{S1} = variação da tensão principal maior suposta igual à variação da tensão vertical no ponto considerado.

Para a previsão da poro-pressão adotando-se o método de Bishop admitiu-se as seguintes hipóteses:

- maciço de terra compactado totalmente saturado;
- descarregamento, devido ao rebaixamento, não drenado.

3. ESTUDOS REALIZADOS

Os estudos foram realizados para algumas seções admitidas como representativas, tanto em alturas como nas concepções dos maciços compactados.

4.1. Seções Típicas Consideradas

Os estudos foram desenvolvidos admitindo-se diferentes seções típicas de barragem, como descrito a seguir:

- a) Tipo A – seção do tipo zonada, com altura da ordem de 16m, apoiada em solos aluvionares sobrejacentes a solos de alteração e rocha (alterada e sã). Considerada típica para a grande maioria dos barramentos, foi admitida com características análogas à da barragem Areias (des. s/º e EN.B/V.DS.GL.0021).
- b) Tipo B – seção do tipo homogênea, com altura da ordem de 11m, fundada diretamente no topo da rocha. Nesta ombreira ocorrem solos aluvionar, coluvionar ou de alteração, geralmente com pequenas espessuras, superpostos à rocha. Sua concepção também foi baseada no projeto da barragem Areias (des. s/º e EN.B/V.DS.GL.0021).
- c) Tipo C – seção do tipo homogênea, apresenta altura da ordem de 11m e característica singular de fundação. Neste caso o aterro será executado diretamente em argilitos, com



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

reduzido coeficiente de permeabilidade (inferior à 10^{-6} cm/s) e baixa resistência ao cisalhamento, existente em parte da fundação da barragem Areias (des. s/º e EN.B/V.DS.GL.0021).

- d) Tipo D – seção do tipo zonada, escolhida por representar a barragem de Braúnas, que revela a maior altura (28m) de todos os barramentos previstos nos estudos de Transposição (des. s/º e EN.B/V.DS.GL.0022). O aterro será fundado em solo de alteração que recobre o topo rochoso.
- e) Tipo E – seção do tipo homogênea, também admitida para as ombreiras da barragem de Braúnas, com altura de 19m (des. s/º e EN.B/V.DS.GL.0021). Neste caso, a fundação é constituída de solos coluvionares sobrejacentes à solos de alteração.
- f) Tipo F – seção homogênea, com 11m de altura, similar à Tipo B. Neste caso, considera-se que a ocorrência de uma camada de solo aluvionar com baixa resistência ao cisalhamento, posicionada entre o maciço compactado e o topo da rocha (ref. Barragem Areias).

Para as pressões da água intersticial adotadas nos estudos de rebaixamento foram utilizadas as redes de fluxo elaboradas e apresentadas em relatório específico.

4.2. Análise dos Resultados

Em geral, os estudos realizados foram conduzidos de forma a atender algumas considerações consubstanciadas nos critérios de projeto, tais como, parâmetro $ru = 0,10$ (máximo) para regime correspondente ao final de construção, inclinação máxima de 10% do gradiente hidráulico no interior do filtro horizontal e rebaixamento rápido do reservatório conforme descrito no item 3.3.

As características geotécnicas dos materiais de construção e de fundação fornecidas e admitidas nos estudos realizados estão indicadas no Quadro I. Nos Quadros II a VII consta uma síntese dos parâmetros adotados e os resultados obtidos para as diversas alternativas considerando-se diferentes condições de carregamento, para cada seção avaliada.

Nos desenhos anexos estão apresentadas as seções típicas analisadas e as superfícies críticas de ruptura determinadas para as diversas condições de carregamento.

Com base nos diversos estudos realizados descreve-se a seguir algumas considerações sobre os resultados obtidos.

4.2.1. Seção Tipo A – Zonada – Fundação em Solos Aluvionares e de Alteração - H=16m (ref. Barragem Areias)

a) Final de Construção

Para esta condição de carregamento constata-se que os fatores de segurança (FS) determinados nas avaliações dos taludes de montante e de jusante apresentam-se bastante confortáveis, mesmo quando admite-se os solos compactado com características iguais ao considerado de menor resistência ao cisalhamento.

b) Funcionamento

Para a seção típica zonada foi determinado FS mínimo de 1,59. Para uma suposta seção homogênea, o FS reduz para 1,53 se admitir o solo compactado como o de menor resistência.

Admitindo-se um gradiente no filtro horizontal de 10% e uma piezométrica no solo de fundação da ordem de 13%, é obtido um $FS=1,51$, também atendendo aos critérios de projeto. Cumpre salientar que este é um caso mais desfavorável, pois considera-se a ocorrência de uma rocha alterada muito permeável (cem vezes maior que a da rocha sã subjacente). Estas informações foram obtidas através de redes de fluxo elaboradas e apresentadas em relatório específico.

c) Rebaixamento Rápido



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Como o deplecionamento do reservatório é de baixa magnitude (1,78m), o fator de segurança obtido foi bastante elevado (2,98). Admitiu-se neste caso ângulo de atrito e coesão efetivos de 28° e $0,1 \text{ kgf/cm}^2$ para o material do tipo 3 e de 30° e $0,2 \text{ kgf/cm}^2$ para o material 4.

Foram também efetuadas simulações admitindo-se reduções no valor do intercepto de coesão do material do aterro. Para ângulo de atrito de 28° e coesões de $0,05 \text{ kgf/cm}^2$ e zero foram determinados coeficientes de 2,28 e 1,24, respectivamente.

d) Conclusão

Os fatores mínimos de segurança foram atendidos para todas as condições de carregamento avaliadas.

4.2.2. Seção Tipo B – Homogênea – Fundação em Rocha - H=11m (ref. Barragem Areias)

a) Final de Construção

Os taludes montante e jusante apresentam fatores de segurança muito superiores ao mínimo exigido (1,30) para esta condição de carregamento considerada.

b) Funcionamento

Mesmo admitindo-se gradientes hidráulicos no interior do filtro equivalente à 10%, foi obtido fator de segurança de 1,65, cerca de 10% superior ao mínimo preconizado.

c) Rebaixamento Rápido

Foram determinados FS elevados para os parâmetros de resistência admitidos. Também foram elaborados estudos com a admissão de menores valores do intercepto de coesão. Para coesão nula obteve-se $FS=1,31$, mesmo assim atendendo ao mínimo admitido nos critérios de projeto (1,10).

d) Conclusão

Fundamentando-se nos parâmetros geotécnicos considerados verifica-se que a concepção adotada para a seção transversal da barragem é compatível com os critérios de projeto estabelecidos.

4.2.3. Seção Tipo C – Homogênea – Fundação em Argilito - H=11m (ref. Barragem Areias)

Os estudos de estabilidade desta seção tipo foram procedidos com um enfoque diferente, tendo em vista a baixa resistência ao cisalhamento admitida para o material de fundação (argilito).

Além das verificações corriqueiras da estabilidade dos taludes, foi também admitida a substituição parcial do argilito por solo compactado, como descrito a seguir.

a) Final de Construção

a1) Maciço compactado apoiado diretamente no argilito

Admitindo-se o lençol freático posicionado à maior profundidade, ângulo de atrito de 20° e parâmetro r_u do aterro igual à 0,10, verifica-se que o talude de montante apresenta $FS=1,25$, inferior ao mínimo desejado. Para estas condições, o talude de jusante apresentou-se com $FS=1,33$, um pouco acima do mínimo estipulado.

Admitindo-se um incremento no ângulo de atrito, passando-o de 20° para 25° , foram obtidos FS superiores ao 1,30 mínimo exigido. Para a fundação com esta característica (25°) também foram realizados estudos admitindo-se o lençol freático posicionado na superfície do terreno natural, registrando-se fator de segurança de 1,30.

a2) Substituição do argilito por uma camada de 2 (dois) metros de aterro

O valor do FS é majorado de 1,26 para 1,45 para o talude de montante, quando é admitido ângulo de atrito de 20° e não saturado o solo de fundação. Com a consideração do lençol d'água



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

na superfície do terreno durante o período construtivo constata-se que estes coeficientes reduzem sensivelmente, passando para 1,29.

b) Funcionamento

b1) Maciço compactado apoiado diretamente no argilito

O coeficiente de segurança determinado eleva-se de 1,35 para 1,51, se o ângulo de atrito for alterado de 20° para 25°, atendendo-se, assim, ao valor mínimo estabelecido.

b2) Substituição do argilito por uma camada de 2 (dois) ou 4 (quatro) metros de aterro (mantendo o filtro horizontal apoiado na fundação natural)

Para 20° de ângulo de atrito do argilito e substituindo-se parte do material de fundação por uma camada de solo compactado com 2m ou 4m de espessura, os valores registrados são respectivamente de 1,49 e 1,54.

Se também substituir a fundação por 2m de aterro e admitir o maciço compactado com ângulo de atrito de 30° (estudos anteriores realizados com 28°) o FS se altera de 1,49 para 1,54.

c) Rebaixamento Rápido

Face à pequena amplitude do deplecionamento do reservatório e das características semelhantes dos aterros, os estudos de estabilidade revelam fatores de segurança análogos aos dos estudos de rebaixamento realizados para a seção tipo B (item anterior).

d) Conclusão

Admitindo-se o aterro apoiado diretamente no material de fundação, constata-se que os critérios não são atendidos quando admite-se 20° para o ângulo de atrito do argilito. Para a obtenção de fatores de segurança iguais ou superiores aos mínimos estabelecidos para os diferentes casos de construção será necessária a substituição parcial do argilito da fundação por cerca de 3m de aterro compactado.

Os resultados obtidos para os estudos de estabilidade apresentam-se aceitáveis quando admitido 25° de ângulo de atrito para o material de fundação, próximos dos coeficientes mínimos preconizados. Neste caso, a substituição parcial do argilito por solo compactado não reflete sensivelmente nos coeficientes determinados.

4.2.4. Seção Tipo D – Zonada – Fundação em Solo de Alteração - H=28m (ref. Barragem Braúnas)

a) Final de Construção

Os estudos apresentaram resultados satisfatórios para os taludes de montante e jusante, mesmo com a admissão de lençol freático nas proximidades da superfície terreno natural.

O fator de segurança do talude de montante é reduzido de 1,40 para 1,31 quando admite-se os dois materiais de construção (3 e 4) com mesmas propriedades e iguais ao de menor resistência. Em situação análoga para o talude do espaldar de jusante, o FS é alterado de 1,42 para 1,33.

Mesmo admitindo-se uma redução no ângulo de atrito do solo de alteração da fundação (de 25° para 20°), o talude de jusante apresenta fator de segurança igual ao mínimo recomendado.

b) Funcionamento

Com a adoção dos parâmetros característicos para seção zonada e gradiente hidráulico no filtro de 10%, foi obtido FS = 1,59, que é reduzido para valor próximo ao mínimo preconizado quando admite que os materiais do aterro tenham as mesmas características (iguais ao do material de menor resistência).

c) Rebaixamento Rápido



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Como é pequena a variação de níveis d'água admitida para o rebaixamento rápido do reservatório (1,91m), os estudos de estabilidade revelam coeficientes mínimo muito elevados, mesmo admitindo-se ambos os materiais do aterro com características semelhantes e constituídos pelo de menor resistência ao cisalhamento. Admitindo-se coesão nula para os solos constituintes do aterro, o FS reduz para valor de 1,34 (superior ao mínimo estabelecido de 1,10).

d) Conclusão

Os estudos de estabilidade de taludes realizados para diferentes condições de carregamento da barragem atendem aos coeficientes mínimos estabelecidos, admitindo-se as hipótese adotadas.

4.2.5. Seção Tipo E – Homogênea – Fundação em Solos Coluvionares e de Alteração - H=19m (ref. Barragem Braúnas)

a) Final de Construção

Considerando-se a presença de nível d'água do lençol próximo à superfície do terreno, os estudos revelaram fatores de segurança aceitáveis para este estágio de obra. Foram determinados FS de 1,37 para o talude de montante e de 1,40 para o de jusante.

b) Funcionamento

Na maioria dos casos avaliados considerou-se carga hidráulica no interior do filtro horizontal igual à máxima admitida nos critérios de projeto, ou seja, de 10%.

Para os parâmetros de resistência normalmente considerados, foi determinado coeficiente de segurança de 1,39. Mesmo admitindo-se um incremento no ângulo de atrito do solo coluvionar de fundação de 25° para 28°, o valor determinado de 1,44 é ainda inferior ao mínimo exigido (1,50).

Mesmo considerando que a carga no filtro seja nula, o coeficiente fica ainda pouco abaixo do mínimo estabelecido.

Para gradiente no filtro de 10%, constata-se que o coeficiente de segurança mínimo ao escorregamento do talude de jusante é atendido somente para taludes inclinados com 1,0V:2,5H ou quando substitui-se o solo coluvionar superficial da fundação por solo compactado com espessura da ordem de 2m ou admitindo-se a presença de uma berma de estabilização.

c) Rebaixamento Rápido

Os coeficiente de segurança mínimo estabelecido é também atendido, mesmo admitindo-se nulo o intercepto de coesão do solo compactado.

d) Conclusão

O talude com inclinação de 1,0V:2,2H apresenta-se com fatores de segurança superiores aos requeridos para as condições correspondentes ao final de construção e rebaixamento rápido do reservatório.

Porém, para a fase correspondente ao funcionamento da barragem, o talude do espaldar de jusante deverá ter uma redução na declividade, passando-o para 1,0V:2,5H. Alternativamente, poderá ser executada uma berma de estabilização ou substituir cerca de 2m do solo coluvionar de fundação por aterro compactado.

4.2.6. Seção Tipo F – Homogênea – Fundação em Aluvião - H=11m (ref. Barragem Areias)

Neste caso, admitiu-se o topo rochoso sotoposto à uma suposta camada de solo aluvionar com espessura da ordem de 2m e 4m na fundação do barramento.

a) Final de Construção

Os fatores de segurança determinados para esta fase de carregamento foram sensivelmente superiores aos mínimos preconizados. Admitiu-se o lençol freático posicionado nas proximidades



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

da superfície do terreno natural, parâmetro de poro-pressão $ru = 0,10$ no maciço compactado e o aluvião com espessura de 4m e baixa resistência ao cisalhamento ($c' = 0,15 \text{ Kgf/cm}^2$ e $f' = 19^\circ$).

b) Funcionamento

Com a consideração de carga hidráulica no filtro de 10% e o solo aluvionar da fundação com espessuras de 2m e 4m, os coeficientes mínimos ao escorregamento dos taludes mostraram valores pouco inferiores ao pretendido, principalmente para o aluvião constituído de menor espessura. Quando não admite-se gradiente hidráulico no interior do filtro, os estudos revelam fator de segurança de 1,50.

Alterando-se a inclinação do talude de jusante de 1V:2,2H para 1V:2,4H e aluvião com espessura de 4m, foi obtido fator de segurança de 1,51, atendendo aos critérios de projeto.

c) Rebaixamento Rápido

Admite-se para esta condição que os fatores de segurança são análogos aos determinados para a seção Tipo B, tendo em vista as similaridades nas características de ambas as concepções.

d) Conclusão

Para os regimes de final de construção e rebaixamento rápido do reservatório os estudos revelam que a geometria adotada para a barragem atende aos critérios de projeto no que refere-se à estabilidade do maciço compactado.

Os fatores de segurança determinados para a fase de funcionamento apresentam-se um pouco inferior ao mínimo. Porém, para que seja garantido um FS com valor igual ou superior à 1,50, haverá necessidade de abrandar o talude de jusante para 1V:2,4H. Opcionalmente, poderá ser prevista berma de estabilização ou a substituição parcial do aluvião de fundação (aprox. 2m) por solo compactado, no trecho subjacente ao espaldar de jusante.

Importante salientar que a seção geológica-geotécnica longitudinal elaborada especificamente para a Barragem Areias indica a ocorrência de pequena espessura de material de cobertura do topo rochoso (solos aluvionares e de alteração).



**QUADRO I - CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DOS
MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E FUNDAÇÃO**

Material		Peso Específico Nat / Sat (gf/cm ³)	Coesão Efetiva (kgf/cm ²)	Ângulo de Atrito Efetivo (grau)	Permeabilidade (cm/s)
Maciço	Aluvião-areia argilosa	1,90 / 2,00	0,1	30	$< 5.10^{-6}$
	Colúvio/Solo de alteração-silte argiloso	1,80 / 1,95	0,1	28	$< 1.10^{-6}$
Compactado	RAM/Saprolito	2,00 / 2,10	0,2	30 (35)	$< 5.10^{-6}$
	Enrocamento	2,00 / 2,15	0,0	40	-
	Areia	1,80 / 2,00	0,0	30	1.10^{-3} a 1.10^{-2}
	Transição	1,85 / 2,00	0,0	35	$< 1,0$
Fundação	Aluvião/Coluvião arenosos	1,85 / 1,95	0,1	30	$< 5.10^{-5}$
		1,80 / 1,90	0,05	25	$< 5.10^{-5}$
	Aluvião argiloso	1,70 / 1,85	0,15	19	$< 1.10^{-6}$
	Solo de alteração argilito	1,70 / 1,80	0,0	20	$< 1.10^{-6}$
	Arenito	1,90 / 2,00	0,2	30	$< 1.10^{-6}$
	Conglomerado	2,00 / 2,10	0,1/0,2	35	$< 1.10^{-6}$
	Solo de alteração	1,90 / 2,00	0,2	25	$< 5.10^{-6}$
	RAD (RAM)	2,40 / 2,40	3,0	40	$< 1.10^{-5}$ (1.10^{-4} e 1.10^{-3})



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

QUADRO II (1/3) – SEÇÃO TIPO A – ZONADA (REF. AREIAS) – ESTABILIDADE DE TALUDES
PARÂMETROS ADOTADOS E FATORES DE SEGURANÇA OBTIDOS

Condição de Carregamento			Final de Construção		Final de Construção		Final de Construção		Final de Construção		Final de Construção	
Material			Caso 01 – Montante		Caso 02 – Montante		Caso 01 - Jusante		Caso 02 - Jusante		Caso 03 - Jusante	
			c' / ϕ'	Obs.	c' / ϕ'	Obs.	c' / ϕ'	Obs.	c' / ϕ'	Obs.	c' / ϕ'	Obs.
Maciço Compactado	Montante	Mat. 3	0,1/28	#2#	0,1/28	#2# #4#	0,1/28	#3#	0,1/28	#2#	0,1/28	#2, 4#
		Mat. 3 / 4	0,2/30	#2#	0,1/28	#2# #4#	0,2/30	#3#	0,2/30	#2#	0,1/28	#2, 4#
	Jusante	Mat. 3	0,1/28	#2#	0,1/28	#2# #4#	0,1/28	#3#	0,1/28	#2#	0,1/28	#2, 4#
		Mat. 4	0,2/30	#2#	0,1/28	#2# #4#	0,2/30	#3#	0,2/30	#2#	0,1/28	#2, 4#
		Filtro Ver.	0/30		0/30		0/30		0/30		0/30	
		Filtro Hor.	0/30		0/30		0/30		0/30		0/30	
Fundação	Aluvião		0,05/25		0,05/25		0,05/25		0,05/25		0,05/25	
	Solo de Alteração		0,2/25		0,2/25		0,2/25		0,2/25		0,2/25	
	Rocha		3,0/40		3,0/40		3,0/40		3,0/40		3,0/40	
Fator de Segurança - FS			1,65		1,52		1,70		1,65		1,53	

Observação:

#1# ϕ' = ângulo de atrito, em graus / c' = intercepto de coesão, em kgf/cm² / FS = fator de segurança determinado

#2# Parâmetro $ru = 0,10$

#3# Parâmetro $ru = 0,05$

#4# Admitindo-se os materiais 3 e 4 com mesmas características



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

QUADRO II (2/3) – SEÇÃO TIPO A – ZONADA (REF. AREIAS) – ESTABILIDADE DE TALUDES
PARÂMETROS ADOTADOS E FATORES DE SEGURANÇA OBTIDOS

Condição de Carregamento			Funcionamento		Funcionamento		Funcionamento					
Material			Caso 01 - Jusante		Caso 02 - Jusante		Caso 03 – Jusante					
			c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.				
Maciço Compactado	Montante	Mat. 3	0,1/28		0,1/28	#5#	0,1/28					
		Mat. 3 / 4	0,2/30		0,1/28	#5#	0,2/30					
	Jusante	Mat. 3	0,1/28		0,1/28	#5#	0,1/28					
		Mat. 4	0,2/30		0,1/28	#5#	0,2/30					
		Filtro Ver.	0/30		0/30		0/30					
		Filtro Hor.	0/30	#2#	0/30	#2#	0/30	#2#				
Fundação	Aluvião		0,05/25		0,05/25		0,05/25					
	Solo de Alteração		0,2/25		0,2/25		0,2/25					
	Rocha		3,0/40		3,0/40		3,0/40	#6#				
Fator de Segurança - FS			1,59		1,53		1,51					

Observação:

#1# f' = ângulo de atrito, em graus / c' = intercepto de coesão, em kgf/cm² / FS = fator de segurança determinado

#2# Carga hidráulica no filtro horizontal – i = 10%

#3# Rebaixamento rápido do reservatório de 1,78m, entre as cotas 361,60m e 359,83m

#4# Variando o intercepto de coesão (c') do solo compactado

#5# Admitindo-se os materiais 3 e 4 com mesmas características

#6# Admitindo-se subpressão no solo de fundação (inclinação de 13%) face a consideração da presença de um estrato muito permeável de rocha alterada (1.10^{-4} m/s), conforme rede de fluxo elaborada



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

QUADRO II (3/3) – SEÇÃO TIPO A – ZONADA (REF. AREIAS) – ESTABILIDADE DE TALUDES
PARÂMETROS ADOTADOS E FATORES DE SEGURANÇA OBTIDOS

Condição de Carregamento			Rebaixam. Rápido		Rebaixam. Rápido		Rebaixam. Rápido					
Material			Caso 01 – Montante		Caso 02 - Montante		Caso 03 – Montante					
			c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.				
Maciço Com- compactado	Mon- tante	Mat. 3	0,1/28		0,05/28	#3, 4, 5#	0/28	#3, 4, 5#				
		Mat. 3 / 4	0,2/30		0,05/28	#3, 4, 5#	0/28	#3, 4, 5#				
	Ju- sante	Mat. 3	0,1/28		0,05/28		0/28					
		Mat. 4	0,2/30		0,05/28		0/28					
		Filtro Ver.	0/30		0/30		0/30					
		Filtro Hor.	0/30		0/30		0/30					
Fun- dação	Aluvião		0,05/25		0,05/25		0,05/25					
	Solo de Alteração		0,2/25		0,2/25		0,2/25					
	Rocha		3,0/40		3,0/40		3,0/40					
Fator de Segurança - FS			2,98		2,28		1,24					

Observação:

#1# f' = ângulo de atrito, em graus / c' = intercepto de coesão, em kgf/cm² / FS = fator de segurança determinado

#2# Carga hidráulica no filtro horizontal – i = 10%

#3# Rebaixamento rápido do reservatório de 1,78m, entre as cotas 361,60m e 359,83m

#4# Variando o intercepto de coesão (c') do solo compactado

#5# Admitindo-se os materiais 3 e 4 com mesmas características



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

QUADRO III (1/2) – SEÇÃO TIPO B – HOMOGÊNEA (REF. AREIAS) – ESTABILIDADE DE TALUDES PARÂMETROS ADOTADOS E FATORES DE SEGURANÇA OBTIDOS

Condição de Carregamento			Final de Construção		Final de Construção				Funcionamento			
Material			Caso 01 - Montante		Caso 02 - Jusante				Caso 01 – Jusante			
			c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.			Obs.	Obs.		
Maciço Com- pactado	Mon- tante	Mat. 3	0,1/28	#2#	0,1/28	#2#			0,1/28			
		Ju- sante	Mat. 3	0,1/28	#2#	0,1/28	#2#			0,1/28		
	Filtro Ver.		0/30		0/30				0/30			
	Filtro Hor.		0/30		0/30				0/30	#3#		
Fun- dação	Aluvião		0,05/25		0,05/25				0,05/25			
	Rocha		3,0/40		3,0/40				3,0/40			
Fator de Segurança - FS			1,56		1,68				1,65			

Observação:

#1# f' = ângulo de atrito, em graus / c' = intercepto de coesão, em kgf/cm² / FS = fator de segurança determinado

#2# Parâmetro $ru = 0,10$

#3# Carga hidráulica no filtro horizontal – $i = 10\%$



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

QUADRO III (2/2) SEÇÃO TIPO B – HOMOGÊNEA (REF. AREIAS) – ESTABILIDADE DE TALUDES PARÂMETROS ADOTADOS E FATORES DE SEGURANÇA OBTIDOS

Condição de Carregamento			Rebaixam. Rápido		Rebaixam. Rápido		Rebaixam. Rápido					
Material			Caso 01 - Montante		Caso 02 - Montante		Caso 03 – Montante					
			c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.				
Maciço Com- pactado	Mon- tante	Mat. 3	0,1/28	#2#	0,05/28	#2, 3#	0/28	#2, 3#				
	Ju- sante	Mat. 3	0,1/28		0,05/28		0/28					
		Filtro Ver.	0/30		0/30		0/30					
		Filtro Hor.	0/30		0/30		0/30					
Fun- dação	Aluvião		0,05/25		0,05/25		0,05/25					
	Rocha		3,0/40		3,0/40		3,0/40					
Fator de Segurança - FS			2,66		2,03		1,31					

Observação:

#1# f' = ângulo de atrito, em graus / c' = intercepto de coesão, em kgf/cm² / FS = fator de segurança determinado

#2# Rebaixamento rápido do reservatório de 1,78m, entre as cotas 361,60m e 359,83m

#3# Variando o intercepto de coesão (c') do solo compactado



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

QUADRO IV (1/3) – SEÇÃO TIPO C – HOMOGÊNEA – FUNDAÇÃO EM ARGILITO (REF. AREIAS)

ESTABILIDADE DE TALUDES

PARÂMETROS ADOTADOS E FATORES DE SEGURANÇA OBTIDOS

Condição de Carregamento			Final de Construção		Final de Construção		Final de Construção		Final de Construção		Final de Construção	
Material			Caso 01 - Montante		Caso 02 - Montante		Caso 03 – Montante		Caso 04 - Montante		Caso 05 - Montante	
			c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.
Maciço Com- compactado	Mon- tante	Mat. 3	0,1/28	#2#	0,1/28	#2#	0,1/28	#2#	0,1/28	#2#	0,1/28	#2#
	Ju- sante	Mat. 3	0,1/28	#2#	0,1/28	#2#	0,1/28	#2#	0,1/28	#2#	0,1/28	#2#
		Filtro Ver.	0/30		0/30		0/30		0/30		0/30	
		Filtro Hor.	0/30		0/30		0/30		0/30		0/30	
Fund.	Argilito		0/20		0/25	#4#	0/20	#3#	0/25	#4, 5#	0/20	#3, 5#
Fator de Segurança - FS			1,25		1,39		1,45		1,30		1,29	

Observação:

#1# f' = ângulo de atrito, em graus / c' = intercepto de coesão, em kgf/cm² / FS = fator de segurança determinado

#2# Parâmetro $ru = 0,10$

#3# Substituindo 2 (dois) metros de argilito da fundação por solo compactado (material 3)

#4# Alterando o ângulo de atrito do argilito, de 20° para 25°

#5# Admitindo-se lençol freático elevado, posicionado na superfície do terreno natural



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

QUADRO IV (2/3) – SEÇÃO TIPO C – HOMOGÊNEA – FUNDAÇÃO EM ARGILITO (REF. AREIAS)

ESTABILIDADE DE TALUDES

PARÂMETROS ADOTADOS E FATORES DE SEGURANÇA OBTIDOS

Condição de Carregamento			Final de Construção		Final de Construção		Final de Construção					
Material			Caso 01 - Jusante		Caso 02 - Jusante		Caso 03 - Jusante					
			c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.				
Maciço Com- compactado	Mon- tante	Mat. 3	0,1/28	#2#	0,1/28	#2#	0,1/28	#2#				
	Ju- sante	Mat. 3	0,1/28	#2#	0,1/28	#2#	0,1/28	#2#				
		Filtro Ver.	0/30		0/30		0/30					
		Filtro Hor.	0/30		0/30		0/30					
Fund.	Argilito		0/20		0/25	#4#	0/25	#3, 4, 5#				
Fator de Segurança - FS			1,33		1,48		1,30					

Observação:

#1# f' = ângulo de atrito, em graus / c' = intercepto de coesão, em kgf/cm² / FS = fator de segurança determinado

#2# Parâmetro $ru = 0,10$

#3# Substituindo 2 (dois) metros de argilito da fundação por solo compactado (material 3)

#4# Alterando o ângulo de atrito do argilito, de 20° para 25°

#5# Admitindo-se lençol freático elevado, posicionado na superfície do terreno natural



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

QUADRO IV (3/3) – SEÇÃO TIPO C – HOMOGÊNEA – FUNDAÇÃO EM ARGILITO (REF. AREIAS)

ESTABILIDADE DE TALUDES

PARÂMETROS ADOTADOS E FATORES DE SEGURANÇA OBTIDOS

Condição de Carregamento			Funcionamento		Funcionamento		Funcionamento		Funcionamento		Funcionamento	
Material			Caso 01 - Jusante		Caso 02 - Jusante		Caso 03 – Jusante		Caso 04 - Jusante		Caso 05 - Jusante	
			c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.
Maciço Com- compactado	Mon- tante	Mat. 3	0,1/28		0,1/28		0,1/28		0,1/30	#6#	0,1/28	
	Ju- sante	Mat. 3	0,1/28		0,1/28		0,1/28		0,1/30	#6#	0,1/28	
		Filtro Ver.	0/30		0/30		0/30		0/30		0/30	
		Filtro Hor.	0/30	#2#	0/30	#2#	0/30	#2#	0/30	#2#	0/30	#2#
Fund.	Argilito		0/20		0/25	#5#	0/20	#3#	0/20	#3#	0/20	#4#
Fator de Segurança - FS			1,35		1,51		1,49		1,54		1,54	

Observação:

#1# f' = ângulo de atrito, em graus / c' = intercepto de coesão, em kgf/cm² / FS = fator de segurança determinado

#2# Carga hidráulica no filtro horizontal – i = 10%

#3# Substituindo 2 (dois) metros de argilito da fundação por solo compactado (material 3)

#4# Substituindo 4 (quatro) metros de argilito da fundação por solo compactado (material 3)

#5# Alterando o ângulo de atrito do argilito, de 20° para 25°

#6# Alterando o ângulo de atrito do solo compactado de 28° para 30°



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

QUADRO V (1/2) – SEÇÃO TIPO D – ZONADA (REF. BRAÚNAS) – ESTABILIDADE DE TALUDES
PARÂMETROS ADOTADOS E FATORES DE SEGURANÇA OBTIDOS

Condição de Carregamento			Final de Construção		Final de Construção		Final de Construção		Final de Construção		Final de Construção	
Material			Caso 01 – Montante		Caso 02 – Montante		Caso 01 – Jusante		Caso 02 - Jusante		Caso 03 - Jusante	
			c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.
Maciço Compactado	Montante	Mat. 3	0,1/28	#2#	0,1/28	#2, 3#	0,1/28	#2#	0,1/28	#2, 3#	0,1/28	#2#
		Mat. 3 / 4	0,2/30	#2#	0,1/28	#2, 3#	0,2/30	#2#	0,1/28	#2, 3#	0,2/30	#2#
	Jusante	Mat. 3	0,1/28	#2#	0,1/28	#2, 3#	0,1/28	#2#	0,1/28	#2, 3#	0,1/28	#2#
		Mat. 4	0,2/30	#2#	0,1/28	#2, 3#	0,2/30	#2#	0,1/28	#2, 3#	0,2/30	#2#
		Filtro Ver.	0/30		0/30		0/30		0/30		0/30	
		Filtro Hor.	0/30		0/30		0/30		0/30		0/30	
Fundação	Solo de Alteração		0,2/25	#4#	0,2/25	#4#	0,2/25	#4#	0,2/25	#4#	0,2/20	#4, 5#
	Rocha		3,0/40		3,0/40		3,0/40		3,0/40		3,0/40	
Fator de Segurança - FS			1,40		1,31		1,42		1,33		1,30	

Observação:

#1# f' = ângulo de atrito, em graus / c' = intercepto de coesão, em kgf/cm² / FS = fator de segurança determinado

#2# Parâmetro $ru = 0,10$

#3# Admitindo-se os materiais 3 e 4 com mesmas características

#4# Admitindo-se o lençol freático próximo à superfície do terreno natural

#5# Alterando o ângulo de atrito do solo de alteração da fundação



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

**QUADRO V (2/2) – SEÇÃO TIPO D – ZONADA (REF. BRAÚNAS) – ESTABILIDADE DE TALUDES
PARÂMETROS ADOTADOS E FATORES DE SEGURANÇA OBTIDOS**

Condição de Carregamento			Funcionamento		Funcionamento		Rebaixam. Rápido		Rebaixam. Rápido			
Material			Caso 01 – Jusante		Caso 02 – Jusante		Caso 01 - Montante		Caso 02 - Montante			
			c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.		
Maciço Compactado	Montante	Mat. 3	0,1/28		0,1/28	#3#	0,1/28	#3, 4#	0/28	#3, 4, 5#		
		Mat. 3 / 4	0,2/30		0,1/28	##3#	0,1/28	#3, 4#	0/28	#3, 4, 5#		
	Jusante	Mat. 3	0,1/28		0,1/28	#3#	0,1/28	#3, 4#	0/28	#3, 4, 5#		
		Mat. 4	0,2/30		0,1/28	#3#	0,1/28	#3, 4#	0/28	#3, 4, 5#		
		Filtro Ver.	0/30		0/30		0/30		0/30			
		Filtro Hor.	0/30	#2#	0/30	#2#	0/30		0/30			
Fundação	Solo de Alteração		0,2/25		0,2/25		0,2/25		0,2/25			
	Rocha		3,0/40		3,0/40		3,0/40		3,0/40			
Fator de Segurança - FS			1,59		1,49		2,31		1,34			

Observação:

#1# f' = ângulo de atrito, em graus / c' = intercepto de coesão, em kgf/cm² / FS = fator de segurança determinado

#2# Carga hidráulica no filtro horizontal – i = 10%

#3# Admitindo-se os materiais 3 e 4 com mesmas características

#4# Rebaixamento rápido do reservatório de 1,91m, entre as cotas 401,14m e 399,23m

#5# Variando o intercepto de coesão (c') do solo compactado



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

QUADRO VI (1/2) – SEÇÃO TIPO E – HOMOGÊNEA (REF. BRAÚNAS) – ESTABILIDADE DE TALUDES PARÂMETROS ADOTADOS E FATORES DE SEGURANÇA OBTIDOS

Condição de Carregamento			Final de Construção		Final de Construção		Rebaixam. Rápido		Rebaixam. Rápido			
Material			Caso 01 – Montante		Caso 01 - Jusante		Caso 01 - Montante		Caso 02 – Montante			
			c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.		
Maciço Compactado	Montante	Mat. 3	0,1/28	#2#	0,1/28	#2#	0,1/28	#4#	0/28	#4, 5#		
	Jusante	Mat. 3	0,1/28	#2#	0,1/28	#2#	0,1/28	#4#	0/28	#4, 5#		
		Filtro Ver.	0/30		0/30		0/30		0/30			
		Filtro Hor.	0/30		0/30		0/30		0/30			
Fundação	Colúvio		0,05/25	#3#	0,05/25	#3#	0,05/25		0,05/25			
	Solo de Alteração		0,2/25	#3#	0,2/25	#3#	0,2/25		0,2/25			
	Rocha		3,0/40		3,0/40		3,0/40		3,0/40			
Fator de Segurança - FS			1,37		1,40		2,81		1,29			

Observação:

#1# f' = ângulo de atrito, em graus / c' = intercepto de coesão, em kgf/cm² / FS = fator de segurança determinado

#2# Parâmetro $ru = 0,10$

#3# Admitindo-se o lenço freático próximo à superfície do terreno natural

#4# Rebaixamento rápido do reservatório de 2,41m, entre as cotas 401,14m e 399,23m

#5# Variando o intercepto de coesão (c') do solo compactado



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

QUADRO VI (2/2) – SEÇÃO TIPO E – HOMOGÊNEA (REF. BRAÚNAS) – ESTABILIDADE DE TALUDES
PARÂMETROS ADOTADOS E FATORES DE SEGURANÇA OBTIDOS

Condição de Carregamento			Funcionamento		Funcionamento		Funcionamento		Funcionamento		Funcionamento	
Material			Caso 01 – Jusante		Caso 02 - Jusante		Caso 03 - Jusante		Caso 04 – Jusante		Caso 04 – Jusante	
			c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.
Maciço Compactado	Montante	Mat. 3	0,1/28		0,1/28		0,1/28		0/28	#5#	0,1/28	
	Jusante	Mat. 3	0,1/28		0,1/28		0,1/28		0/28	#5#	0,1/28	
		Filtro Ver.	0/30		0/30		0/30		0/30	#5#	0/30	
		Filtro Hor.	0/30	#2#	0/30	#2#	0/30	#3#	0/30	#2, 5#	0/30	#2#
Fundação	Colúvio		0,05/25		0,05/28	#4#	0,05/25		0,05/25	#5#	0,1/28	#6#
	Solo de Alteração		0,2/25		0,2/25		0,2/25		0,2/25	#5#	0,2/25	
	Rocha		3,0/40		3,0/40		3,0/40		3,0/40	#5#	3,0/40	
Fator de Segurança - FS			1,39		1,44		1,49		1,53		1,52	

Observação:

#1# f' = ângulo de atrito, em graus / c' = intercepto de coesão, em kgf/cm^2 / FS = fator de segurança determinado

#2# Carga hidráulica no filtro horizontal – $i = 10\%$

#3# Admitindo-se nula a carga hidráulica no filtro horizontal

#4# Variando o ângulo de atrito do solo coluvionar da fundação

#5# Modificando a inclinação do talude de jusante de 1V:2,2H para 1V:2,5H

#6# Admitindo-se substituição de 2m do solo coluvionar de fundação por aterro compactado



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

QUADRO VII (1/2) – SEÇÃO TIPO F – HOMOGÊNEA (REF. AREIAS) – ESTABILIDADE DE TALUDES PARÂMETROS ADOTADOS E FATORES DE SEGURANÇA OBTIDOS

Condição de Carregamento			Final de Construção		Final de Construção							
Material			Caso 01 - Montante		Caso 02 - Jusante							
			c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.						
Maciço Com- pactado	Mon- tante	Mat. 3	0,1/28	#2#	0,1/28	#2#						
	Ju- sante	Mat. 3	0,1/28	#2#	0,1/28	#2#						
		Filtro Ver.	0/30		0/30							
		Filtro Hor.	0/30		0/30							
Fun- dação	Aluvião		0,15/19	#4#	0,15/19	#4#						
	Rocha		3,0/40		3,0/40							
Fator de Segurança - FS			1,49		1,64							

Observação:

#1# f' = ângulo de atrito, em graus / c' = intercepto de coesão, em kgf/cm² / FS = fator de segurança determinado

#2# Parâmetro $ru = 0,10$

#3# Carga hidráulica no filtro horizontal – $i = 10\%$

#4# Admitindo-se a o solo aluvionar de fundação com 4m de espessura, sobre o topo rochoso



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

QUADRO VII (2/2) SEÇÃO TIPO F – HOMOGÊNEA (REF. AREIAS) – ESTABILIDADE DE TALUDES PARÂMETROS ADOTADOS E FATORES DE SEGURANÇA OBTIDOS

Condição de Carregamento			Funcionamento		Funcionamento		Funcionamento		Funcionamento				
Material			Caso 01 - Jusante		Caso 02 - Jusante		Caso 03 – Jusante		Caso 04 - Jusante				
			c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.	c' / f'	Obs.			
Maciço Com- pactado	Mon- tante	Mat. 3	0,1/28		0,1/28		0,1/28		0,1/28				
		Ju- sante	Mat. 3	0,1/28		0,1/28		0,1/28		0,1/28	#4#		
	Filtro Ver.		0/30		0/30		0/30		0/30				
	Filtro Hor.		0/30	#2#	0/30	#3#	0/30	#2#	0/30	#2#			
Fun- dação	Aluvião		0,15/19	#5#	0,15/19	#5#	0,15/19	#5#	0,15/19	#6#			
	Rocha		3,0/40		3,0/40		3,0/40		3,0/40				
Fator de Segurança - FS			1,46		1,50		1,49		1,51				

Observação:

#1# f' = ângulo de atrito, em graus / c' = intercepto de coesão, em kgf/cm² / FS = fator de segurança determinado

#2# Carga hidráulica no filtro horizontal – i = 10%

#3# Carga hidráulica nula no filtro horizontal

#4# Modificando a inclinação do talude de jusante de 1V:2,2H para 1:2,4H

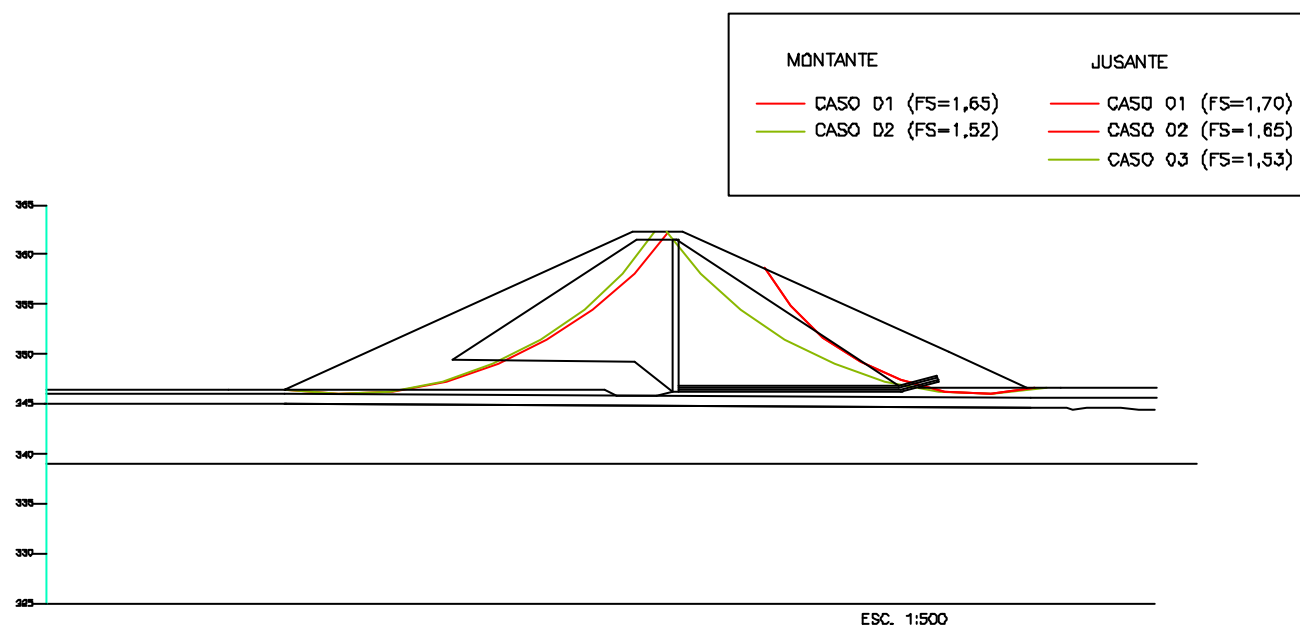
#5# Admitindo-se a o solo aluvionar de fundação com 4m de espessura, sobre o topo rochoso

#6# Admitindo-se a o solo aluvionar de fundação com 2m de espessura, sobre o topo rochoso

BARRAGEM AREIAS

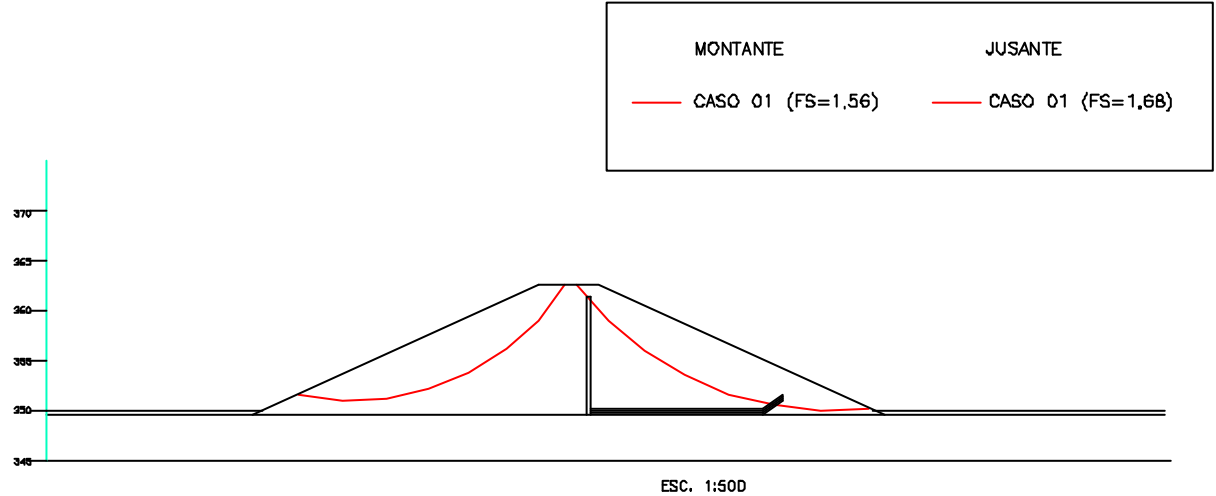
ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES

FINAL DE CONSTRUÇÃO



SEÇÃO ZONADA - TIPO A

BARRAGEM AREIAS
ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES
FINAL DE CONSTRUÇÃO

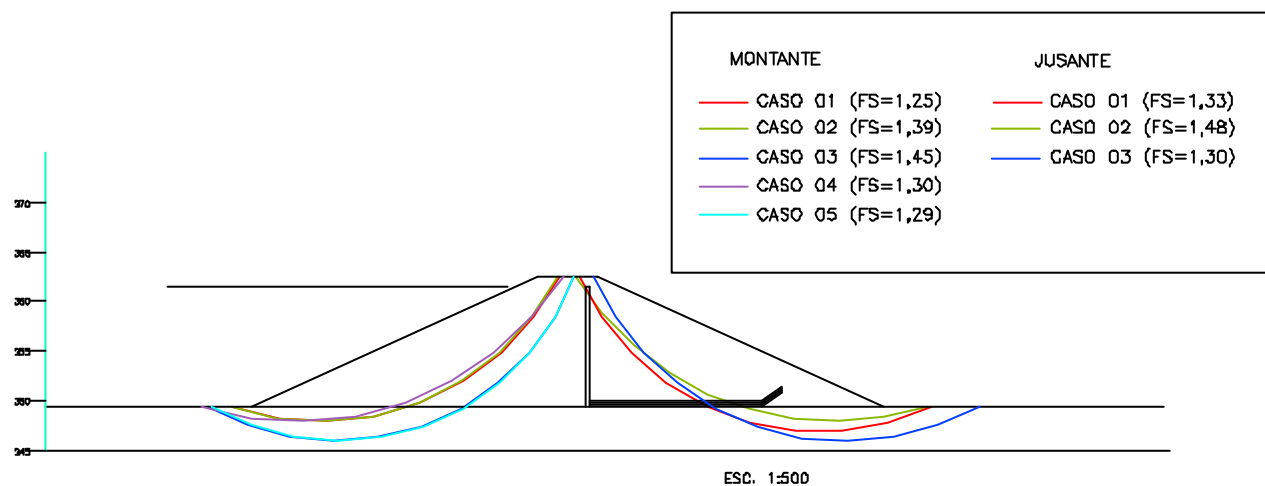


SEÇÃO HOMOGÊNEA - TIPO B

BARRAGEM AREIAS

ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES

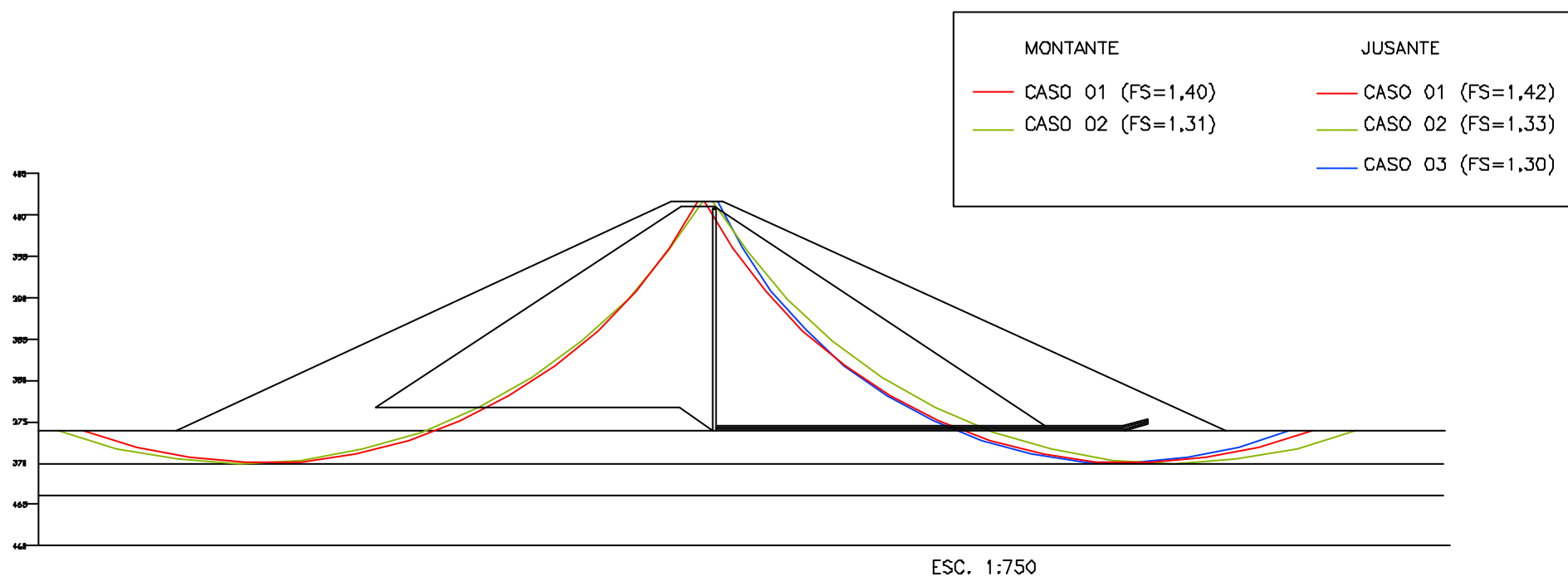
FINAL DE CONSTRUÇÃO



SEÇÃO HOMOGÊNEA - TIPO C

BARRAGEM BRAÚNAS

ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES FINAL DE CONSTRUÇÃO

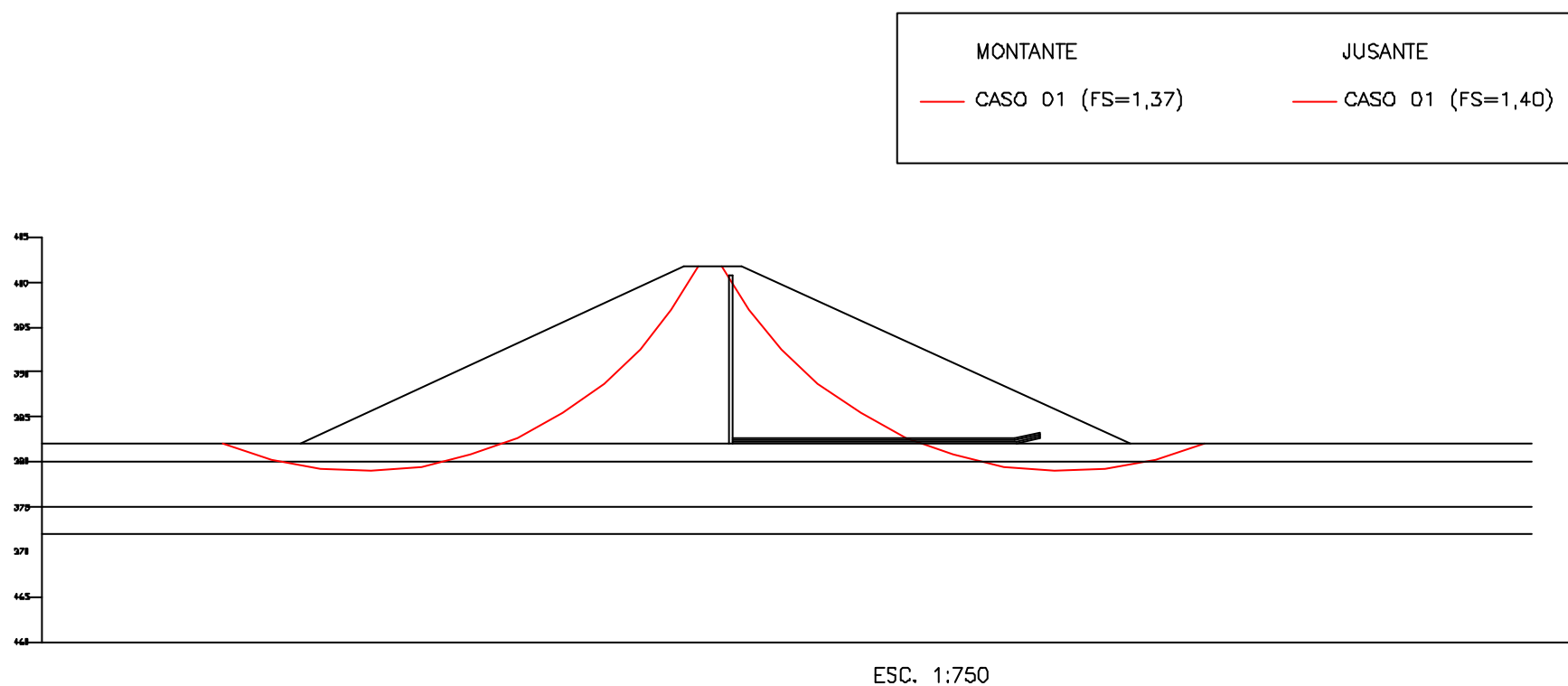


SEÇÃO ZONADA – TIPO D

BARRAGEM BRAÚNAS

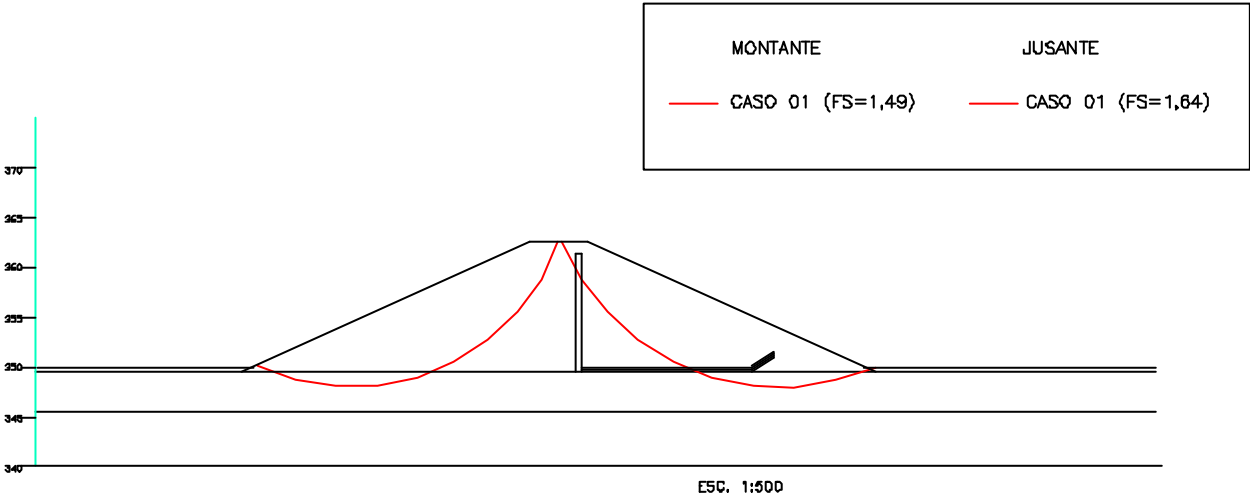
ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES

FINAL DE CONSTRUÇÃO



SEÇÃO HOMOGÊNEA – TIPO E

BARRAGEM AREIAS
ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES
FINAL DE CONSTRUÇÃO

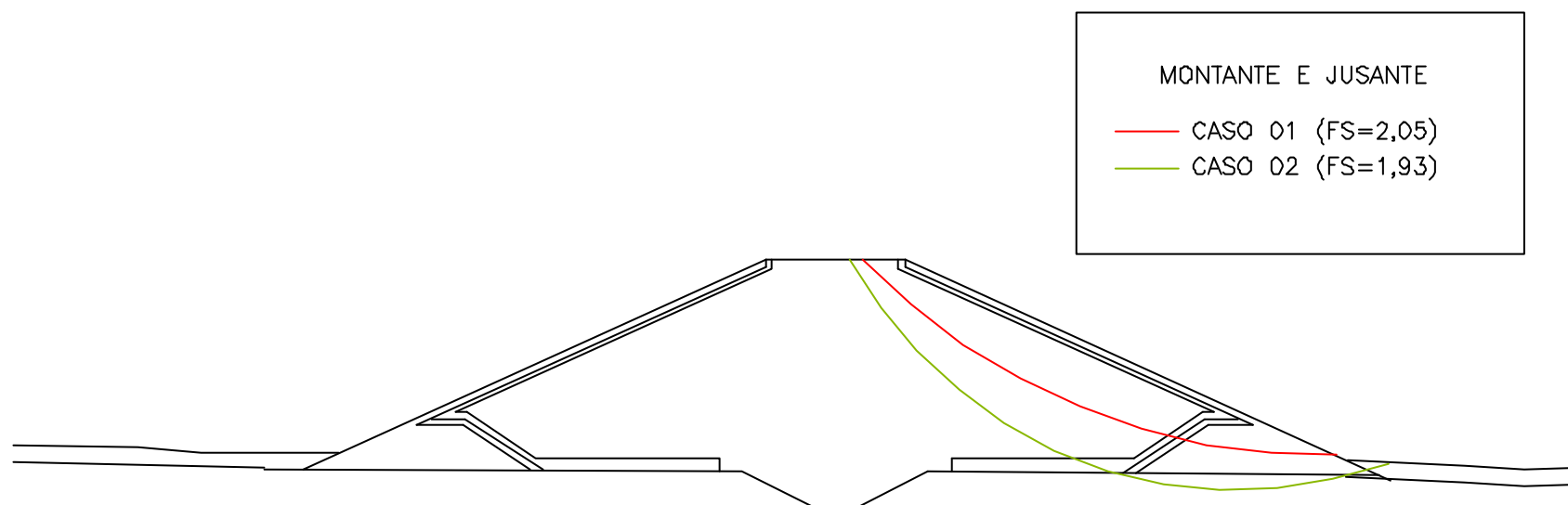


SEÇÃO HOMOGÊNEA - TIF... F

DIQUE MOXOTÓ

ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES

FINAL DE CONSTRUÇÃO



ESC. 1:300

SEÇÃO HOMOGÊNEA – TIPO G

DIQUE MOXOTÓ

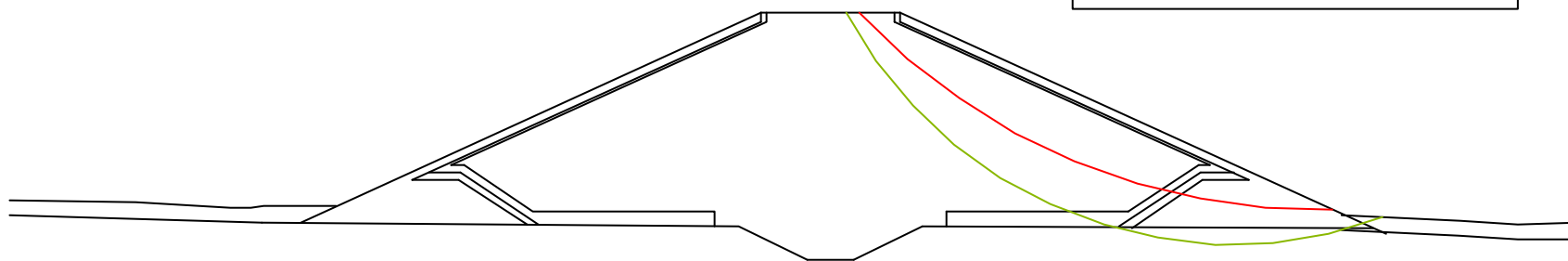
ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES

FINAL DE CONSTRUÇÃO

MONTANTE E JUSANTE

CASO 01 (FS=2,05)

CASO 02 (FS=1,93)



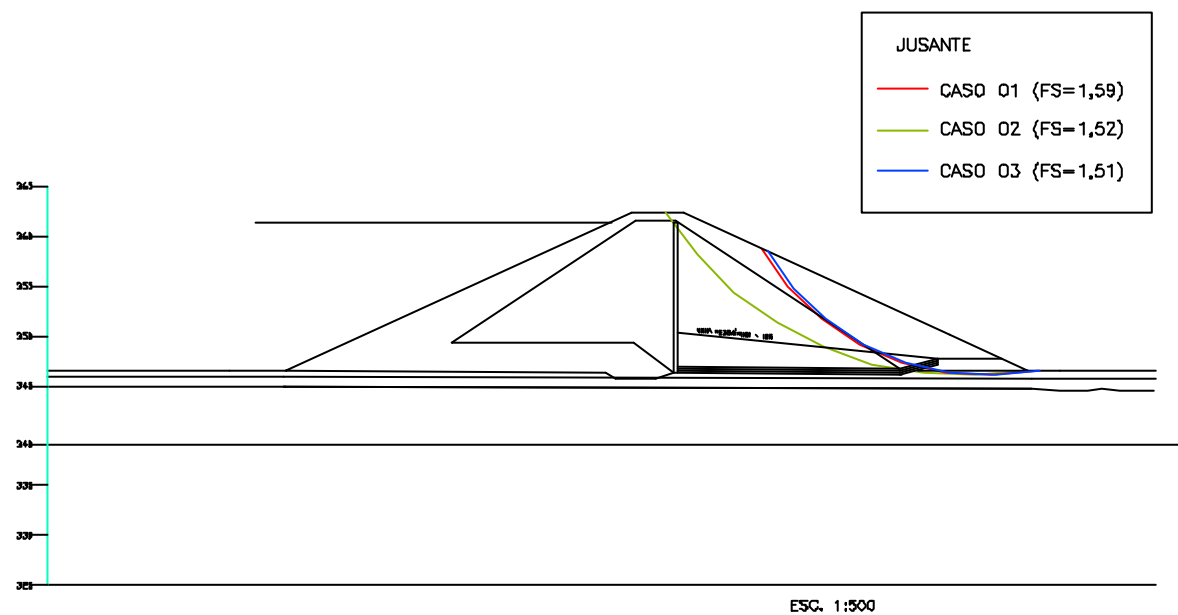
ESQ. 1:300

SEÇÃO HOMOGÊNEA - TIPO C

BARRAGEM AREIAS

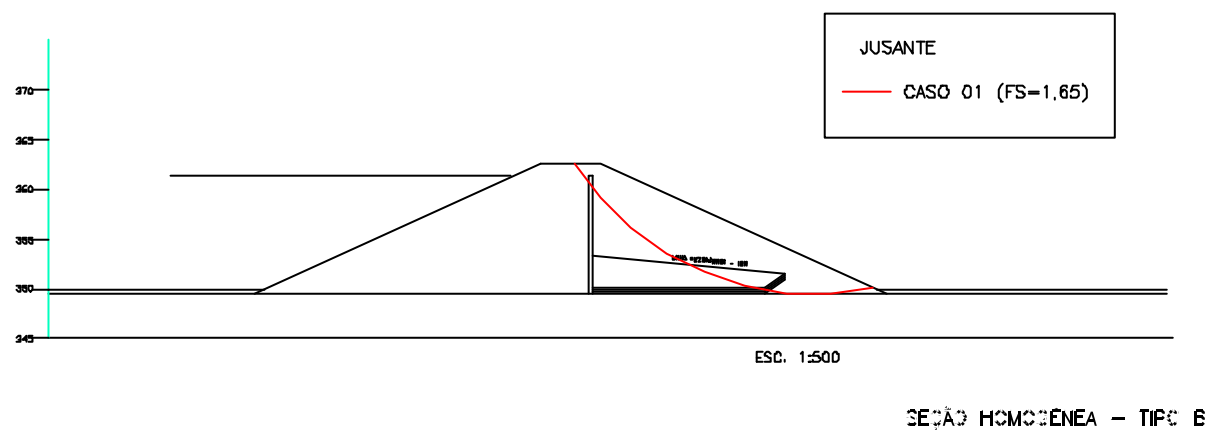
ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES

FUNCIONAMENTO NORMAL



SEÇÃO ZONADA - TIPO A

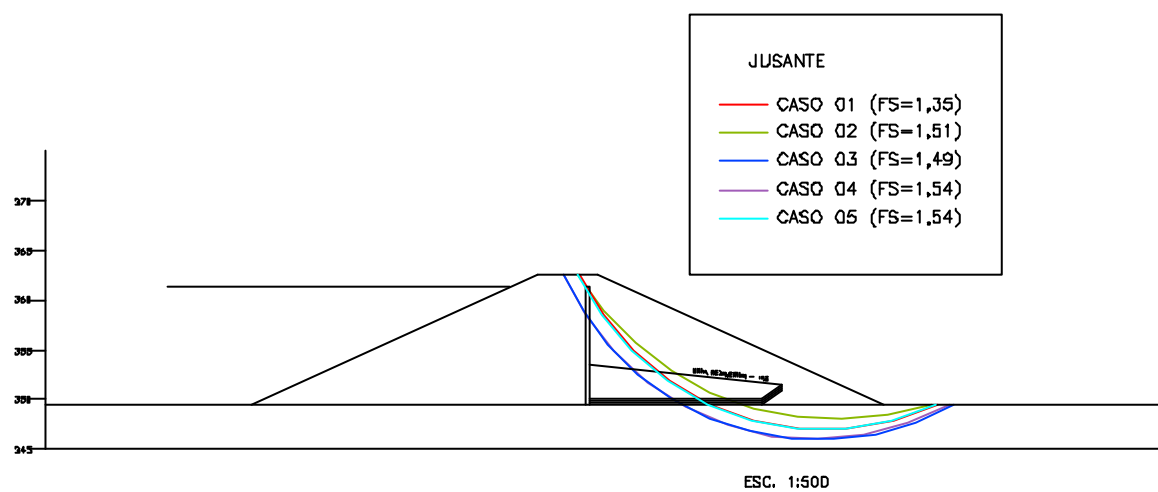
BARRAGEM AREIAS
ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES
FUNCIONAMENTO NORMAL



BARRAGEM AREIAS

ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES

FUNCIONAMENTO NORMAL

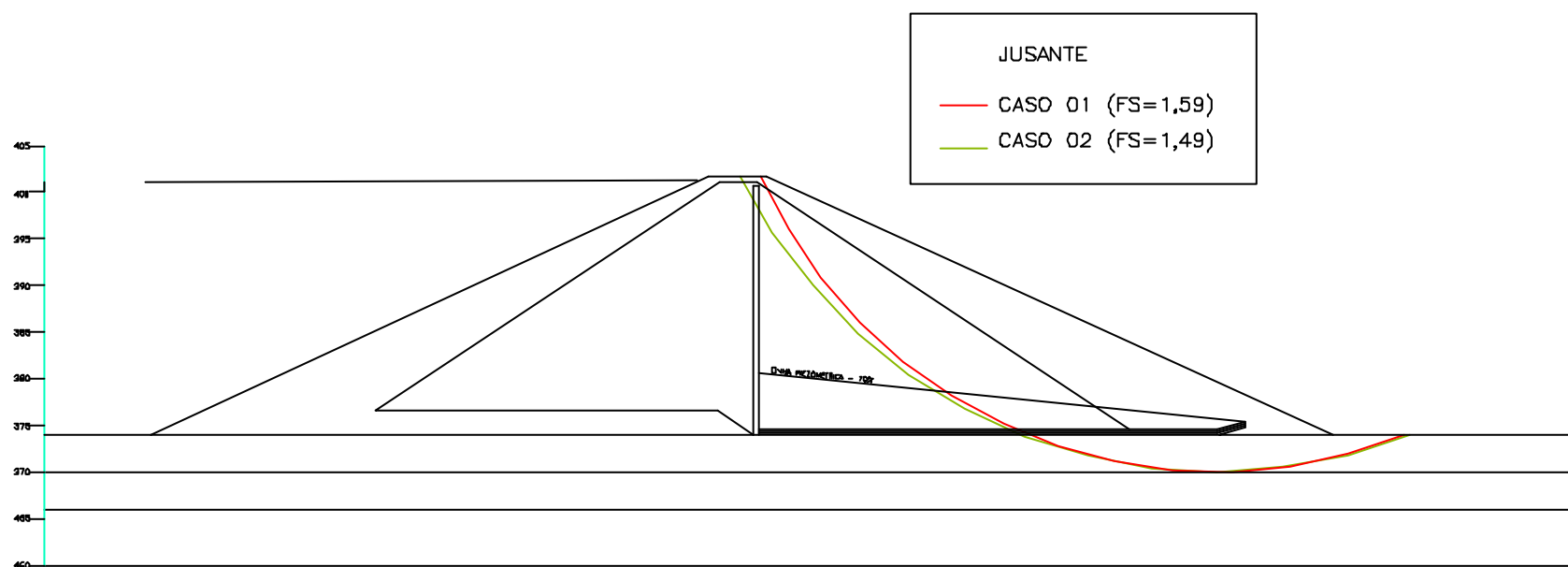


SEÇÃO HOMOGÊNEA - TIPO C

BARRAGEM BRAÚNAS

ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES

FUNCIONAMENTO NORMAL



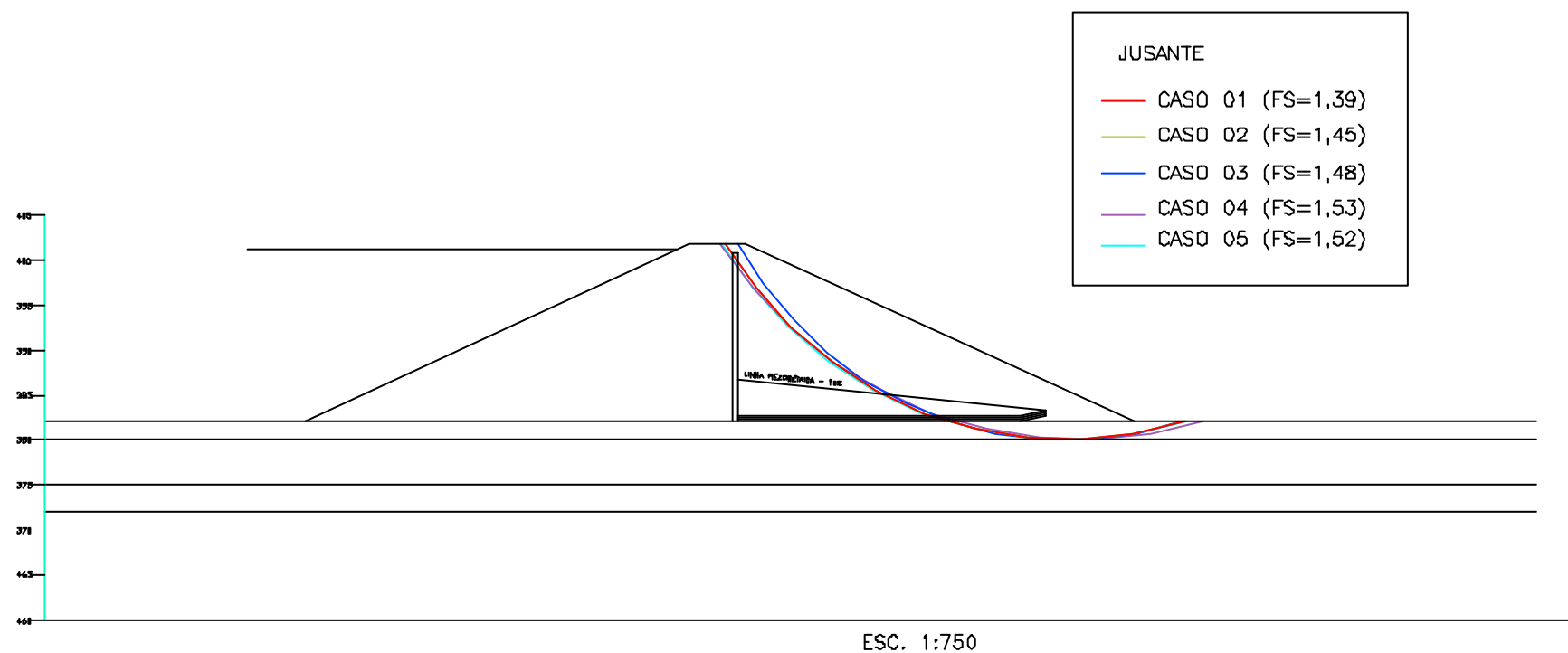
ESC. 1:750

SEÇÃO ZONADA - TIPO D

BARRAGEM BRAÚNAS

ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES

FUNCIONAMENTO NORMAL

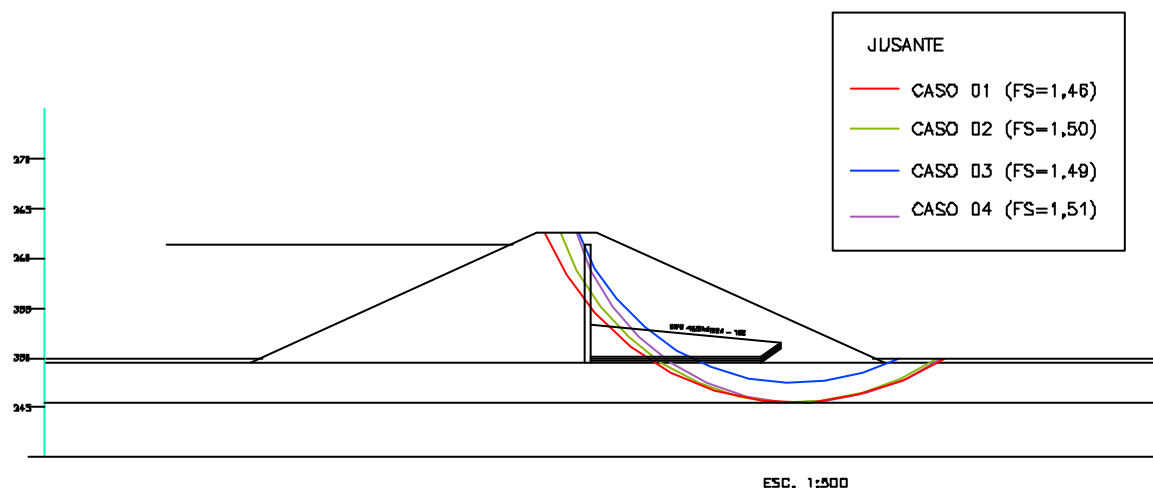


SEÇÃO HOMOGÊNEA - TIPO E

BARRAGEM AREIAS

ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES

FUNCIONAMENTO NORMAL

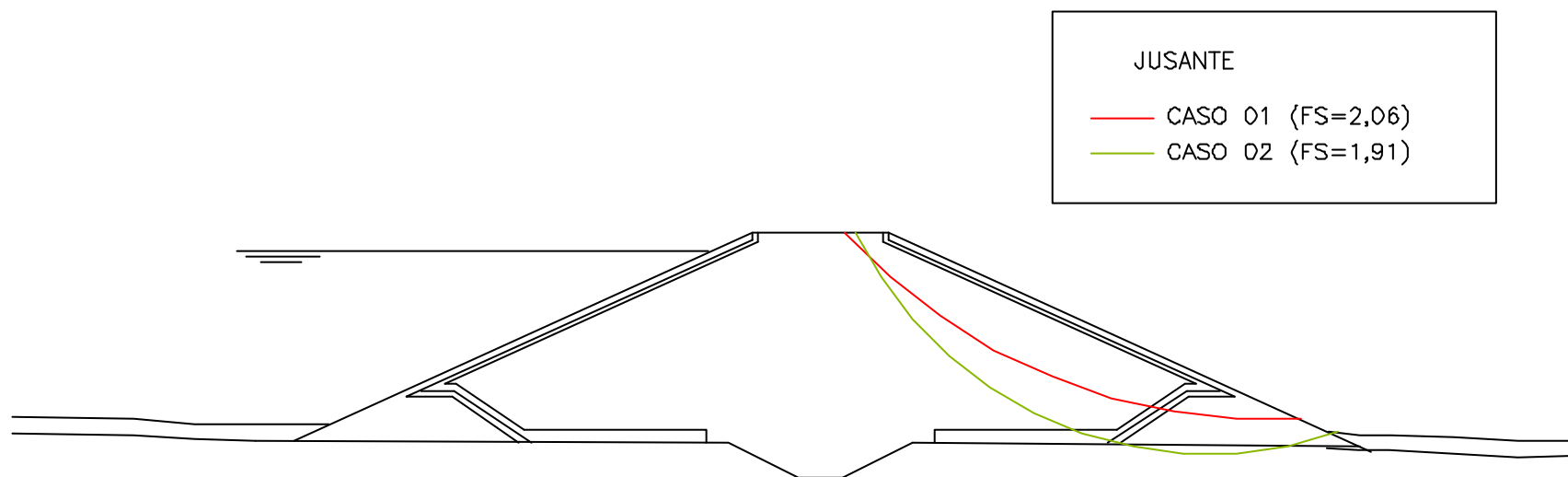


DESA. H. INK. - ENEA - TIF. F

DIQUE MOXOTÓ

ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES

FUNCIONAMENTO NORMAL



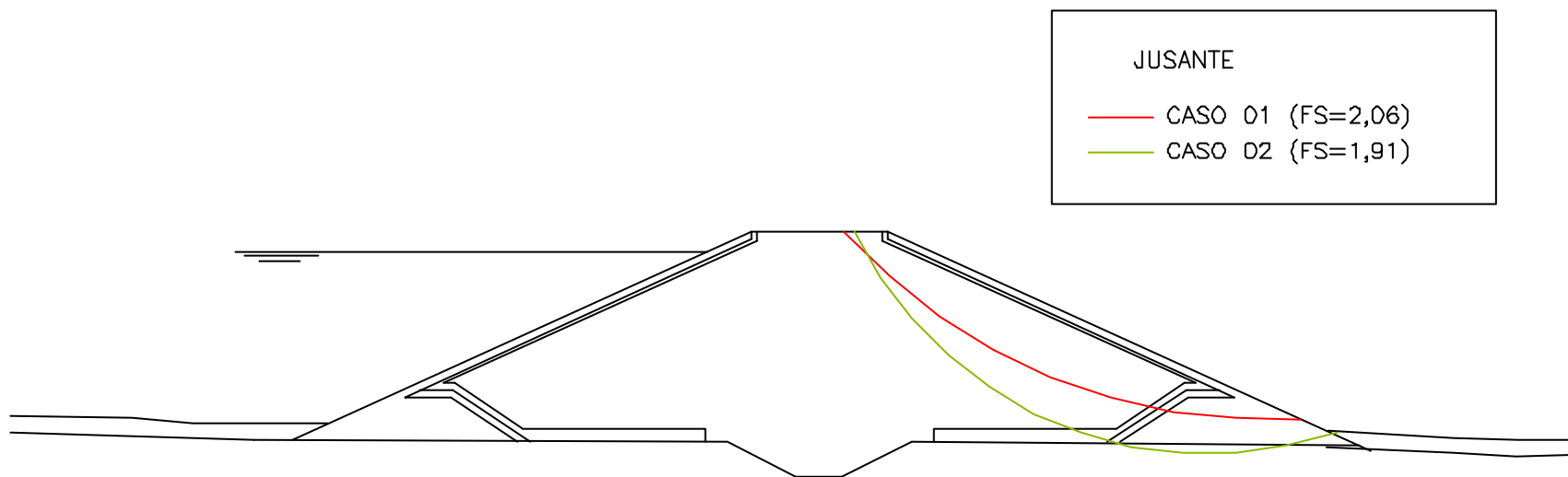
ESC. 1:300

SEÇÃO HOMOGÊNEA - TIPO C

DIQUE MOXOTÓ

ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES

FUNCIONAMENTO NORMAL



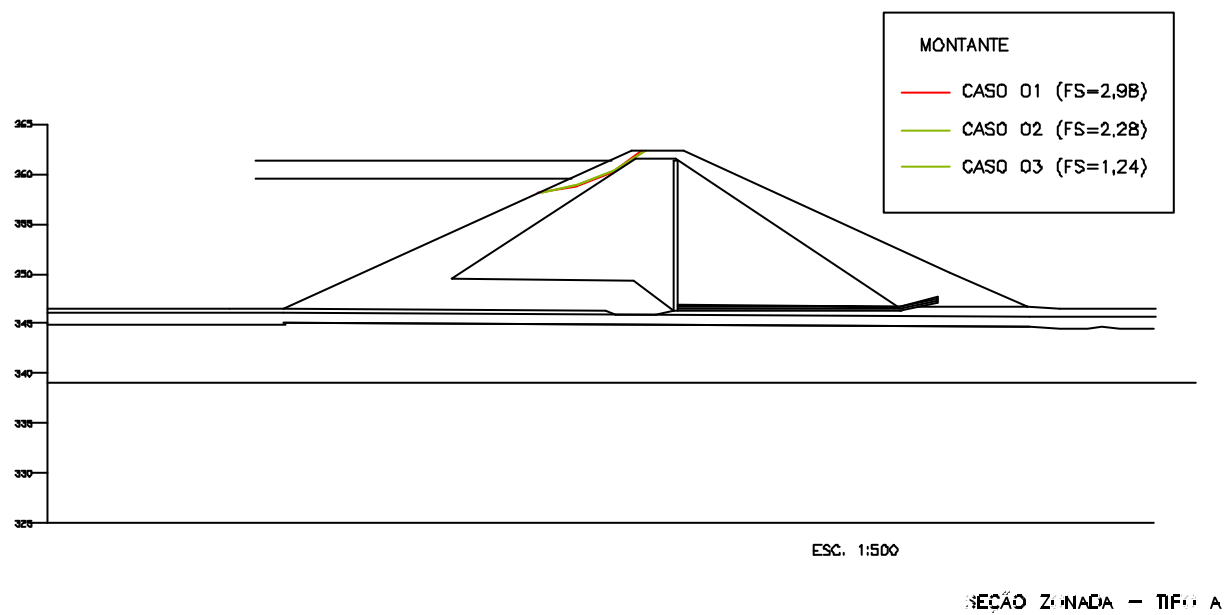
ESC. 1:300

SEÇÃO HOMOGÊNEA – TIPO G

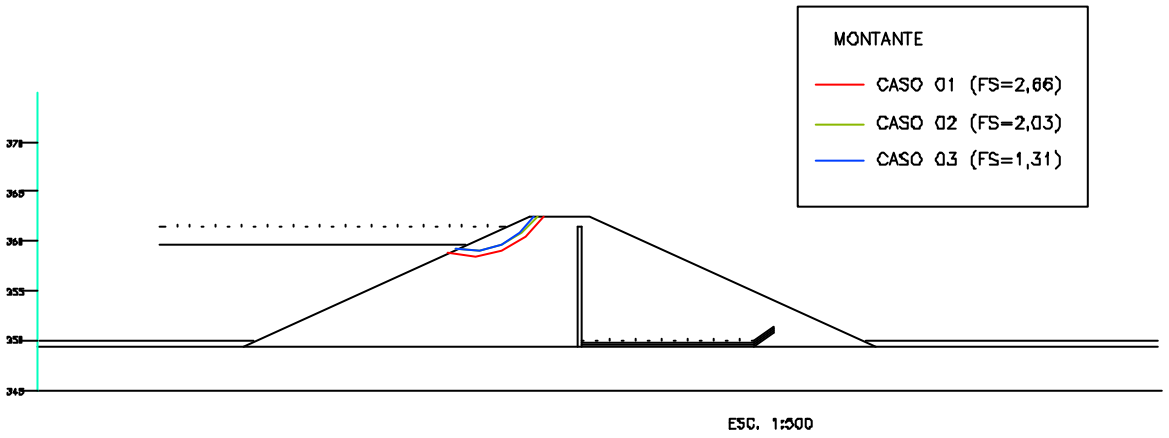
BARRAGEM AREIAS

ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES

REBAIXAMENTO RÁPIDO



BARRAGEM AREIAS
ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES
REBAIXAMENTO RÁPIDO

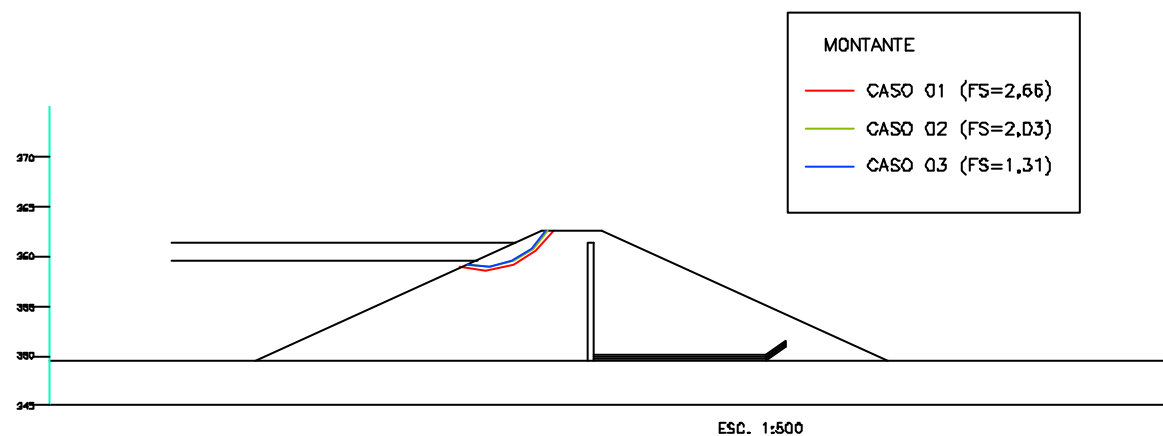


SEÇÃO HOMOGÊNEA - TIPO E

BARRAGEM AREIAS

ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES

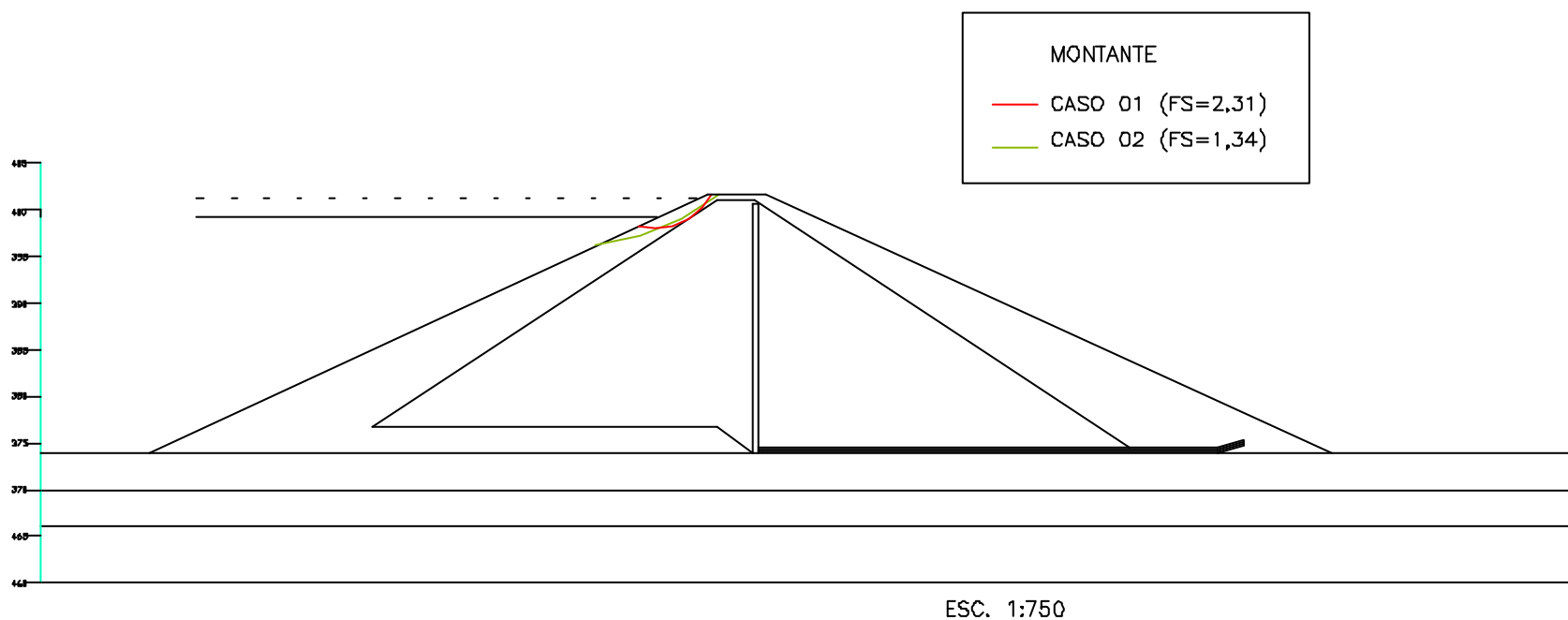
REBAIXAMENTO RÁPIDO



SEÇÃO HOMOGÊNEA - TIPO C

BARRAGEM BRAÚNAS

ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES REBAIXAMENTO RÁPIDO

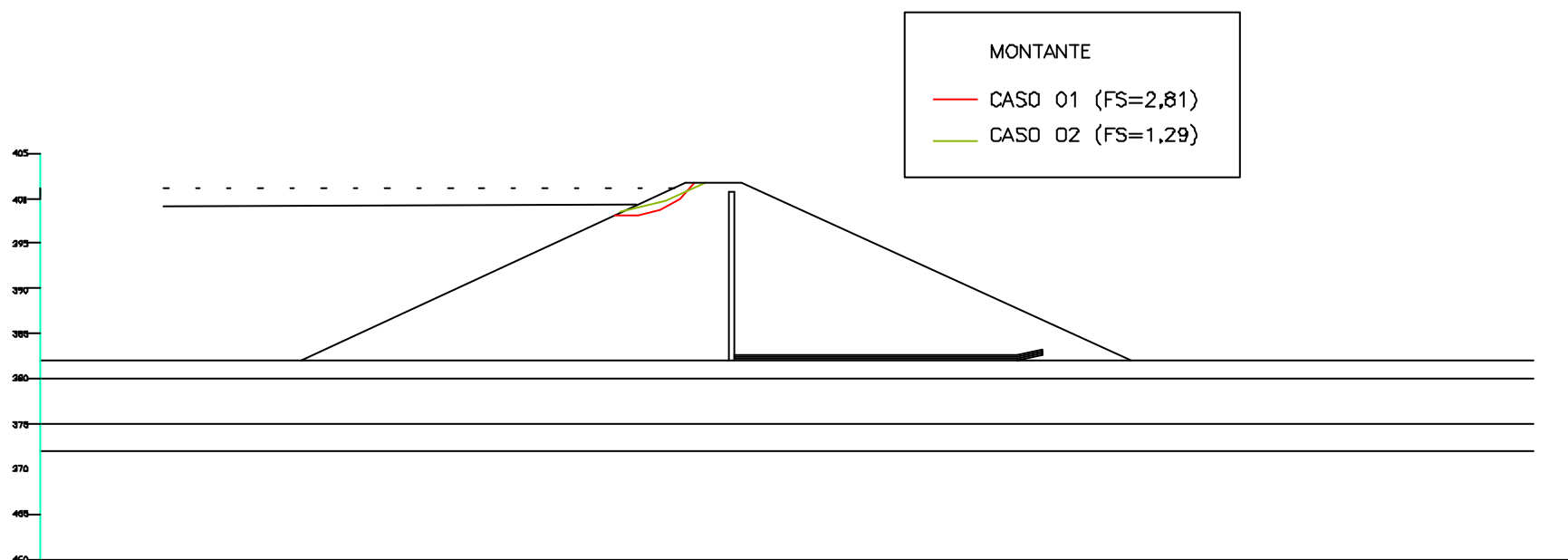


SEÇÃO ZONADA – TIPO D

BARRAGEM BRAÚNAS

ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES

REBAIXAMENTO RÁPIDO

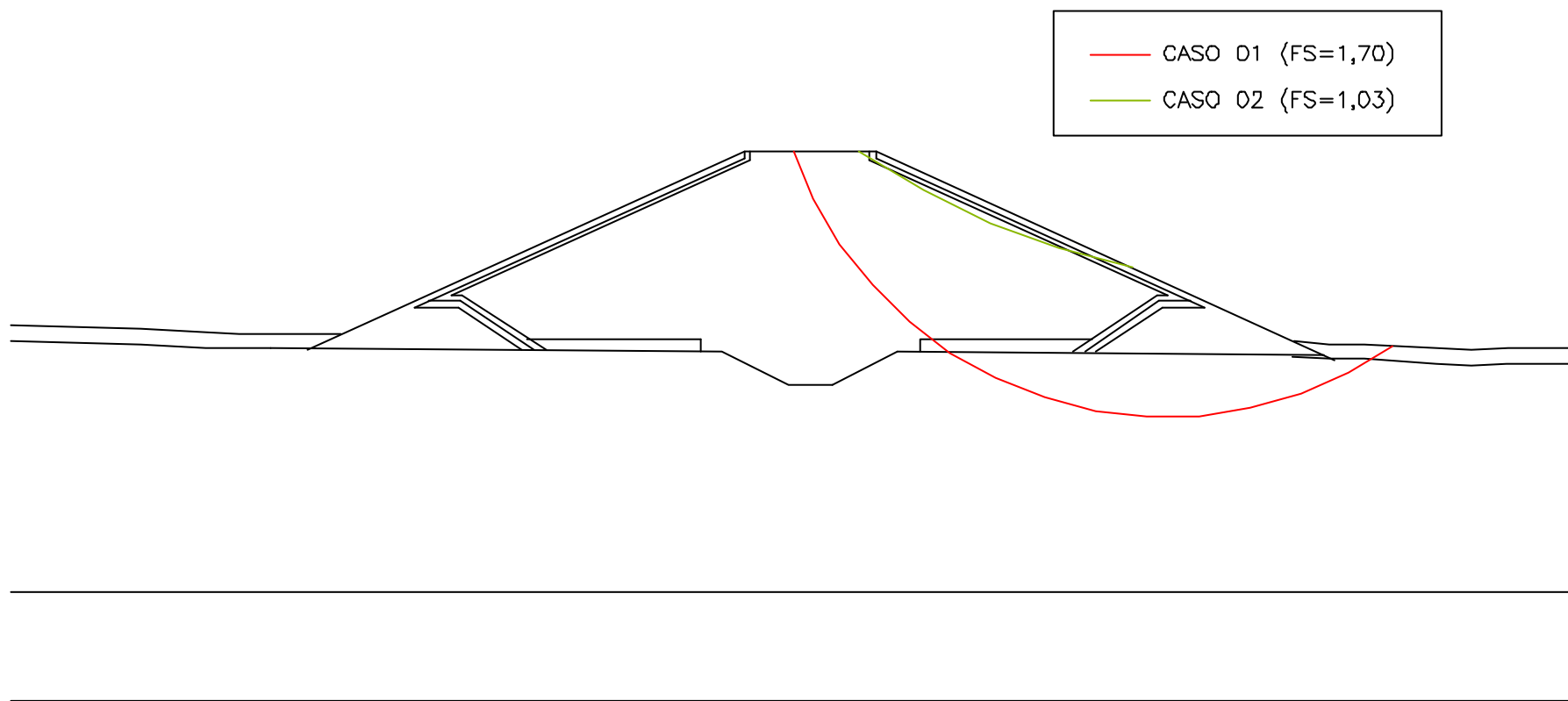


ESC. 1:750

SEÇÃO HOMOGÊNEA – TIPO E

DIQUE MOXOTÓ

ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES REBAIXAMENTO TOTAL



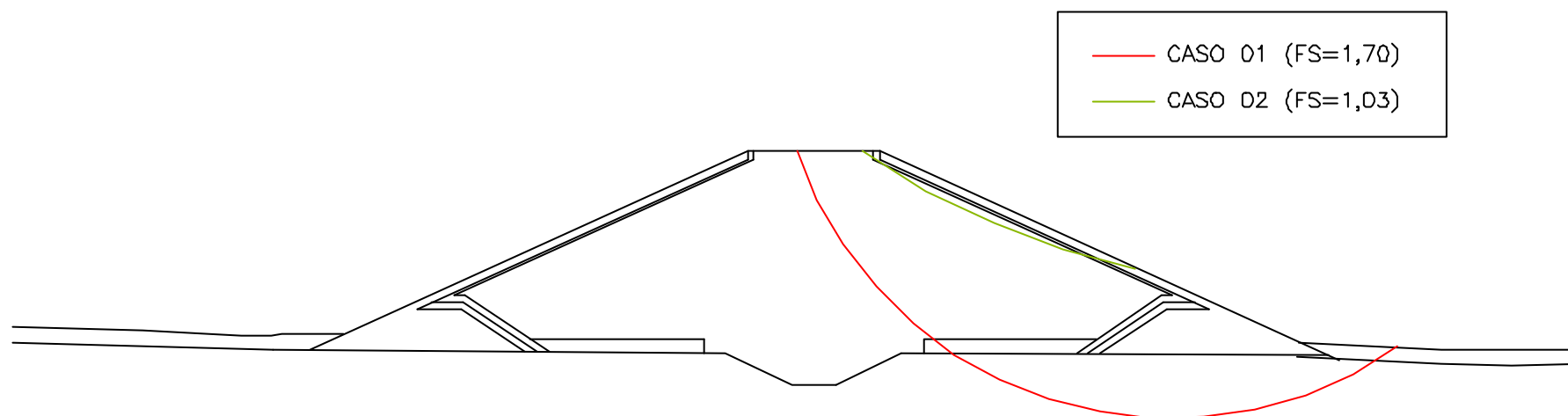
ESC. 1:300

SEÇÃO HOMOGÊNEA — TIPO G

DIQUE MOXOTÓ

ESTUDOS DE ESTABILIDADE DE TALUDES

REBAIXAMENTO TOTAL



ESC. 1:300

SEÇÃO HOMOGÊNEA — TIPO G



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

ÍNDICE	PG
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO D'ÁGUA - SEÇÕES TÍPICAS	1
1. INTRODUÇÃO	1
2. GENERALIDADES	1
3. ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO D'ÁGUA	1
3.1. Modelo Matemático	1
3.2. Estudos Realizados	1
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS	3
4.1. Seção Tipo A – Zonada – H= 16m (ref. Barragem Areias)3	
4.1.1. Admitindo-se incremento nas permeabilidades dos materiais de fundação e de construção (FS=10):	3
4.1.2. Admitindo-se as permeabilidades médias dos materiais de fundação e de construção, sem majoração (FS=1):	4
4.1.3. Conclusões	4
4.2. Seção Tipo B – Homogênea – H= 11m (ref. Barragem Areias).....	5
4.2.1. Admitindo-se incremento nas permeabilidades dos materiais de fundação e de construção (FS=10):	5
4.2.2. Admitindo-se as permeabilidades médias dos materiais de fundação e de construção, sem majoração (FS=1):	5
4.2.3. Conclusões	5
4.3. Seção Tipo C – Homogênea – Fundação em Argilito - H= 11m (ref. Barragem Areias)...	5
4.3.1. Admitindo-se incremento nas permeabilidades dos materiais de fundação e de construção (FS=10):	5
4.3.2. Admitindo-se as permeabilidades médias dos materiais de fundação e de construção, sem majoração (FS=1):	6
4.3.3. Conclusões	6
4.4. Seção Tipo D – Zonada – H= 28m (ref. Barragem Braúnas).....	6
4.4.1. Admitindo-se incremento nas permeabilidades dos materiais de fundação e de construção (FS=10):	6
4.4.2. Admitindo-se as permeabilidades médias dos materiais de fundação e de construção, sem majoração (FS=1):	6
4.4.3. Conclusões	7
4.5. Seção Tipo E – Homogênea – H= 19m (ref. Barragem Braúnas).....	7
4.5.1. Admitindo-se incremento nas permeabilidades dos materiais de fundação e de construção (FS=10):	7
4.5.2. Admitindo-se as permeabilidades médias dos materiais de fundação e de construção, sem majoração (FS=1):	7
4.5.3. Conclusões	7



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO D'ÁGUA - SEÇÕES TÍPICAS

1. INTRODUÇÃO

Este documento tem a finalidade de descrever os estudos de percolação d'água realizados para diferentes alturas e tipos de seções transversais de barragens de terra concebidas no Projeto de Transposição de Água do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional.

Estas análises permitem fornecer subsídios para o dimensionamento dos tapetes drenantes horizontais e dos taludes externos, bem como avaliar o comportamento dos maciços compactados e fundações das estruturas de terra.

O presente estudo foi consubstanciado em dois volumes, a saber:

- Volume 1 – texto e quadros resumos, no formato A4;
- Volume 2 – desenhos, no formato A3.

2. GENERALIDADES

Os estudos foram desenvolvidos considerando seções transversais típicas para as barragens de terra, concebidas com maciços compactados dos tipos homogênea e zonada. Foram admitidas as fundações típicas predominantes nos diversos barramentos, além de algumas ocorrências consideradas singulares.

A geometria das seções transversais das barragens foram consubstanciadas nos desenhos elaborados para o projeto básico da Transposição de Água do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional.

As seções transversais analisadas apresentam taludes externos de montante e jusante com inclinação de 1V:2,2H e crista com largura de 6m. Constituem de um filtro interceptor vertical interligado a um tapete drenante horizontal, com saída afogada. Nos maciços homogêneos considerou-se o emprego de materiais de construção com propriedades de engenharia semelhantes para ambos os espaldares. Nas seções zonadas foram admitidos dois diferentes materiais de construção lançados em regiões pré-definidas.

Em geral, tanto os materiais de construção como os de fundação, caracterizam-se pela baixa permeabilidade.

3. ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO D'ÁGUA

Os estudos de percolação d'água foram realizados com a finalidade de avaliar o comportamento dos barramentos, estimar as vazões de infiltração e subsidiar o dimensionamento dos filtros internos e as análises de estabilidade ao escorregamento dos taludes.

3.1. Modelo Matemático

Os estudos foram realizados empregando-se o programa SEEP/W 4.20 desenvolvido pela Geo-Slope, que utiliza o método dos elementos finitos. O programa permite a consideração do fluxo não confinado em regime permanente, com a obtenção da superfície freática por um processo iterativo.

Para o desenvolvimento dos estudos foi efetuada a discretização de uma malha de elementos finitos a partir de cada seção característica.

3.2. Estudos Realizados

Os estudos foram desenvolvidos admitindo-se diferentes seções típicas de barragem, como descrito a seguir:



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

- a) Tipo A – seção do tipo zonada, com altura da ordem de 16m, apoiada em solos aluvionares sobrejacentes a solos de alteração e rocha (alterada e/ou sã) e considerada típica para a grande maioria dos barramentos. Como referência, adotou-se a seção zonada da barragem Areias (des. s/º e EN.B/V.DS.GL.0021).
- b) Tipo B – seção do tipo homogênea, com altura da ordem de 11m, fundada diretamente no topo da rocha. Nesta ombreira ocorrem solos aluvionar, coluvionar ou de alteração, geralmente com pequenas espessuras, superpostos à rocha. Sua concepção também foi baseada no projeto da barragem Areias (des. s/º e EN.B/V.DS.GL.0021).
- c) Tipo C – seção do tipo homogênea, apresenta altura da ordem de 11m e característica singular de fundação. Neste caso o aterro será executado diretamente em argilitos, com reduzido coeficiente de permeabilidade (inferior à 10^{-6} cm/s) e baixa resistência ao cisalhamento, existente em parte da fundação da barragem Areias (des. s/º e EN.B/V.DS.GL.0021).
- d) Tipo D – seção do tipo zonada, escolhida por representar a barragem de Braúnas, concebida como a de maior altura (28m) de todos os barramentos contemplados no projeto de Transposição (des. s/º e EN.B/V.DS.GL.0022). O topo rochoso é coberto por solos de alteração na região de implantação da barragem.
- e) Tipo E – seção do tipo homogênea, admitida para as ombreiras da barragem de Braúnas, com altura de 19m (des. s/º e EN.B/V.DS.GL.0021). A fundação da barragem constitui-se de solos coluvionares e de alteração recobrimdo o topo rochoso.

Os valores adotados para os coeficientes de permeabilidade estão apresentados no Quadro I. Visando subsidiar o dimensionamento dos filtros interceptor vertical e horizontal, foi admitido um incremento de 10 (dez) vezes nas permeabilidades dos materiais de fundação e do aterro compactado, conforme preconizado nos critérios de projeto.

No volume 2 estão apresentadas as seções típicas admitidas nos estudos, as malhas de elementos finitos e as redes de fluxo obtidas. Estas redes estão representadas pelas linhas de mesmo potencial hidráulico (equipotenciais) e pelas linhas de fluxo(#). Estão também registradas as vazões das águas de infiltração estimadas para cada caso avaliado.

Foram determinadas as vazões afluentes ao filtro horizontal, aos poços/trincheiras drenantes (quando admitidas) e as infiltradas pela fundação e não coletadas pelos filtros (determinadas a jusante, no pé da barragem).

Sintetizando as várias análises realizadas, constam nos Quadros II a VI as permeabilidades dos materiais de construção e fundação, os fatores de segurança admitidos, a espessura e tipo dos filtros horizontais, as vazões de infiltração e a indicação da adoção ou não de poços/trincheiras de drenagem.

(#) Importante: as redes de percolação estão representadas pelas linhas de mesmos potenciais hidráulicos. As linhas de fluxo, indicadas parcialmente, são apenas orientativas e visam subsidiar a avaliação do comportamento da percolação d'água através dos maciços, e como tais, devem ser vistas com ressalvas.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Estão resumidos nos Quadros I a VI, anexos, as permeabilidades adotadas e as vazões de infiltração determinadas para cada caso avaliado.

Com base nos diversos estudos alternativos realizados observa-se:

4.1. Seção Tipo A – Zonada – H= 16m (ref. Barragem Areias)

4.1.1. Admitindo-se incremento nas permeabilidades dos materiais de fundação e de construção (FS=10):

- em geral, os casos avaliados revelam um comportamento das linhas de mesmo potencial hidráulico com uma distribuição harmônica;
- a espessura mínima de 0,50m admitida para o filtro interceptor vertical é suficiente para a coleta das águas infiltradas pelo espaldar de montante do aterro, mesmo quando constituído de areia de permeabilidade inferior (1.10^{-5} m/s);
- a carga no interior do filtro horizontal homogêneo com 0,60 m de espessura é bastante elevada (gradiente hidráulico da ordem de 40%) quando admite-se areia de baixa permeabilidade (1.10^{-5} m/s);
- mesmo para filtro homogêneo com 0,60m de espessura e permeabilidade média de 1.10^{-4} m/s verifica-se um gradiente da ordem de 20%. Para filtro com mesma característica e espessura de 0,80m, a carga hidráulica em seu interior é decrescida para valor da ordem de 10% (máximo previsto nos critérios de projeto);
- para filtros do tipo sanduíche com espessuras avaliadas de 0,40m e 0,60m e coeficiente de permeabilidade equivalente de $1,7.10^{-3}$ m/s (média ponderada das permeabilidades, admitindo-se areia e material pétreo processado com permeabilidades de 1.10^{-4} m/s e 5.10^{-3} m/s, respectivamente), não constata-se carga hidráulica em seu interior, mesmo admitindo-se a ocorrência na fundação de uma espessa camada de rocha alterada dez vezes mais permeável (1.10^{-5} m/s)* que a rocha sã subjacente (1.10^{-6} m/s)*;
- o filtro sanduíche com 0,60m de espessura apresenta carga em seu interior somente quando é admitida uma permeabilidade ainda mais elevada para a rocha alterada (1.10^{-4} m/s)*, cerca de cem vezes superior à permeabilidade do maciço rochoso subjacente;
- as vazões na saída do filtro horizontal da barragem são expressivamente superiores às da fundação (não coletadas pelos filtros). Em geral esta relação varia da ordem de cinquenta a cem vezes, exceto nos casos onde admite-se a rocha alterada com permeabilidade significativamente superior à da rocha sã. Neste caso a relação entre estas vazões é reduzida para valores entre 10 e 15;
- mesmo admitindo-se a permeabilidade da rocha alterada dez vezes superior à da rocha sã, as vazões captadas pelo filtro horizontal não são sensivelmente alteradas. Quando esta relação de condutividade hidráulica passa a ser mais contrastante (cem vezes), são mais significativas as vazões estimadas no filtro, as quais, aumentam consideravelmente;
- nas simulações efetuadas com a rocha de fundação constituída de características homogêneas ou com a ocorrência de uma rocha alterada mais permeável (dez vezes superior à da rocha sã),

* Admitindo-se majoração de dez vezes nas permeabilidades dos materiais do aterro e fundação



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

- não são evidenciadas sensíveis diferenças nas perdas de carga hidráulica que possam exigir tratamentos específicos para facilitar a drenagem através de poço/trincheiras de alívio;
- para uma rocha alterada muito mais permeável que a rocha sã subjacente (contraste de cem vezes na permeabilidade), estas diferenças tornam-se mais acentuadas. Considerando a presença deste estrato de maior condutividade hidráulica, a rede de fluxo revela maiores subpressões no solo de fundação imediatamente subjacente ao aterro. Estes incrementos são da ordem de 2,5 m.c.a. junto ao filtro vertical e de 1,8 m.c.a. na região intermediária do espaldar de jusante, quando comparados com a piezometria obtida para simulações com menor permeabilidade da rocha alterada. Neste caso, admitindo a execução de poços drenantes no pé da barragem, verifica-se uma sensível redução nas subpressões;
- a escavação do poço/trincheira drenante proporciona sensível redução nas subpressões quando comparados com estudos sem este tratamento, especialmente quando as permeabilidades das rochas sã e alterada forem muito diferentes. Neste caso, seria suficiente que estes poços interceptassem toda a cobertura de solo até atingir a rocha alterada. As profundidades de escavação simuladas, até o topo da rocha alterada mole ou aprofundada em rocha sã, não revelam variações sensíveis nas perdas de carga;
- a presença do poço/trincheira drenante a jusante não mostra sensível variação nas vazões (filtro, fundação e poço/trincheira) se escavado até os topos das rochas alterada ou sã;
- como é de se esperar, o poço/trincheira drenante torna-se muito mais eficiente quando em seu interior for utilizado material de maior permeabilidade.

4.1.2. Admitindo-se as permeabilidades médias dos materiais de fundação e de construção, sem majoração (FS=1):

- as vazões absorvidas pelo filtro horizontal e as de fundação por ele não interceptadas são inferiores em cerca de oito vezes quando comparadas com estudos similares considerando fator de segurança nas permeabilidades.

4.1.3 Conclusões

- independentemente dos requisitos construtivos, a espessura de 0,50m admitida para o filtro vertical garante a condução das águas de percolação provenientes do espaldar de montante;
- a utilização de areia de baixa permeabilidade (1.10^{-5} m/s) exigirá filtros horizontais mais espessos. Para permeabilidade média de 1.10^{-4} m/s será necessário um filtro horizontal com espessura mínima de 0,80m, se admitir carga hidráulica da ordem de 10%;
- para filtros do tipo sanduíche será necessária uma permeabilidade mínima equivalente de $1,7.10^{-3}$ m/s. Estes filtros apresentam gradiente hidráulico, da ordem de 8%, somente no caso da presença na fundação de rocha alterada com permeabilidade muito elevada (cem vezes superior à da rocha sã);
- são verificados incrementos nas subpressões nos solos de fundação somente nos casos da ocorrência de grandes diferenças entre as permeabilidades dos solos de fundação e da rocha alterada.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

4.2. Seção Tipo B – Homogênea – H= 11m (ref. Barragem Areias)

4.2.1. Admitindo-se incremento nas permeabilidades dos materiais de fundação e de construção (FS=10):

- foram registrados gradientes hidráulicos nos filtros horizontais com 0,40 m de espessura, respectivamente da ordem de 3% e 11% quando admitidas permeabilidades da areia de 1.10^{-4} m/s e 1.10^{-5} m/s;
- as cargas hidráulicas no interior do filtro com 0,40m de espessura (permeabilidade de 1.10^{-4} m/s) passam de 3% para 6% quando admite-se a rocha alterada mais permeável do que a rocha sã subjacente (relação de dez vezes);
- filtros horizontais do tipo sanduíche não apresentam carga quando constituídos de materiais com coeficientes de permeabilidade (média ponderada) superiores à $1,7.10^{-3}$ m/s;
- as vazões estimadas para as águas percoladas pela fundação e não coletadas pelo sistema de drenagem da barragem são, também, sensivelmente inferiores às vazões determinadas na saída do filtro;
- as vazões estimadas revelam-se pouco influenciadas mesmo quando admite-se o solo compactado do espaldar de montante com uma permeabilidade cinco vezes maior.

4.2.2. Admitindo-se as permeabilidades médias dos materiais de fundação e de construção, sem majoração (FS=1):

- comparando-se com os estudos avaliados no item anterior (4.2.1) constata-se que as vazões para as permeabilidades médias com FS=1 são sensivelmente inferiores, cerca de cinco vezes para a vazão no filtro e da ordem de dez vezes na fundação (não coletada pelo sistema de drenagem).

4.2.3. Conclusões

- a utilização de areia com baixa permeabilidade e carga hidráulica da ordem de 10% exigirá filtro horizontal com espessura mínima de 0,50m;
- filtro horizontal com cerca de 0,40m de espessura e permeabilidade de 1.10^{-4} m/s apresenta pequena carga hidráulica para condições normais. Admitindo-se os primeiros metros da rocha de fundação mais permeável (cerca de dez vezes maior) constata-se uma majoração na carga hidráulica, da ordem de 3% para 6%;
- filtros sanduíches com espessura de até 0,40m e permeabilidades superiores à $1,7.10^{-3}$ m/s não apresentam gradientes, nem mesmo quando é admitida maior permeabilidade nos primeiros metros de rocha da fundação.

4.3. Seção Tipo C – Homogênea – Fundação em Argilito - H= 11m (ref. Barragem Areias)

4.3.1. Admitindo-se incremento nas permeabilidades dos materiais de fundação e de construção (FS=10):

- considerando-se filtro sanduíche com permeabilidade equivalente de $1,7.10^{-3}$ m/s e espessura de apenas 0,40m, não constata-se carga hidráulica em seu interior, mesmo quando admite-se aterro com permeabilidade cinco vezes maior;
- filtro horizontal homogêneo com 0,40m de espessura apresenta carga hidráulica da ordem de 8% quando a permeabilidade da areia for de 1.10^{-4} m/s;
- para areia com permeabilidade de 1.10^{-5} m/s verifica-se gradiente hidráulico de aproximadamente 15%, mesmo para filtro com espessura de 0,60m;



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

- como observado nos estudos descritos anteriormente, as vazões nos filtros são significativamente superiores às estimadas para a fundação e não coletadas pelo tapete drenante horizontal.

4.3.2. Admitindo-se as permeabilidades médias dos materiais de fundação e de construção, sem majoração (FS=1):

- neste caso, as vazões estimadas são cerca de dez vezes inferiores aos estudos realizados quando admite-se incremento de mesma ordem de grandeza nas permeabilidades dos materiais da fundação e aterro.

4.3.3. Conclusões

- filtros horizontais com permeabilidade de 1.10^{-4} m/s e espessura de 0,40m apresentam carga hidráulica da ordem de 8%;
- filtros do tipo sanduíche com permeabilidade equivalente superior à $1,7.10^{-3}$ m/s não revelam gradientes hidráulicos em seu interior.

4.4. Seção Tipo D – Zonada – H= 28m (ref. Barragem Braúnas)

4.4.1. Admitindo-se incremento nas permeabilidades dos materiais de fundação e de construção (FS=10):

- foram registradas cargas no interior dos filtros horizontais do tipo homogêneo, com permeabilidade de 1.10^{-4} m/s. Para espessura de 1,00m foram obtidos gradientes de 14% e 11%, respectivamente para simulações admitindo-se as rochas sã e alterada com mesma permeabilidade e com diferença de dez vezes;
- aumentando-se a espessura do filtro horizontal para 1,25m e 2,00m foram ainda revelados gradientes, da ordem de 7% e 4%, respectivamente (rochas sã e alterada com mesma permeabilidade);
- não foram observadas cargas no interior dos filtros do tipo sanduíche com permeabilidade média de $1,7.10^{-3}$ m/s e espessura de 0,60m, mesmo para relação de dez vezes entre as permeabilidades da rocha de fundação;
- também foram verificadas vazões afluentes ao filtro sensivelmente superiores às da fundação não coletadas pelo sistema de drenagem da barragem;
- quando admite-se a rocha alterada mais permeável, constata-se um acréscimo nas vazões pela fundação. Neste caso, as vazões nos filtros permanecem praticamente inalteradas;
- a piezometria na interface do solo de fundação com a rocha subjacente apresenta gradiente da ordem de 6% quando emprega-se filtro sanduíche. Admitindo-se uma rocha alterada dez vezes mais permeável que a rocha sã abaixo, verifica-se um incremento de 1 m.c.a. nas subpressões sob o espaldar de jusante da barragem. A adoção de poço/trincheira de drenagem escavado até o topo da rocha alterada, proporciona à jusante, uma redução nas subpressões, atingindo níveis um pouco inferiores dos obtidos para o caso de permeabilidades iguais da rocha.

4.4.2. Admitindo-se as permeabilidades médias dos materiais de fundação e de construção, sem majoração (FS=1):

- quando não admite-se incremento nas permeabilidades, as vazões no filtro são reduzidas da ordem de três vezes. Nas fundações esta relação é mais significativa.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

4.4.3. Conclusões

- filtros sanduíches com espessura de 0,60m são suficientes para atender aos critérios de projeto. Para filtros homogêneos serão necessárias espessuras mais elevadas, próximas a 2,00m, mesmo assim com gradientes da ordem de 4%;
- quando admite-se a rocha alterada de fundação com permeabilidade dez vez maior, as subpressões no solo de alteração sobrejacente elevam-se em aproximadamente 1 m.c.a..

4.5. Seção Tipo E – Homogênea – H= 19m (ref. Barragem Braúnas)

4.5.1. Admitindo-se incremento nas permeabilidades dos materiais de fundação e de construção (FS=10):

- filtro sanduíche com espessura de 0,60m é suficiente para absorver as águas de infiltração sem proporcionar carga hidráulica em seu interior;
- foram registrados gradientes nos filtros homogêneos da ordem de 13% e 9%, quando admite-se respectivamente espessuras de 1,00m e 1,50m;
- as vazões no interior do filtro praticamente não se alteram quando adota-se a presença de uma rocha alterada mais permeável na fundação. Neste caso, as variações nas subpressões são menos sensíveis que as registradas para a seção de maior altura (item anterior).

4.5.2. Admitindo-se as permeabilidades médias dos materiais de fundação e de construção, sem majoração (FS=1):

- as vazões no filtro são inferiores em cerca de quatro vezes. Nas fundações esta relação é da ordem de dez vezes.

4.5.3. Conclusões

- filtros sanduíches com 0,60m de espessura não apresentam carga hidráulica;
- a adoção de filtros homogêneos exigira uma espessura da ordem de 2,00m, ainda com gradiente em seu interior.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

QUADRO I – COEFICIENTES MÉDIOS DE PERMEABILIDADE CONSIDERADOS

Material		Coeficiente de Permeabilidade (m/s)
Maciço Compactado	Aluvião (areia argilosa)	$< 5.10^{-8}$
	Coluvião / solo de alteração (silte argiloso)	$< 1.10^{-8}$
	RAM / saprolito	$< 5.10^{-8}$
	Areia	1.10^{-3} a 1.10^{-4}
	Transição	$< 1.10^{-2}$
Fundação	Aluvião / coluvião (arenosos)	$< 5.10^{-7}$
	Aluvião (argiloso)	$< 1.10^{-8}$
	Solo de alteração de argilito	$< 1.10^{-8}$
	Arenito	$< 1.10^{-8}$
	Conglomerado	$< 1.10^{-8}$
	Solo de alteração / RAM	$< 5.10^{-8}$
	RAD (RAM)	$< 1.10^{-5}$ (1.10^{-4} e 1.10^{-3})



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

**QUADRO II (1/4)– SEÇÃO TIPO A - ZONADA (REF. AREIAS) – PERCOLAÇÃO D'ÁGUA
COEFICIENTES DE PERMEABILIDADE ADOTADOS (m/s) E VAZÕES ESTIMADAS (m³/s/m)**

Material			Caso 01		Caso 02		Caso 03		Caso 04	
			K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.
Maciço Compactado	Montante	Mat. 3	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#
		Mat. 4	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#
	Jusante	Mat. 3	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#
		Mat. 3 ou 4	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#
		Filtro Vertical	1.10 ⁻⁵	#6#	1.10 ⁻⁵	#6#	1.10 ⁻⁴	#6#	1.10 ⁻⁵	#6#
		Filtro Horiz.	1,7.10 ⁻³	0,60m #3#	1.10 ⁻⁵	0,60m #2#	1.10 ⁻⁴	0,60m #2#	1,7.10 ⁻³	0,60m #3#
Funda-ção	Aluvião		1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#
	Solo de alteração		5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#
	RAM		1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁵	#1#
	RAD		1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#
Poço/trincheira drenante jusante			-	-	-	-	-	-	-	-
Vazão (m³/s/m)	Filtro Horizontal		1,7.10 ⁻⁵	#1#	4,2.10 ⁻⁶	#1#	1,0.10 ⁻⁵	#1#	3,5.10 ⁻⁵	#1#
	Fundação (pé barragem)		3,3.10 ⁻⁷	#1#	7,4.10 ⁻⁷	#1#	5,1.10 ⁻⁷	#1#	4,6.10 ⁻⁷	#1#
	Poço/trincheira dren. Jus									

Observação:

#1# Admitindo-se fator de segurança 10 (dez) nas permeabilidades dos materiais (exceto para os filtros horizontal e vertical)

#2# Filtro horizontal homogêneo, em areia, com espessura variável (0,40 m ou 0,60 m, como indicado)

#3# Filtro horizontal sanduíche, em areia e material pétreo (permeabilidade média adotada através de média ponderada)

#4# Poço/trincheira drenante, no pé da barragem, interceptando o solo de capeamento, até o topo da RAM

#5# Poço/trincheira drenante, no pé da barragem, aprofundada na RAM

#6# Considerado 0,50 m para a espessura do filtro vertical



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

**QUADRO II (2/4) – SEÇÃO TIPO A - ZONADA (REF. AREIAS) – PERCOLAÇÃO D'ÁGUA
COEFICIENTES DE PERMEABILIDADE ADOTADOS (m/s) E VAZÕES ESTIMADAS (m³/s/m)**

Material			Caso 05		Caso 06		Caso 07		Caso 08	
			K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.
Maciço Com-compactado	Montante	Mat. 3	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#
		Mat. 4	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#
	Jusante	Mat. 3	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#
		Mat. 3 ou 4	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#
		Filtro Vertical	1.10 ⁻⁵	#6#	1.10 ⁻⁵	#6#	1.10 ⁻⁴	#6#	1.10 ⁻⁵	#6#
		Filtro Horiz.	1,7.10 ⁻³	0,60m #3#	1,7.10 ⁻³	0,60m #3#	1,7.10 ⁻³	0,60m #3#	1,7.10 ⁻³	0,40m #3#
Funda-ção	Aluvião		1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#
	Solo de alteração		5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#
	RAM		1.10 ⁻⁵	#1#	1.10 ⁻⁵	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁵	#1#
	RAD		1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#
Poço/trincheira drenante jusante			1.10 ⁻⁴	#5#	5.10 ⁻³	#5#	5.10 ⁻³	#4#	-	-
Vazão (m³/s/m)	Filtro Horizontal		2,7.10 ⁻⁵	#1#	2,8.10 ⁻⁵	#1#	2,9.10 ⁻⁵	#1#	3,1.10 ⁻⁵	#1#
	Fundação (pé barragem)		4,3.10 ⁻⁷	#1#	4,3.10 ⁻⁷	#1#	4,3.10 ⁻⁷	#1#	3,0.10 ⁻⁷	#1#
	Poço/trincheira dren. Jus		6,2.10 ⁻⁷	-	4,1.10 ⁻⁶	-	8,3.10 ⁻⁷	-	-	-

Observação:

#1# Admitindo-se fator de segurança 10 (dez) nas permeabilidades dos materiais (exceto para os filtros horizontal e vertical)

#2# Filtro horizontal homogêneo, em areia, com espessura variável (0,40 m ou 0,60 m, como indicado)

#3# Filtro horizontal sanduíche, em areia e material pétreo (permeabilidade média adotada através de média ponderada)

#4# Poço/trincheira drenante, no pé da barragem, interceptando o solo de capeamento, até o topo da RAM

#5# Poço/trincheira drenante, no pé da barragem, aprofundada na RAM

#6# Considerado 0,50 m para a espessura do filtro vertical



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

**QUADRO II (3/4) – SEÇÃO TIPO A - ZONADA (REF. AREIAS) – PERCOLAÇÃO D'ÁGUA)
COEFICIENTES DE PERMEABILIDADE ADOTADOS (m/s) E VAZÕES ESTIMADAS (m³/s/m)**

Material			Caso 09		Caso 10		Caso 11			
			K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.		
Maciço Com-compactado	Montante	Mat. 3	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁸	#7#	1.10 ⁻⁷	#1#		
		Mat. 4	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁸	#7#	5.10 ⁻⁷	#1#		
	Jusante	Mat. 3	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁸	#7#	1.10 ⁻⁷	#1#		
		Mat. 3 ou 4	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁸	#7#	5.10 ⁻⁷	#1#		
		Filtro Vertical	1.10 ⁻⁵	#6#	1.10 ⁻⁵	#6#	1.10 ⁻⁴	#6#		
		Filtro Horiz.	1,7.10 ⁻³	0,40m #3#	1,7.10 ⁻³	0,40m #3#	1.10 ⁻⁴	0,80m #2#		
Funda-ção	Aluvião		1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁸	#7#	1.10 ⁻⁷	#1#		
	Solo de alteração		5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁸	#7#	5.10 ⁻⁷	#1#		
	RAM		1.10 ⁻⁵	#1#	1.10 ⁻⁷	#7#	1.10 ⁻⁶	#1#		
	RAD		1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁷	#7#	1.10 ⁻⁶	#1#		
Poço/trincheira drenante jusante			1.10 ⁻⁴	#5#	-	-	-	-		
Vazão (m³/s/m)	Filtro Horizontal		2,7.10 ⁻⁵	#1#	4,2.10 ⁻⁶	#7#	1,2.10 ⁻⁵	#1#		
	Fundação (pé barragem)		4,3.10 ⁻⁷	#1#	3,8.10 ⁻⁸	#7#	4,6.10 ⁻⁷	#1#		
	Poço/trincheira dren. jus.		5,4.10 ⁻⁷	-	-	-	-	-		

Observação:

#1# Admitindo-se fator de segurança 10 (dez) nas permeabilidades dos materiais (exceto para os filtros horizontal e vertical)

#2# Filtro horizontal homogêneo, em areia, com espessura variável (0,40 m ou 0,80 m, como indicado)

#3# Filtro horizontal sanduíche, em areia e material pétreo (permeabilidade média adotada através de média ponderada)

#4# Poço/trincheira drenante, no pé da barragem, interceptando o solo de capeamento, até o topo da RAM

#5# Poço/trincheira drenante, no pé da barragem, aprofundada na RAM

#6# Considerado 0,50 m para a espessura do filtro vertical

#7# Não admitindo-se fator de segurança nas permeabilidades dos materiais (fundação e maciço compactado)



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

**QUADRO II (4/4)– SEÇÃO TIPO A - ZONADA (REF. AREIAS) – PERCOLAÇÃO D'ÁGUA
COEFICIENTES DE PERMEABILIDADE ADOTADOS (m/s) E VAZÕES ESTIMADAS (m³/s/m)**

Material			Caso 12		Caso 13		Caso 14			
			K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.		
Maciço Com- compactado	Montante	Mat. 3	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#		
		Mat. 4	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#		
	Jusante	Mat. 3	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#		
		Mat. 3 ou 4	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#		
		Filtro Vertical	1.10 ⁻⁵	#6#	1.10 ⁻⁵	#6#	1.10 ⁻⁴	#6#		
		Filtro Horiz.	1,7.10 ⁻³	0,60m #3#	1.10 ⁻⁵	0,60m #3#	1.10 ⁻⁴	0,60m #3#		
Funda- ção	Aluvião		1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#		
	Solo de alteração		5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#		
	RAM		1.10 ⁻⁴	#1#	1.10 ⁻⁴	#1#	1.10 ⁻⁴	#1#		
	RAD		1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#		
Poço/trincheira drenante jusante			-	-	1.10 ⁻²	#5#	1.10 ⁻²	#4#		
Vazão (m³/s/m)	Filtro Horizontal		9,4.10 ⁻⁵	#1#	7,2.10 ⁻⁵	#1#	7,9.10 ⁻⁵	#1#		
	Fundação (pé barragem)		1,1.10 ⁻⁵	#1#	4,8.10 ⁻⁶	#1#	5,8.10 ⁻⁶	#1#		
	Poço/trincheira dren. Jus		-	-	5,3.10 ⁻⁵	-	4,0.10 ⁻⁵	-		

Observação:

#1# Admitindo-se fator de segurança 10 (dez) nas permeabilidades dos materiais (exceto para os filtros horizontal e vertical)

#2# Filtro horizontal homogêneo, em areia, com espessura variável (0,40 m ou 0,60 m, como indicado)

#3# Filtro horizontal sanduíche, em areia e material pétreo (permeabilidade média adotada através de média ponderada)

#4# Poço/trincheira drenante, no pé da barragem, interceptando o solo de capeamento, até o topo da RAM

#5# Poço/trincheira drenante, no pé da barragem, aprofundada na RAM

#6# Considerado 0,50 m para a espessura do filtro vertical



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

**QUADRO III (1/2) – SEÇÃO TIPO B - HOMOGÊNEA (REF. AREIAS) – PERCOLAÇÃO D'ÁGUA
COEFICIENTES DE PERMEABILIDADE ADOTADOS (m/s) E VAZÕES ESTIMADAS (m³/s/m)**

Material			Caso 01		Caso 02		Caso 03		Caso 04	
			K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.
Maciço Com- compactado	Montante	Mat. 3	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#7#
	Jusante	Mat. 3	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#7#
		Filtro Vertical	1.10 ⁻⁵	#6#	1.10 ⁻⁵	#6#	1.10 ⁻⁵	#6#	1.10 ⁻⁵	#6#
		Filtro Horiz.	1,7.10 ⁻³	0,40m #3#	1.10 ⁻⁵	0,40m #2#	1,7.10 ⁻³	0,40m #3#	1,7.10 ⁻³	0,40m #3#
Fun- dação	Solo de alteração		5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#7#
	RAM		1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#7#
	RAD		1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#7#
Poço/trincheira drenante jusante			-	-	-	-	-	-	-	-
Vazão (m³/s/m)	Filtro Horizontal		2,2.10 ⁻⁶	#1#	8,7.10 ⁻⁷	#1#	3,3.10 ⁻⁶	#1#	5,7.10 ⁻⁷	#7#
	Fundação (pé barragem)		3,9.10 ⁻⁸	#1#	4,1.10 ⁻⁸	#1#	4,1.10 ⁻⁸	#1#	3,9.10 ⁻⁹	#7#
	Poço/trincheira dren. jus.		-	-	-	-	-	-	-	-

Observação:

#1# Admitindo-se fator de segurança 10 (dez) nas permeabilidades dos materiais (exceto para os filtros horizontal e vertical)

#2# Filtro horizontal homogêneo, em areia, com espessura variável (0,40 m ou 0,60 m, como indicado)

#3# Filtro horizontal sanduíche, em areia e material pétreo (permeabilidade média adotada através de média ponderada)

#4# Poço/trincheira drenante, no pé da barragem, interceptando o solo de capeamento, até o topo da RAM

#5# Poço/trincheira drenante, no pé da barragem, aprofundada na RAM

#6# Considerado 0,50 m para a espessura do filtro vertical

#7# Não admitindo-se fator de segurança nas permeabilidades dos materiais (fundação e maciço compactado)



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

**QUADRO III (2/2) – SEÇÃO TIPO B - HOMOGÊNEA (REF. AREIAS) – PERCOLAÇÃO D'ÁGUA
COEFICIENTES DE PERMEABILIDADE ADOTADOS (m/s) E VAZÕES ESTIMADAS (m³/s/m)**

Material			Caso 05		Caso 06		Caso 07			
			K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.		
Maciço Com- pactado	Montante	Mat. 3	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#		
	Jusante	Mat. 3	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#		
		Filtro Vertical	1.10 ⁻⁵	#6#	1.10 ⁻⁵	#6#	1.10 ⁻⁵	#6#		
		Filtro Horiz.	1.10 ⁻⁴	0,40m #2#	1.10 ⁻⁵	0,40m #2#	1,7.10 ⁻³	0,40m #3#		
Fun- dação	Solo de alteração		5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#		
	RAM		1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁵	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#		
	RAD		1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#		
Poço/trincheira drenante jusante			-	-	-	-	-	-		
Vazão (m³/s/m)	Filtro Horizontal		1,3.10 ⁻⁶	#1#	3,0.10 ⁻⁶	#1#	6,2.10 ⁻⁶	#1#		
	Fundação (pé barragem)		4,2.10 ⁻⁸	#1#	4,6.10 ⁻⁸	#1#	3,4.10 ⁻⁸	#1#		
	Poço/trincheira dren. Jus.		-	-	-	-				

Observação:

#1# Admitindo-se fator de segurança 10 (dez) nas permeabilidades dos materiais (exceto para os filtros horizontal e vertical)

#2# Filtro horizontal homogêneo, em areia, com espessura de 0,40 m

#3# Filtro horizontal sanduíche, em areia e material pétreo (permeabilidade média adotada através de média ponderada)

#4# Poço/trincheira drenante, no pé da barragem, interceptando o solo de capeamento, até o topo da RAM

#5# Poço/trincheira drenante, no pé da barragem, aprofundada na RAM

#6# Considerado 0,50 m para a espessura do filtro vertical

#7# Não admitindo-se fator de segurança nas permeabilidades dos materiais (fundação e maciço compactado)



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

**QUADRO IV (1/2) – SEÇÃO TIPO C - HOMOGÊNEA – FUNDAÇÃO EM ARGILITO (REF. AREIAS) – PERCOLAÇÃO D'ÁGUA
COEFICIENTES DE PERMEABILIDADE ADOTADOS (m/s) E VAZÕES ESTIMADAS (m³/s/m)**

Material			Caso 01		Caso 02		Caso 03		Caso 04	
			K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.
Maciço Compactado	Montante	Mat. 3	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#7#
	Jusante	Mat. 3	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#7#
		Filtro Vertical	1.10 ⁻⁵	#6#	1.10 ⁻⁵	#6#	1.10 ⁻⁵	#6#	1.10 ⁻⁵	#6#
		Filtro Horiz.	1,7.10 ⁻³	0,40m #3#	1.10 ⁻⁵	0,60m #2#	1,7.10 ⁻³	0,40m #3#	1,7.10 ⁻³	0,40m #3#
Fun- dação	Solo de alteração		5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#7#
	Argilito		1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#7#
Poço/trincheira drenante jusante			-	-	-	-	-	-	-	-
Vazão (m³/s/m)	Filtro Horizontal		1,2.10 ⁻⁶	#1#	1,0.10 ⁻⁶	#1#	4,6.10 ⁻⁶	#1#	1,2.10 ⁻⁷	#7#
	Fundação (pé barragem)		3,9.10 ⁻⁸	#1#	4,1.10 ⁻⁸	#1#	4,3.10 ⁻⁸	#1#	4,0.10 ⁻⁹	#7#
	Poço/trincheira dren. jus.		-	-	-	-	-	-	-	-

Observação:

#1# Admitindo-se fator de segurança 10 (dez) nas permeabilidades dos materiais (exceto para os filtros horizontal e vertical)

#2# Filtro horizontal homogêneo, em areia, com espessura variável (0,40 m ou 0,60 m, como indicado)

#3# Filtro horizontal sanduíche, em areia e material pétreo (permeabilidade média adotada através de média ponderada)

#4# Poço/trincheira drenante, no pé da barragem, interceptando o solo de capeamento, até o topo da RAM

#5# Poço/trincheira drenante, no pé da barragem, aprofundada na RAM

#6# Considerado 0,50 m para a espessura do filtro vertical

#7# Não admitindo-se fator de segurança nas permeabilidades dos materiais (fundação e maciço compactado)



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

**QUADRO IV (2/2) – SEÇÃO TIPO C - HOMOGÊNEA – FUNDAÇÃO EM ARGILITO (REF. AREIAS) – PERCOLAÇÃO D'ÁGUA
COEFICIENTES DE PERMEABILIDADE ADOTADOS (m/s) E VAZÕES ESTIMADAS (m³/s/m)**

Material			Caso 05							
			K ₂₀	Obs.						
Maciço Com-compactado	Montante	Mat. 3	1.10 ⁻⁷	#1#						
	Jusante	Mat. 3	1.10 ⁻⁷	#1#						
		Filtro Vertical	1.10 ⁻⁵	#3#						
		Filtro Horiz.	1.10 ⁻⁴	0,40m #2#						
Fun-dação	Solo de alteração		5.10 ⁻⁷	#1#						
	Argilito		1.10 ⁻⁶	#1#						
Poço/trincheira drenante jusante			-	-						
Vazão (m³/s/m)	Filtro Horizontal		1,0.10 ⁻⁶	#1#						
	Fundação (pé barragem)		4,2.10 ⁻⁸	#1#						
	Poço/trincheira dren. jus.		-	-						

Observação:

#1# Admitindo-se fator de segurança 10 (dez) nas permeabilidades dos materiais (exceto para os filtros horizontal e vertical)

#2# Filtro horizontal homogêneo, em areia, com espessura de 0,40 m, como indicado

#3# Considerado 0,50 m para a espessura do filtro vertical



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

**QUADRO V (1/2)– SEÇÃO TIPO D - ZONADA (REF. BRAÚNAS) – PERCOLAÇÃO D'ÁGUA
COEFICIENTES DE PERMEABILIDADE ADOTADOS (m/s) E VAZÕES ESTIMADAS (m³/s/m)**

Material			Caso 01		Caso 02		Caso 03		Caso 04	
			K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.
Maciço Compactado	Montante	Mat. 3	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#
		Mat. 4	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#
	Jusante	Mat. 3	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#
		Mat. 3 ou 4	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#
		Filtro Vertical	1.10 ⁻⁵	#5#	1.10 ⁻⁵	#5#	1.10 ⁻⁵	#5#	1.10 ⁻⁵	#5#
		Filtro Horiz.	1,7.10 ⁻³	0,60m #3#	1,7.10 ⁻³	0,60m #3#	1.10 ⁻⁴	1,00m #2#	1.10 ⁻⁴	1,00m #2#
Fundação	Solo de alteração		5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#
	RAM		1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁵	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁵	#1#
	RAD		1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#
Poço/trincheira drenante jusante			-	-	-	-	-	-	-	-
Vazão (m³/s/m)	Filtro Horizontal		1,9.10 ⁻⁵	#1#	2,4.10 ⁻⁵	#1#	1,5.10 ⁻⁵	#1#	1,6.10 ⁻⁵	#1#
	Fundação (pé barragem)		6,6.10 ⁻⁷	#1#	1,1.10 ⁻⁶	#1#	8,7.10 ⁻⁷	#1#	1,5.10 ⁻⁶	#1#
	Poço/trincheira dren. Jus		-	-	-	-	-	-	-	-

Observação:

#1# Admitindo-se fator de segurança 10 (dez) nas permeabilidades dos materiais (exceto para os filtros horizontal e vertical)

#2# Filtro horizontal homogêneo, em areia, com espessura variável (0,60 m e 1,00 m, como indicado)

#3# Filtro horizontal sanduíche, em areia e material pétreo (permeabilidade média adotada através de média ponderada)

#4# Poço/trincheira drenante, no pé da barragem, interceptando o solo de capeamento, até o topo da RAM

#5# Considerado 0,50 m para a espessura do filtro vertical



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

**QUADRO V (2/2)– SEÇÃO TIPO D - ZONADA (REF. BRAÚNAS) – PERCOLAÇÃO D'ÁGUA
COEFICIENTES DE PERMEABILIDADE ADOTADOS (m/s) E VAZÕES ESTIMADAS (m³/s/m)**

Material			Caso 05		Caso 06		Caso 07		Caso 08	
			K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.
Maciço Compactado	Montante	Mat. 3	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#6#	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#
		Mat. 4	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#6#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#
	Jusante	Mat. 3	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#6#	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#
		Mat. 3 ou 4	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#6#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#
		Filtro Vertical	1.10 ⁻⁵	#5#	1.10 ⁻⁵	#5#	1.10 ⁻⁵	#5#	1.10 ⁻⁵	#5#
		Filtro Horiz.	1,7.10 ⁻³	0,60m #3#	1,7.10 ⁻³	0,60m #3#	1.10 ⁻⁴	1,25m #2#	1.10 ⁻⁴	2,00m #2#
Fundação	Solo de alteração		5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#6#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#
	RAM		1.10 ⁻⁵	#1#	1.10 ⁻⁵	#6#	1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#
	RAD		1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#6#	1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#
Poço/trincheira drenante jusante			5.10 ⁻³	-	-	-	-	-	-	-
Vazão (m³/s/m)	Filtro Horizontal		2,3.10 ⁻⁵	#1#	7,3.10 ⁻⁶	#6#	1,2.10 ⁻⁵	#1#	1,2.10 ⁻⁵	#1#
	Fundação (pé barragem)		7,7.10 ⁻⁷	#1#	1,0.10 ⁻⁷	#6#	7,7.10 ⁻⁷	#1#	7,4.10 ⁻⁷	#1#
	Poço/trincheira dren. Jus		8,9.10 ⁻⁶	-	-	-	-	-	-	-

Observação:

#1# Admitindo-se fator de segurança 10 (dez) nas permeabilidades dos materiais (exceto para os filtros horizontal e vertical)

#2# Filtro horizontal homogêneo, em areia, com espessura variável (0,60 m a 2,00 m, como indicado)

#3# Filtro horizontal sanduíche, em areia e material pétreo (permeabilidade média adotada através de média ponderada)

#4# Poço/trincheira drenante, no pé da barragem, interceptando o solo de capeamento, até o topo da RAM

#5# Considerado 0,50 m para a espessura do filtro vertical

#6# Não admitindo-se fator de segurança nas permeabilidades dos materiais (fundação e maciço compactado)



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

**QUADRO VI (1/2) – SEÇÃO TIPO E - HOMOGÊNEA (REF. BRAÚNAS) – PERCOLAÇÃO D'ÁGUA
COEFICIENTES DE PERMEABILIDADE ADOTADOS (m/s) E VAZÕES ESTIMADAS (m³/s/m)**

Material			Caso 01		Caso 02		Caso 03		Caso 04	
			K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.
Maciço Compactado	Montante	Mat. 3	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#
	Jusante	Mat. 3	1.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	1.10 ⁻⁷	#1#
		Filtro Vertical	1.10 ⁻⁵	#5#	1.10 ⁻⁵	#5#	1.10 ⁻⁵	#5#	1.10 ⁻⁵	#5#
		Filtro Horiz.	1,7.10 ⁻³	0,60m #3#	1,7.10 ⁻⁵	0,60m #3#	1.10 ⁻⁴	1,00m #2#	1.10 ⁻⁴	1,50m #2#
Fun- dação	Solo de alteração		5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#	5.10 ⁻⁷	#1#
	RAM		1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁵	#1#	1.10 ⁻⁵	#1#	1.10 ⁻⁵	#1#
	RAD		1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#	1.10 ⁻⁶	#1#
Poço/trincheira drenante jusante			-	-	-	-	-	-	-	-
Vazão (m³/s/m)	Filtro Horizontal		2,2.10 ⁻⁵	#1#	2,6.10 ⁻⁵	#1#	1,5.10 ⁻⁵	#1#	1,6.10 ⁻⁵	#1#
	Fundação (pé barragem)		1,2.10 ⁻⁶	#1#	1,7.10 ⁻⁶	#1#	2,0.10 ⁻⁶	#1#	1,9.10 ⁻⁶	#1#
	Poço/trincheira dren. jus.		-	-	-	-	-	-	-	-

Observação:

#1# Admitindo-se fator de segurança 10 (dez) nas permeabilidades dos materiais (exceto para os filtros horizontal e vertical)

#2# Filtro horizontal homogêneo, em areia, com espessura variável (0,40 m ou 0,60 m, como indicado)

#3# Filtro horizontal sanduíche, em areia e material pétreo (permeabilidade média adotada através de média ponderada)

#4# Poço/trincheira drenante, no pé da barragem, interceptando o solo de capeamento, até o topo da RAM

#5# Considerado 0,50 m para a espessura do filtro vertical



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

**QUADRO VI (2/2) – SEÇÃO TIPO E - HOMOGÊNEA (REF. BRAÚNAS) – PERCOLAÇÃO D'ÁGUA
COEFICIENTES DE PERMEABILIDADE ADOTADOS (m/s) E VAZÕES ESTIMADAS (m³/s/m)**

Material			Caso 05		Caso 06					
			K ₂₀	Obs.	K ₂₀	Obs.				
Maciço Com- compactado	Montante	Mat. 3	1.10 ⁻⁷	#6#	1.10 ⁻⁷	#1#				
	Jusante	Mat. 3	1.10 ⁻⁷	#6#	1.10 ⁻⁷	#1#				
		Filtro Vertical	1.10 ⁻⁵	#5#	1.10 ⁻⁵	#5#				
		Filtro Horiz.	1,7.10 ⁻³	0,60m #3#	1,7.10 ⁻³	0,60m #3#				
Fun- dação	Solo de alteração		5.10 ⁻⁷	#6#	5.10 ⁻⁷	#1#				
	RAM		1.10 ⁻⁵	#6#	1.10 ⁻²	#1#				
	RAD		1.10 ⁻⁶	#6#	1.10 ⁻⁶	#1#				
Poço/trincheira drenante jusante			-	-	1.10 ⁻³	-				
Vazão (m³/s/m)	Filtro Horizontal		6,9.10 ⁻⁶	#6#	2,3.10 ⁻⁵	#1#				
	Fundação (pé barragem)		1,7.10 ⁻⁷	#6#	1,4.10 ⁻⁶	#1#				
	Poço/trincheira dren. jus.		-	-	5,3.10 ⁻⁶	-				

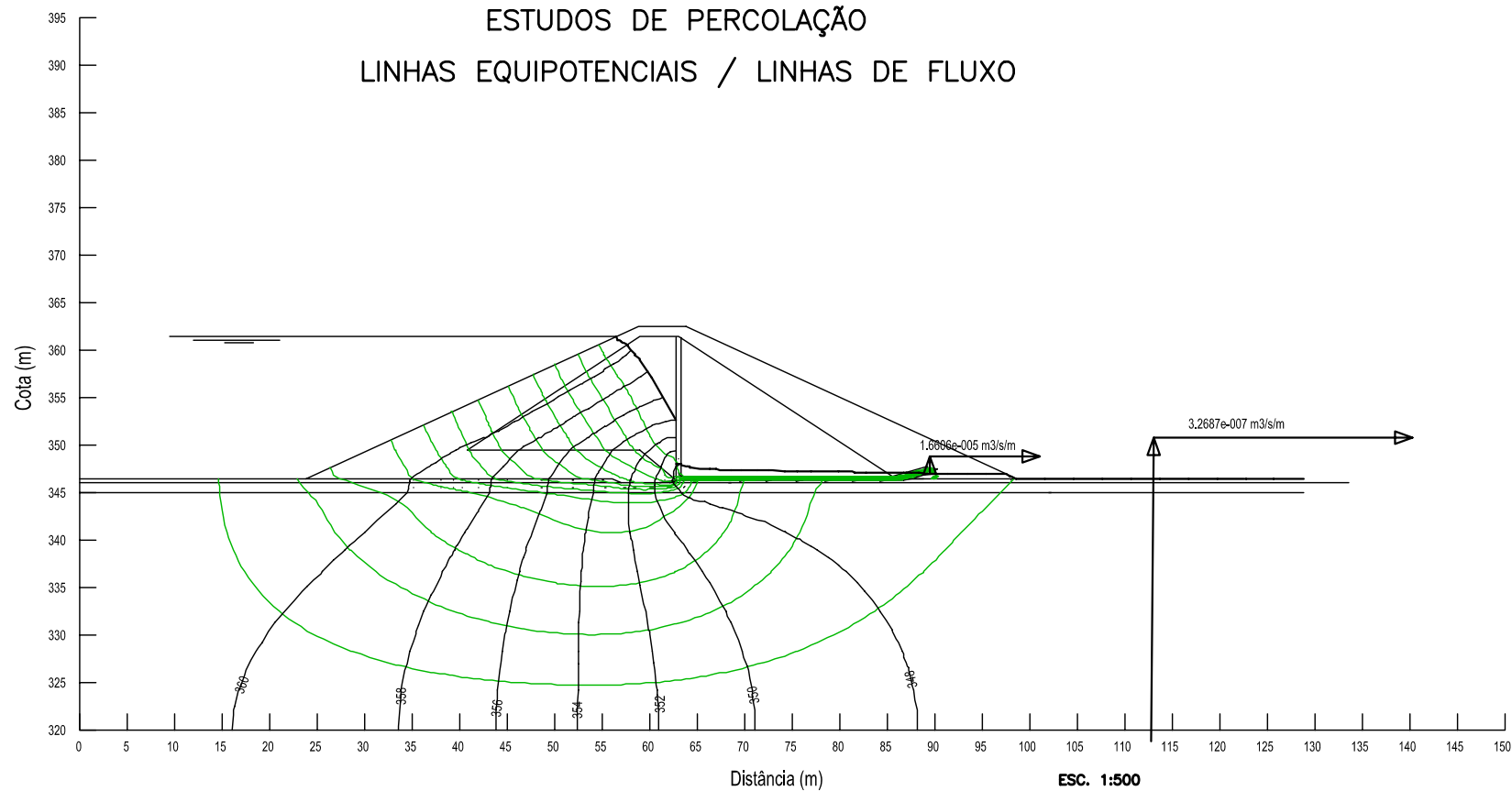
Observação:

- #1# Admitindo-se fator de segurança 10 (dez) nas permeabilidades dos materiais (exceto para os filtros horizontal e vertical)
- #2# Filtro horizontal homogêneo, em areia, com espessura variável (0,40 m ou 0,60 m, como indicado)
- #3# Filtro horizontal sanduíche, em areia e material pétreo (permeabilidade média adotada através de média ponderada)
- #4# Poço/trincheira drenante, no pé da barragem, interceptando o solo de capeamento, até o topo da RAM
- #5# Considerado 0,50 m para a espessura do filtro vertical
- #6# Não admitindo-se fator de segurança nas permeabilidades dos materiais (fundação e maciço compactado)

BARRAGEM AREIAS

ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO

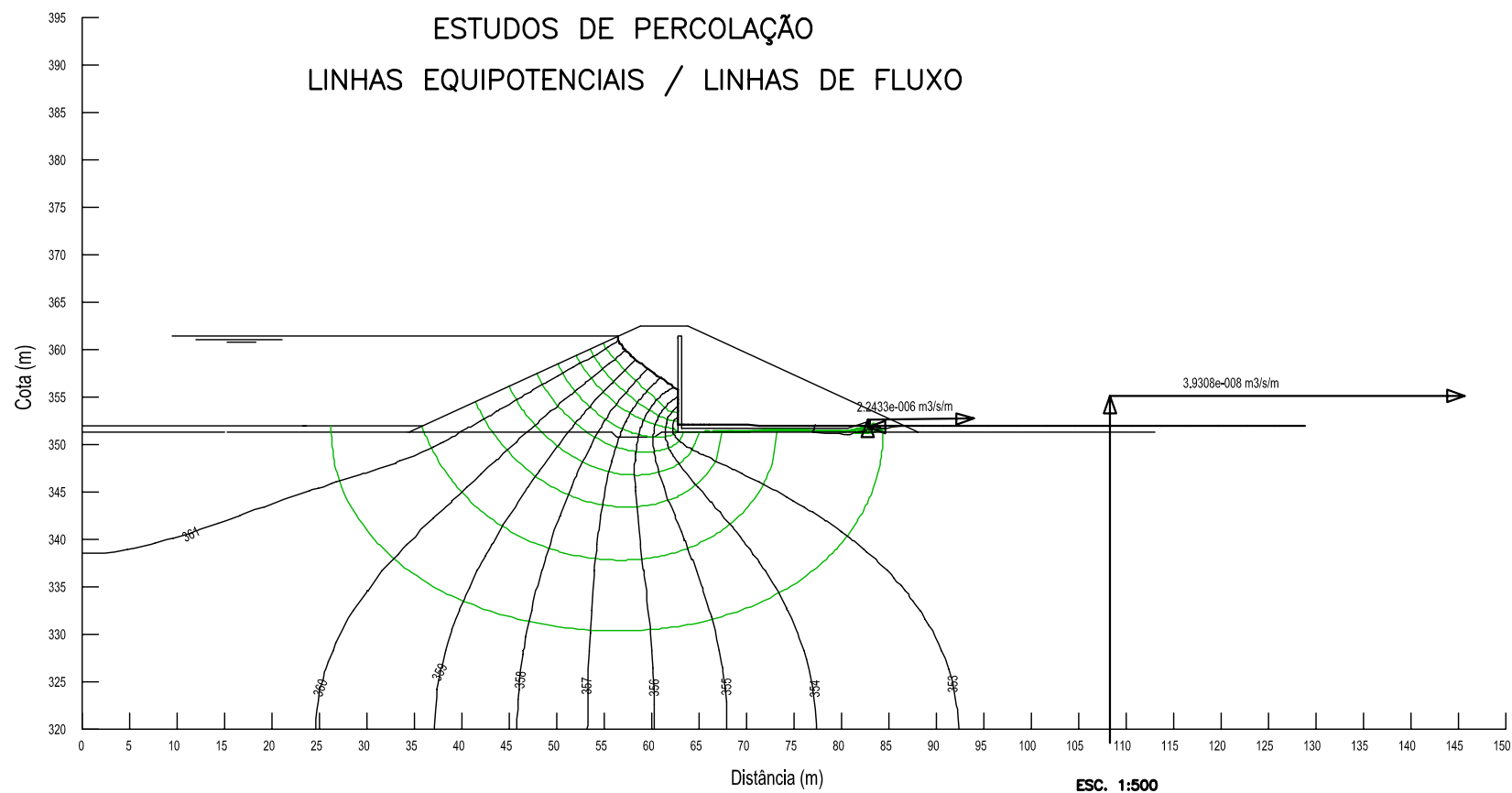


SEÇÃO ZONADA – TIPO A
CASO 01

BARRAGEM AREIAS

ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO

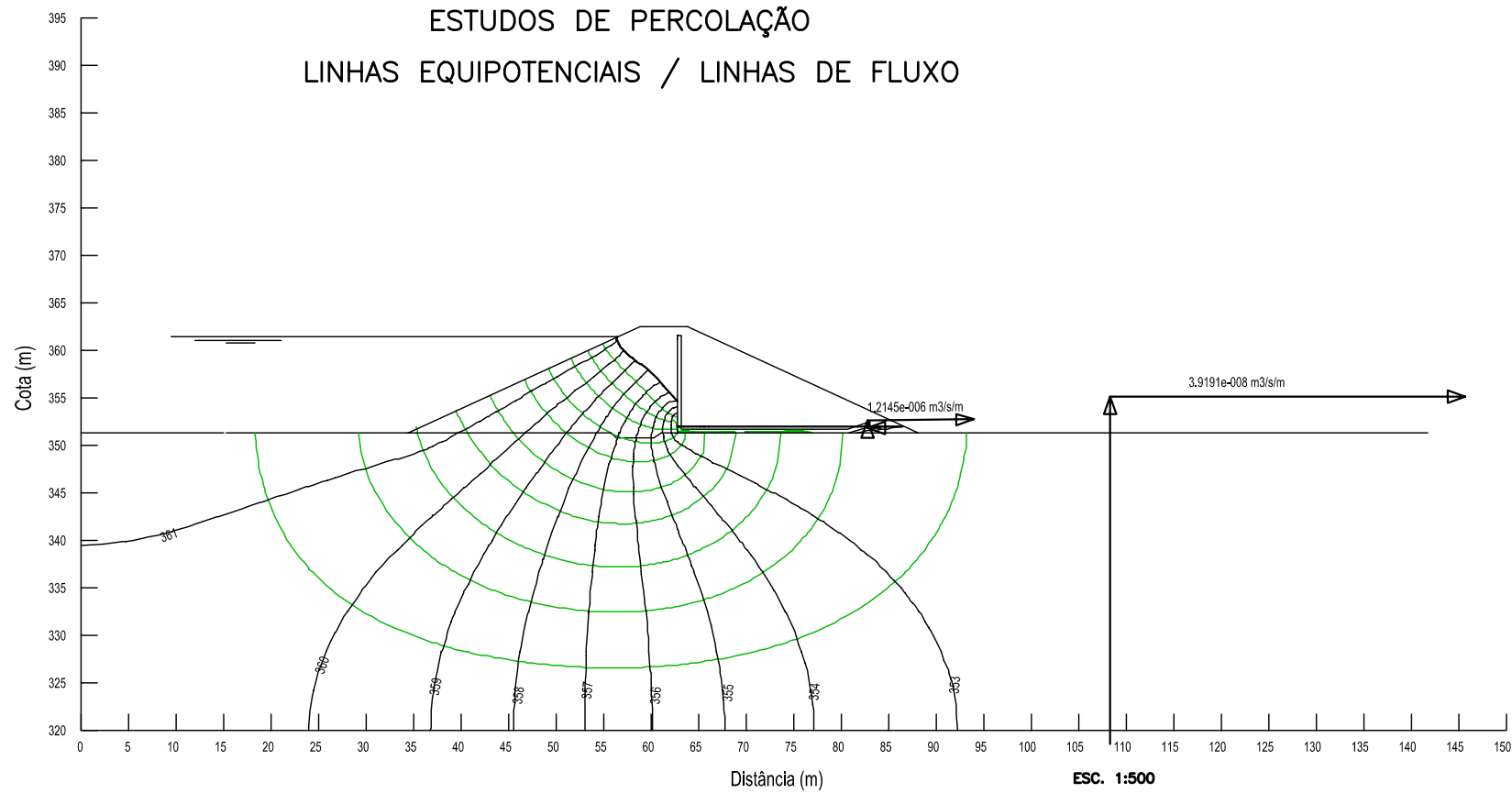


SEÇÃO HOMOGÊNEA – TIPO B
CASO 01

BARRAGEM AREIAS

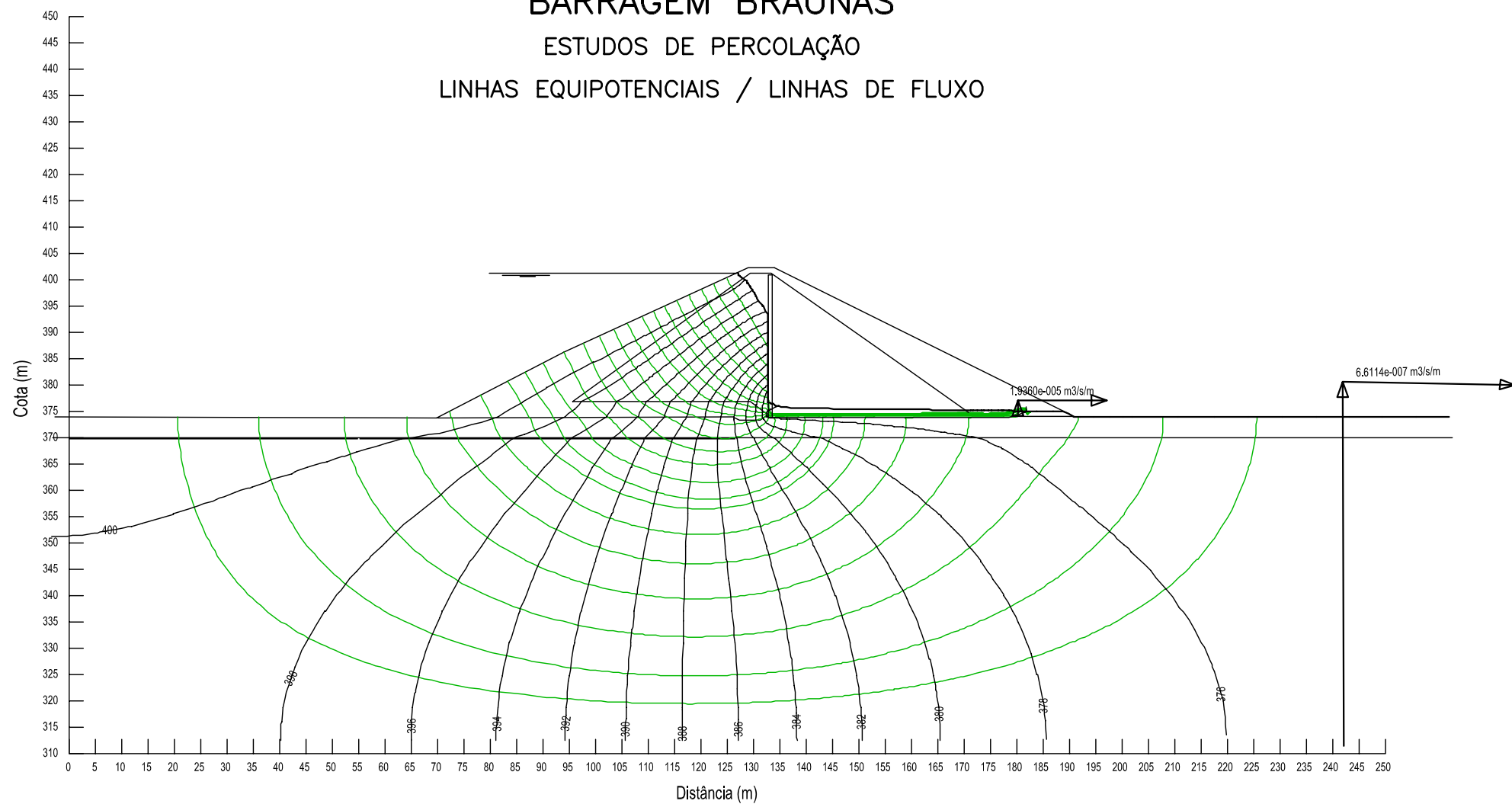
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



SEÇÃO HOMOGÊNEA – TIPO C
CASO 01

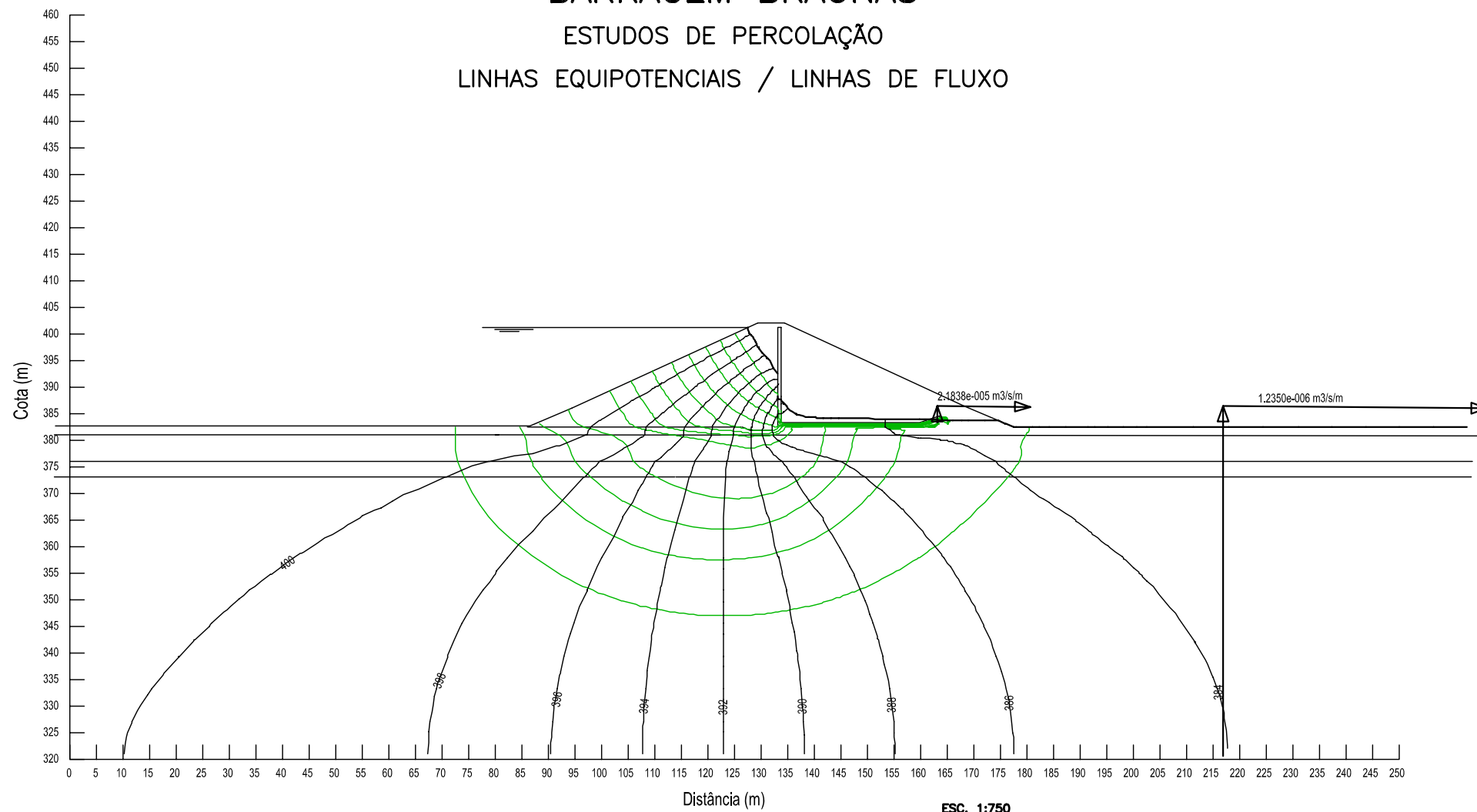
BARRAGEM BRAÚNAS
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



ESC. 1:750

SEÇÃO ZONADA – TIPO D
CASO 01

BARRAGEM BRAÚNAS
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



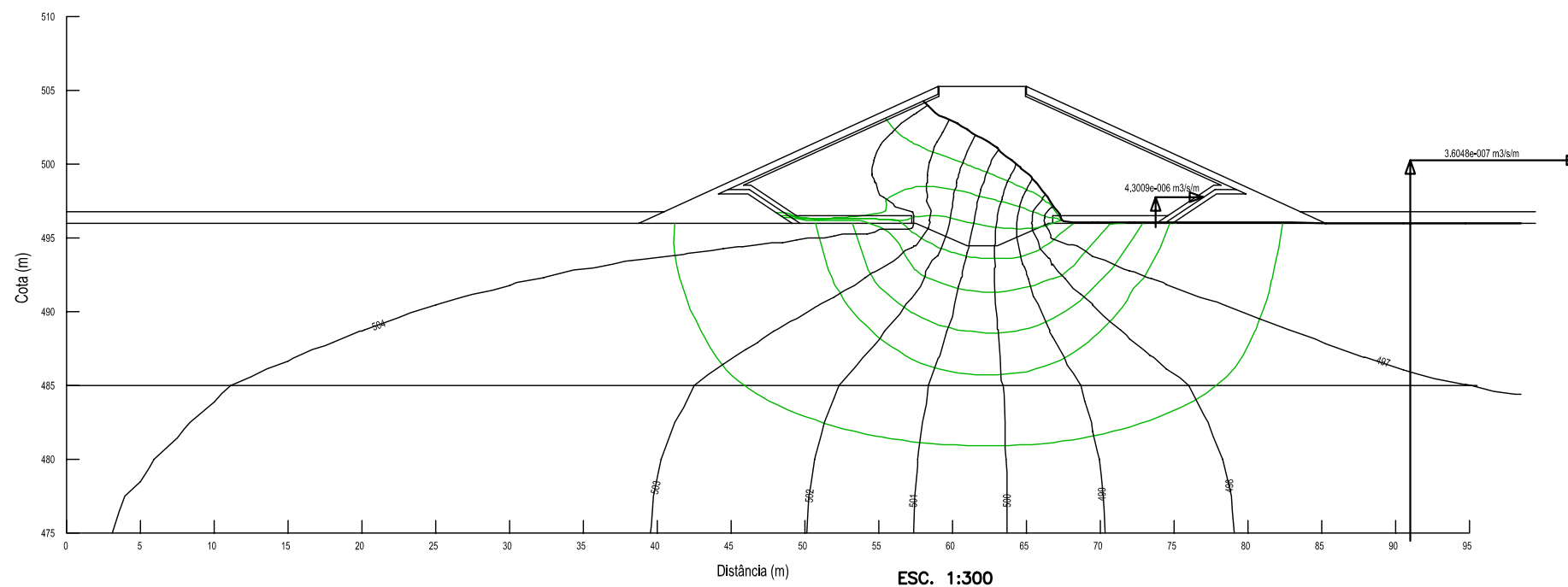
ESC. 1:750

SEÇÃO ZONADA – TIPO E
CASO 01

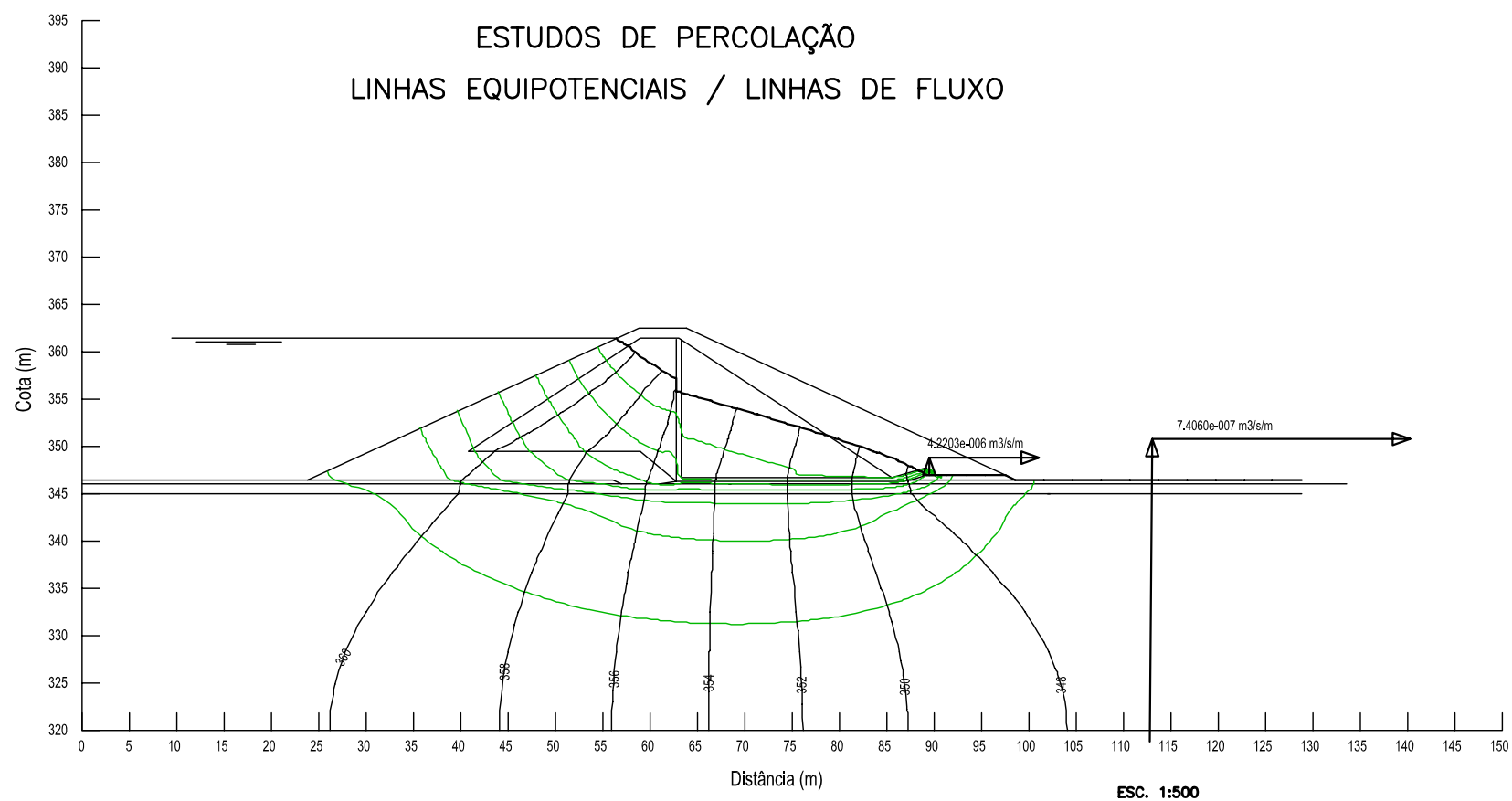
DIQUE MOXOTÓ

ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO

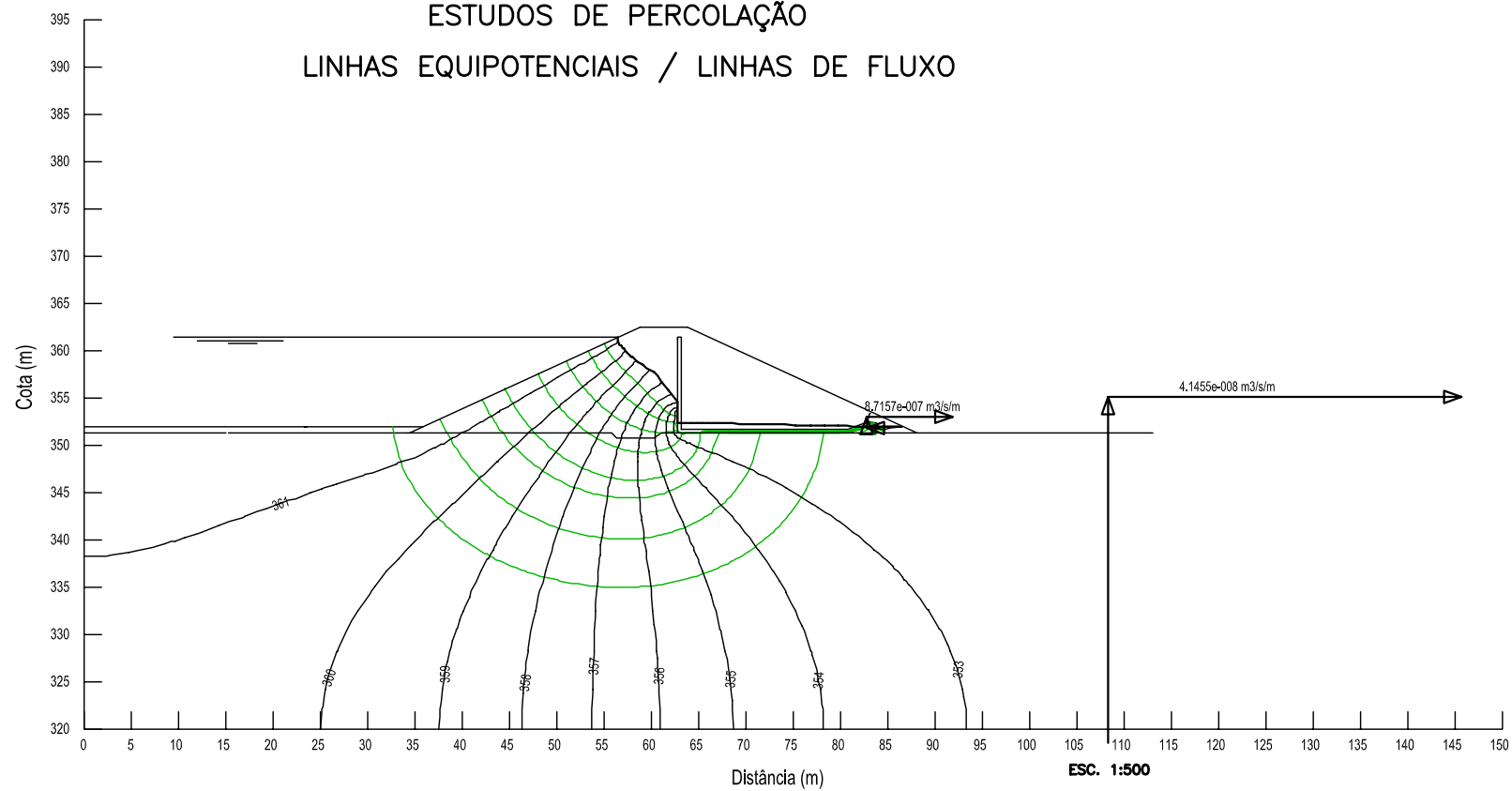


BARRAGEM AREIAS
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



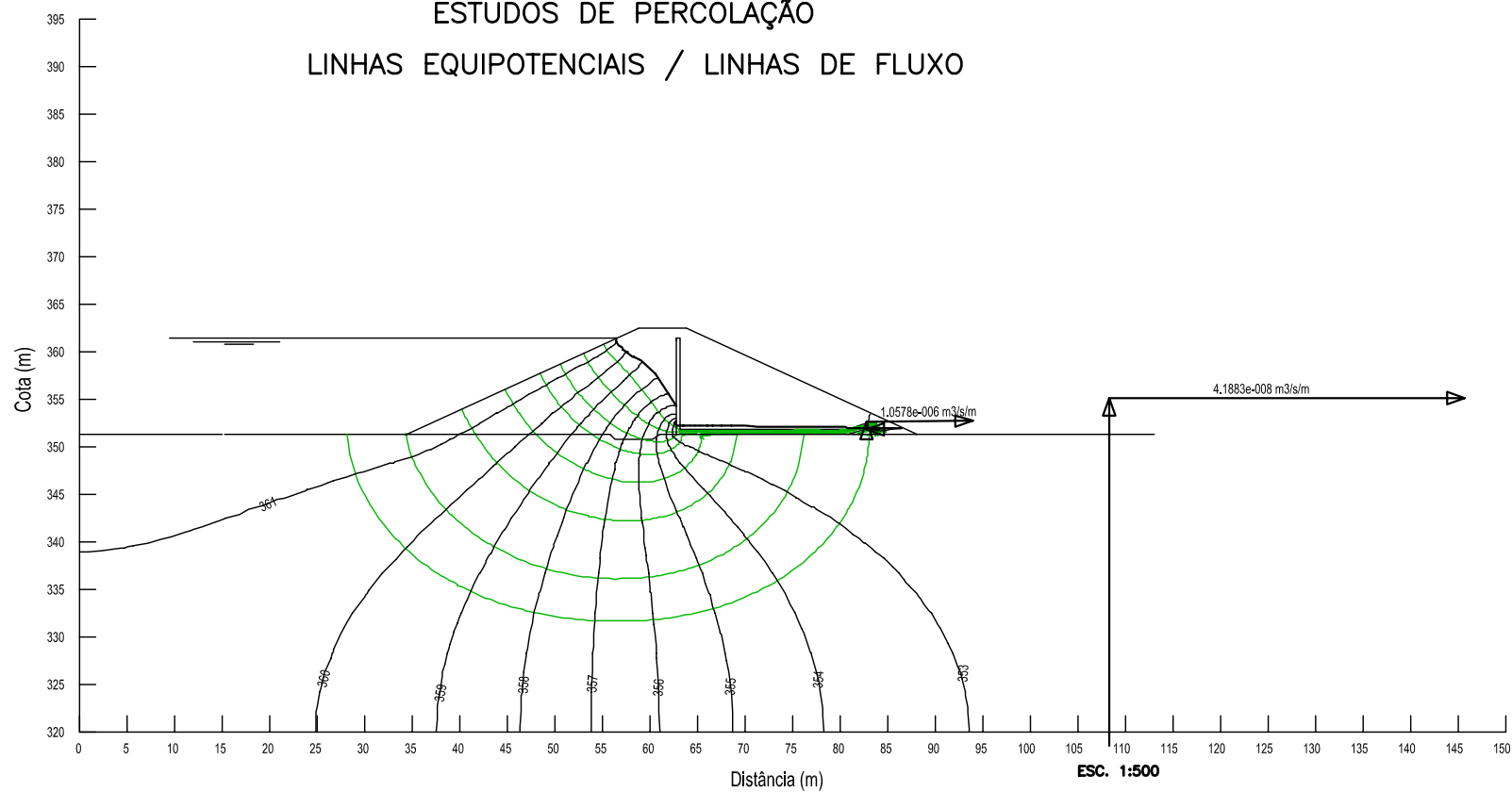
SEÇÃO ZONADA – TIPO A
CASO 02

BARRAGEM AREIAS
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



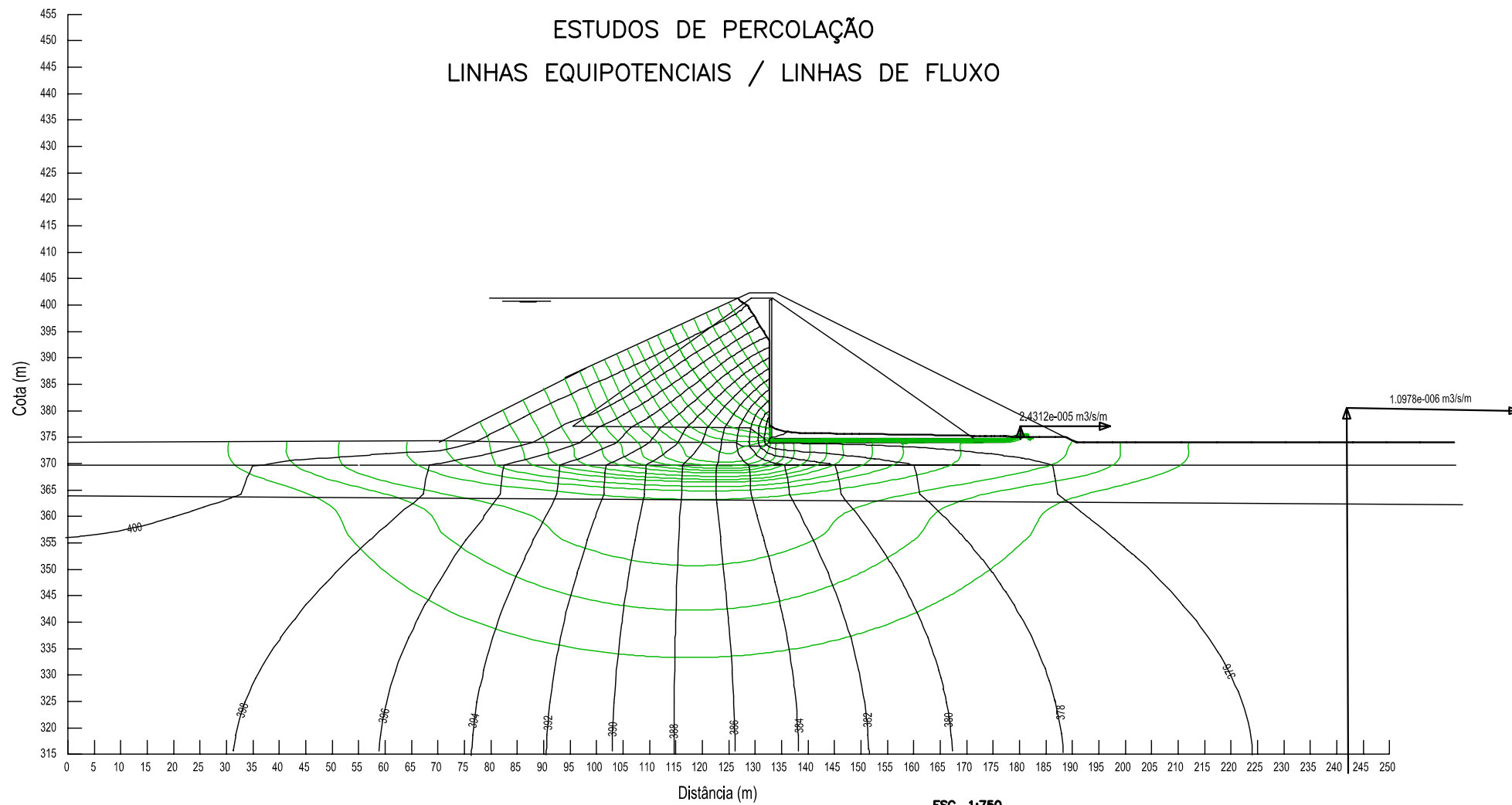
SEÇÃO HOMOGÊNEA – TIPO B
CASO 02

BARRAGEM AREIAS
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



SEÇÃO HOMOGÊNEA – TIPO C
CASO 02

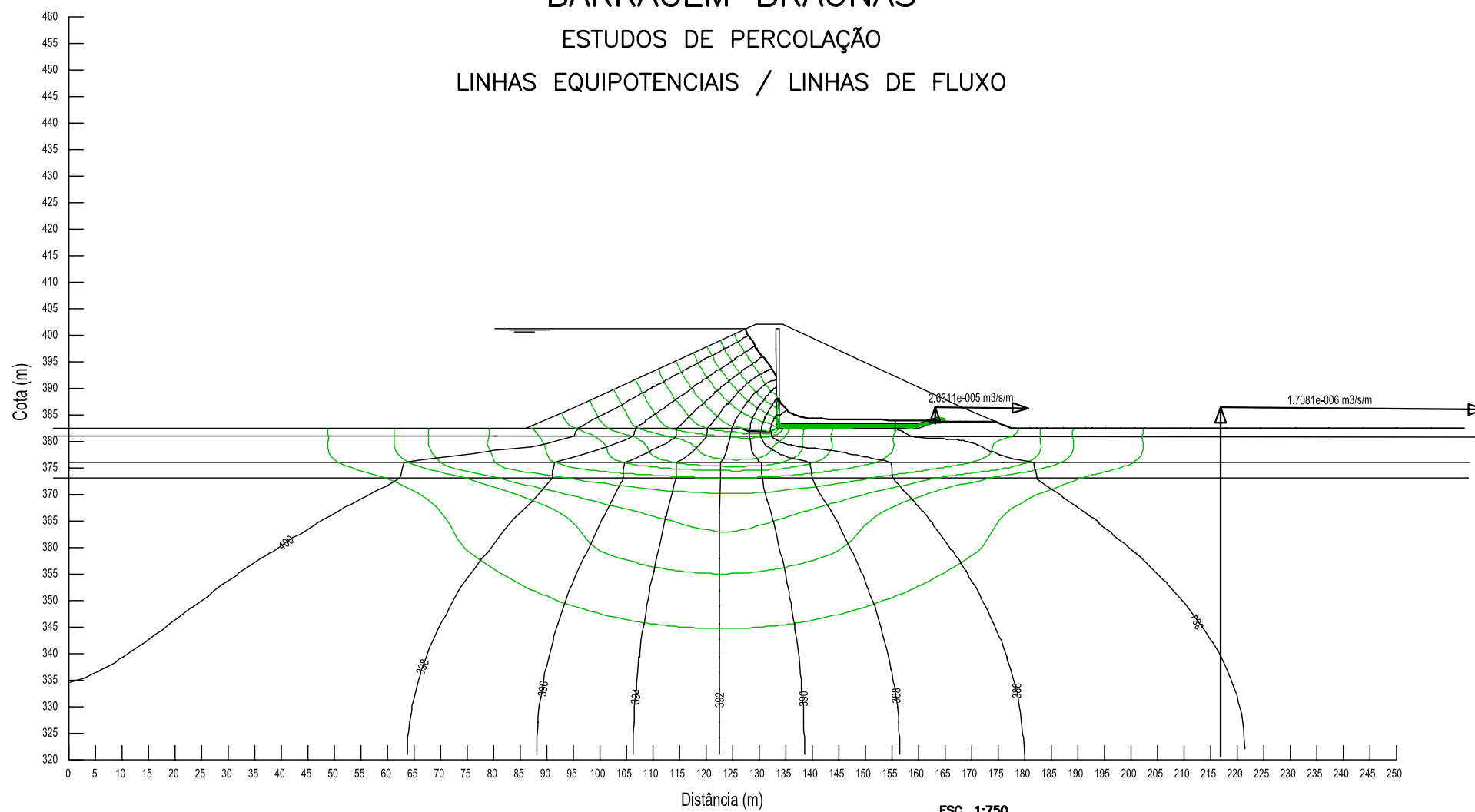
BARRAGEM BRAÚNAS
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



ESC. 1:750

SEÇÃO ZONADA – TIPO D
CASO 02

BARRAGEM BRAÚNAS
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



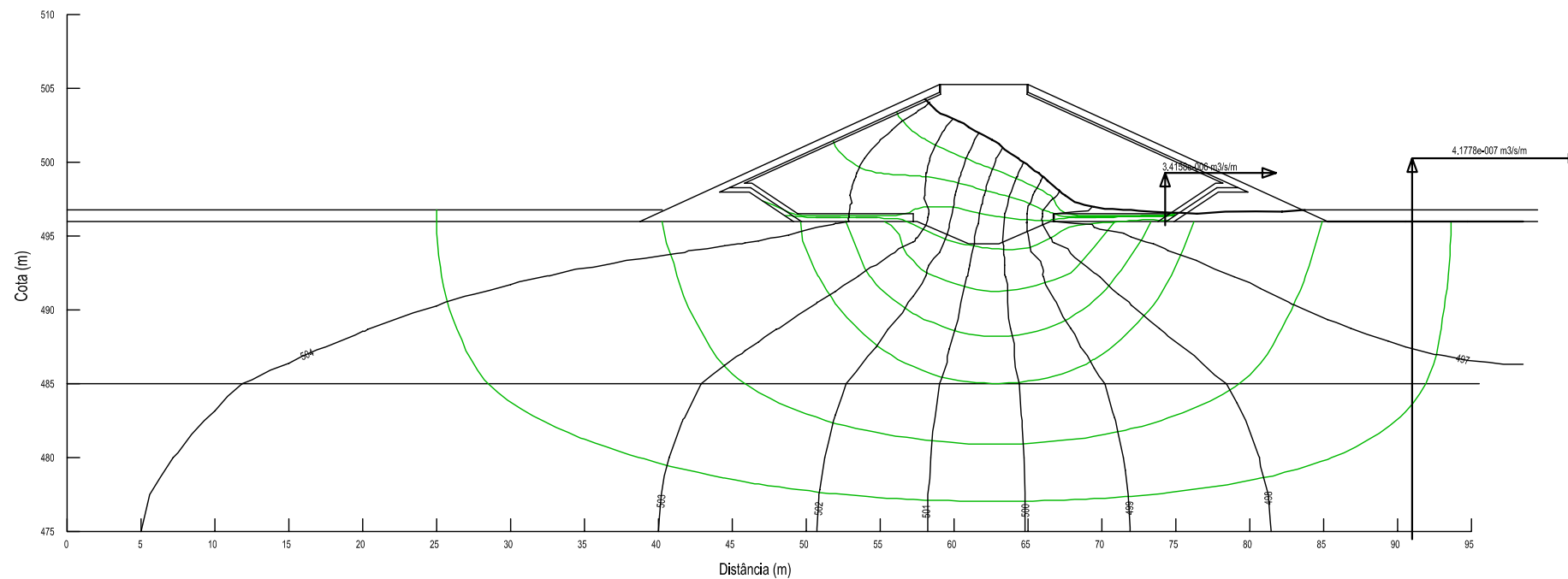
ESC. 1:750

SEÇÃO ZONADA – TIPO E
CASO 02

DIQUE MOXOTÓ

ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

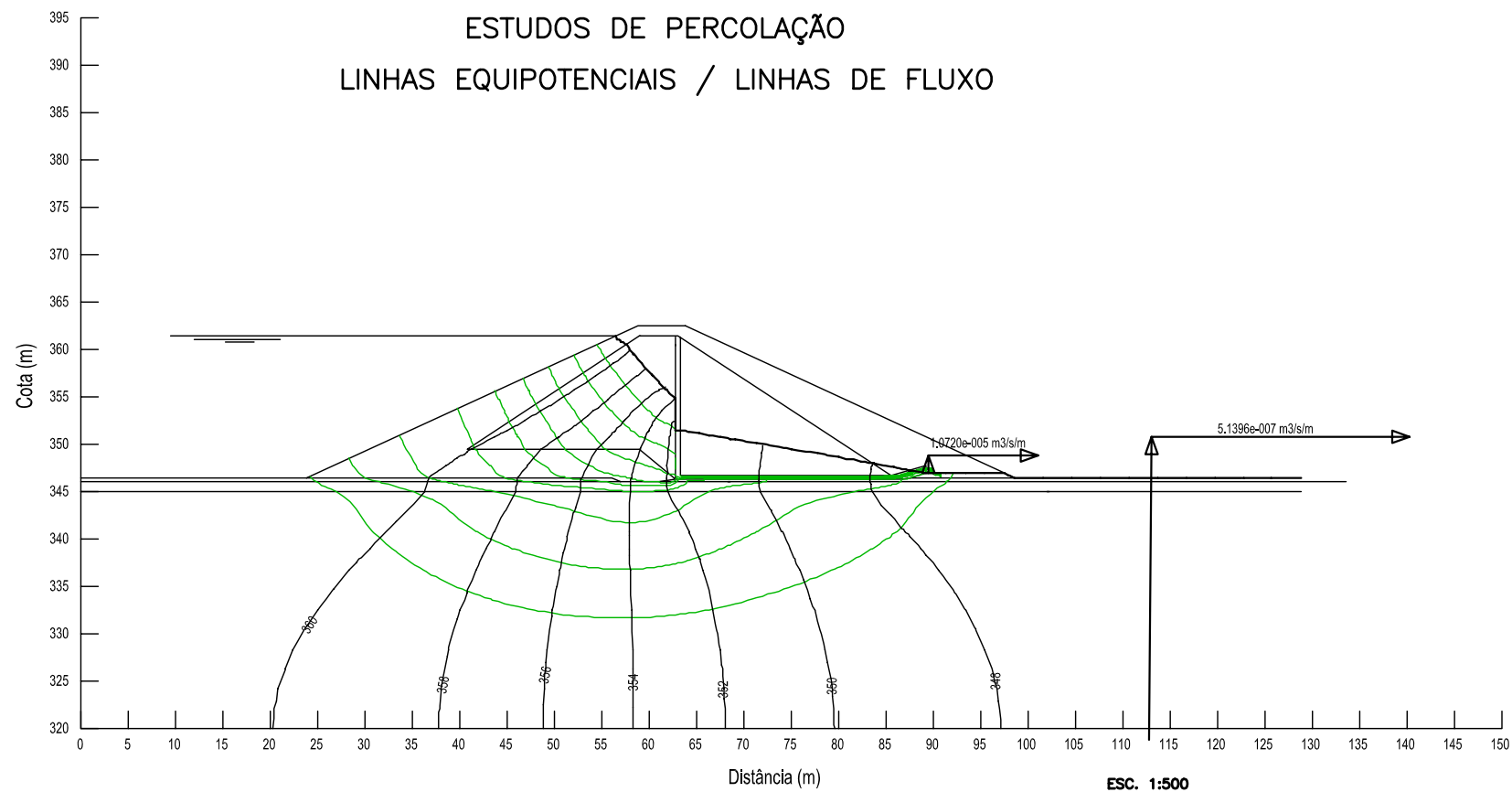
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



ESC. 1:300

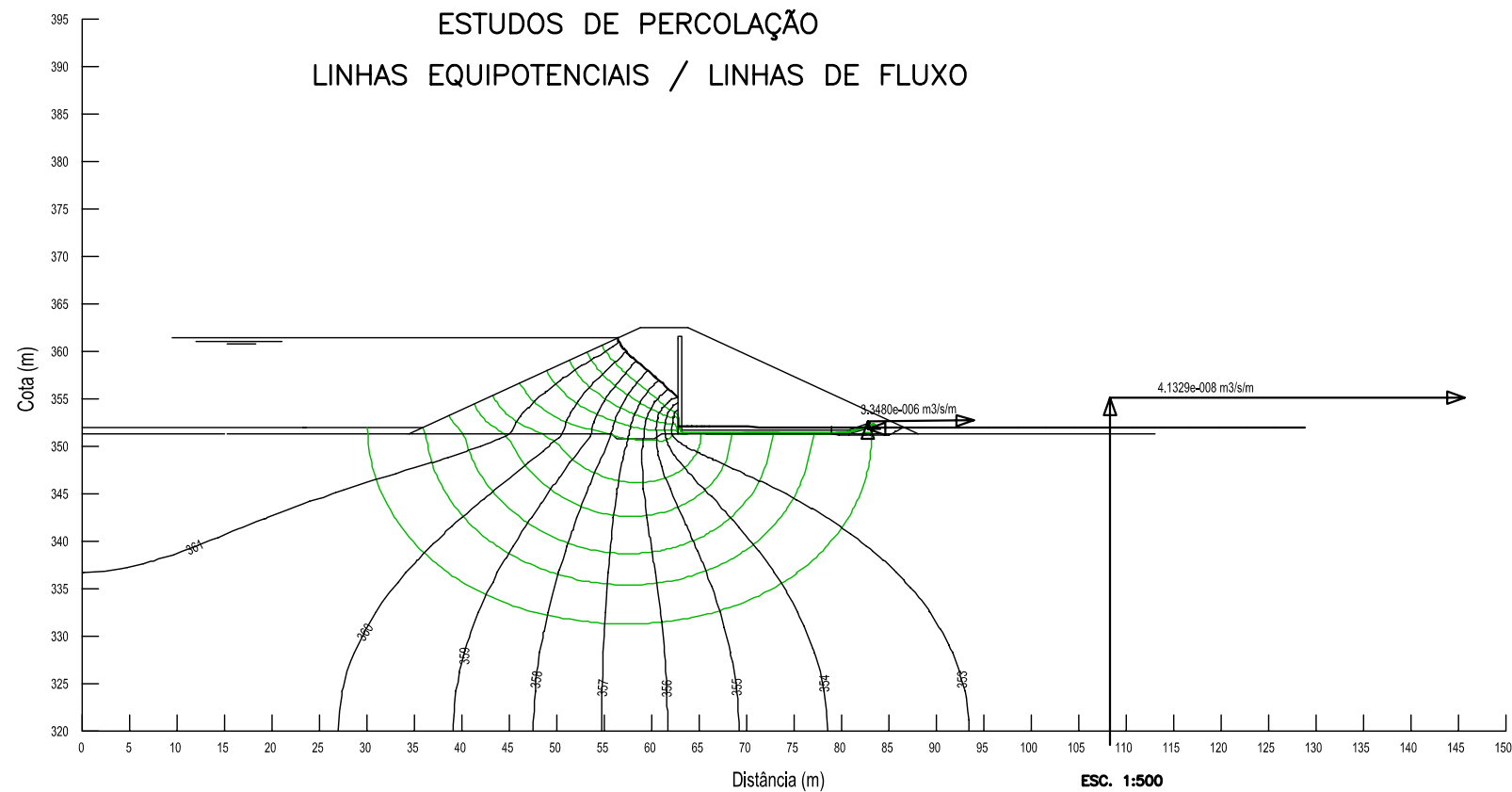
SEÇÃO HOMOGÊNEA – TIPO G
CASO 02

BARRAGEM AREIAS
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



SEÇÃO ZONADA – TIPO A
CASO 03

BARRAGEM AREIAS
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO

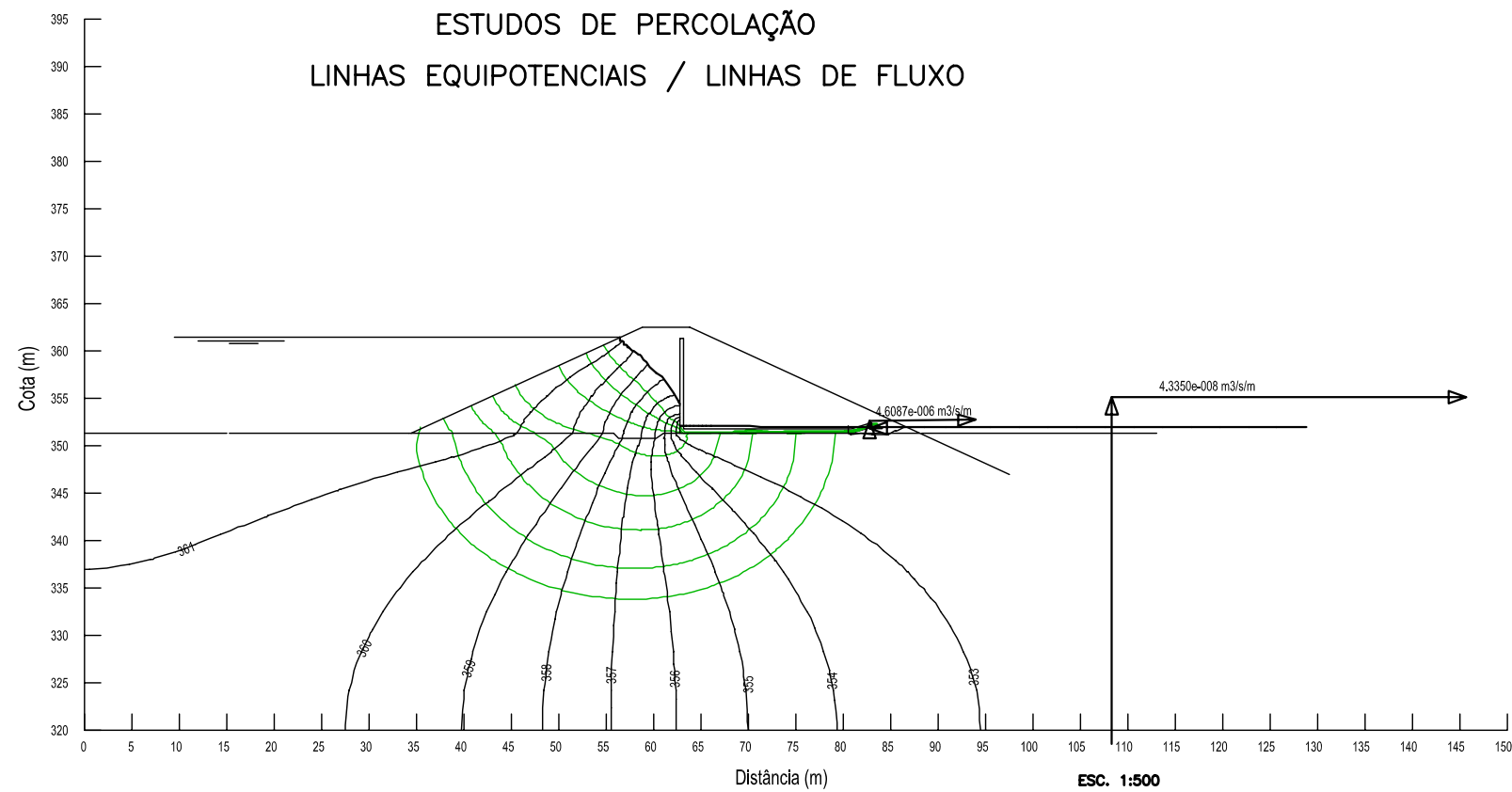


SEÇÃO HOMOGÊNEA – TIPO B
CASO 03

BARRAGEM AREIAS

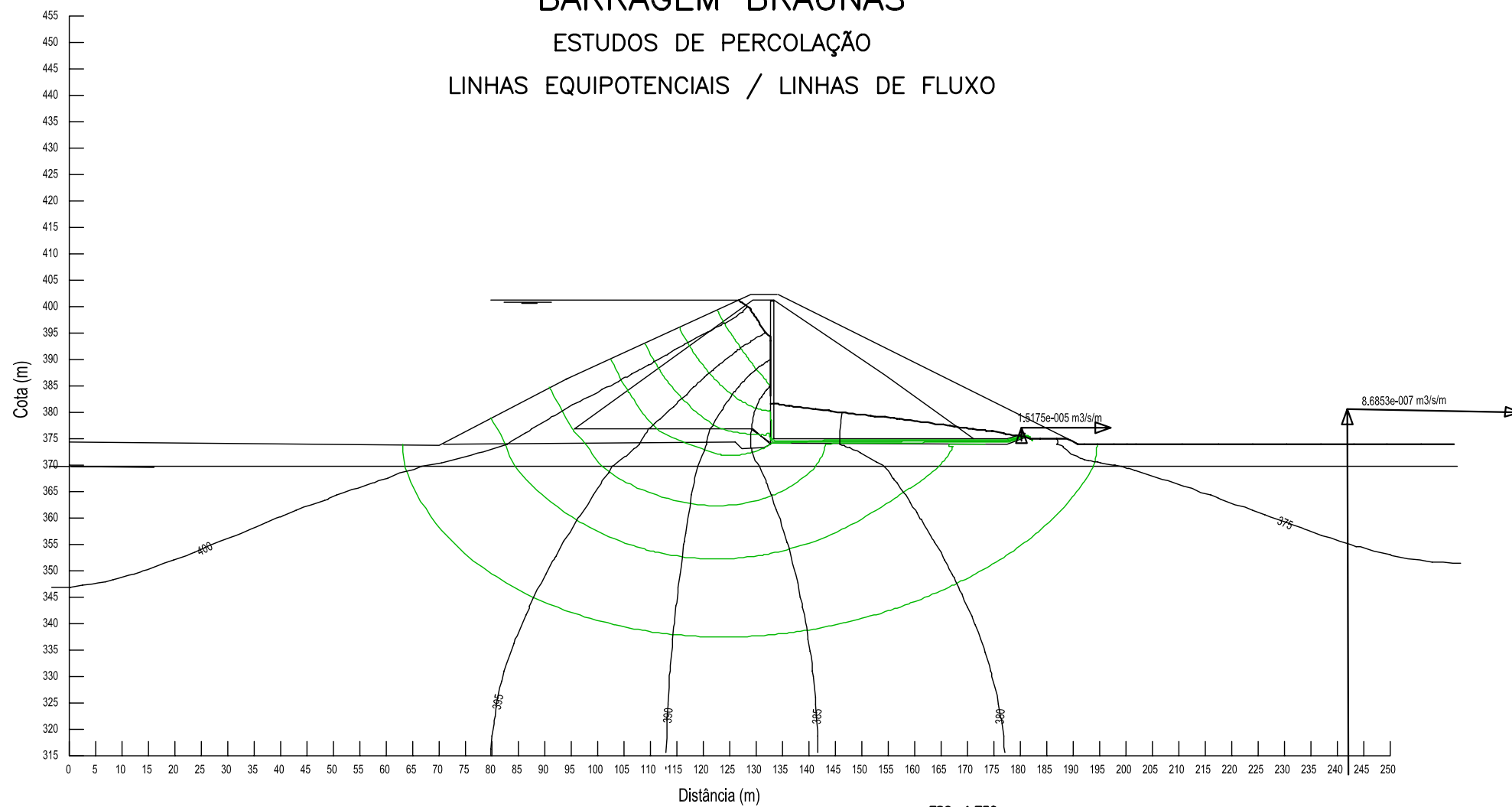
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



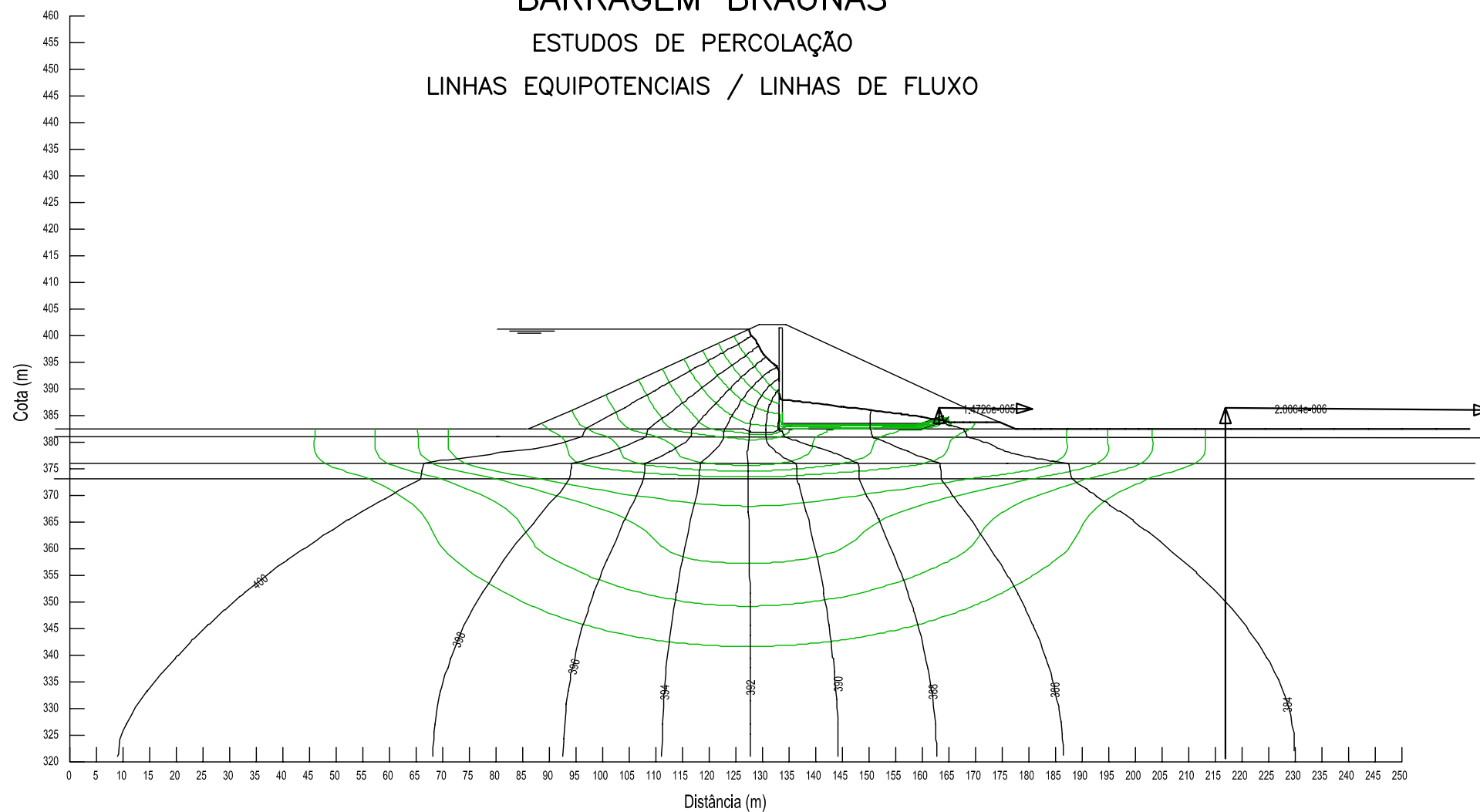
SEÇÃO HOMOGÊNEA – TIPO C
CASO 03

BARRAGEM BRAÚNAS
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



SEÇÃO ZONADA – TIPO D
CASO 03

BARRAGEM BRAÚNAS
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO

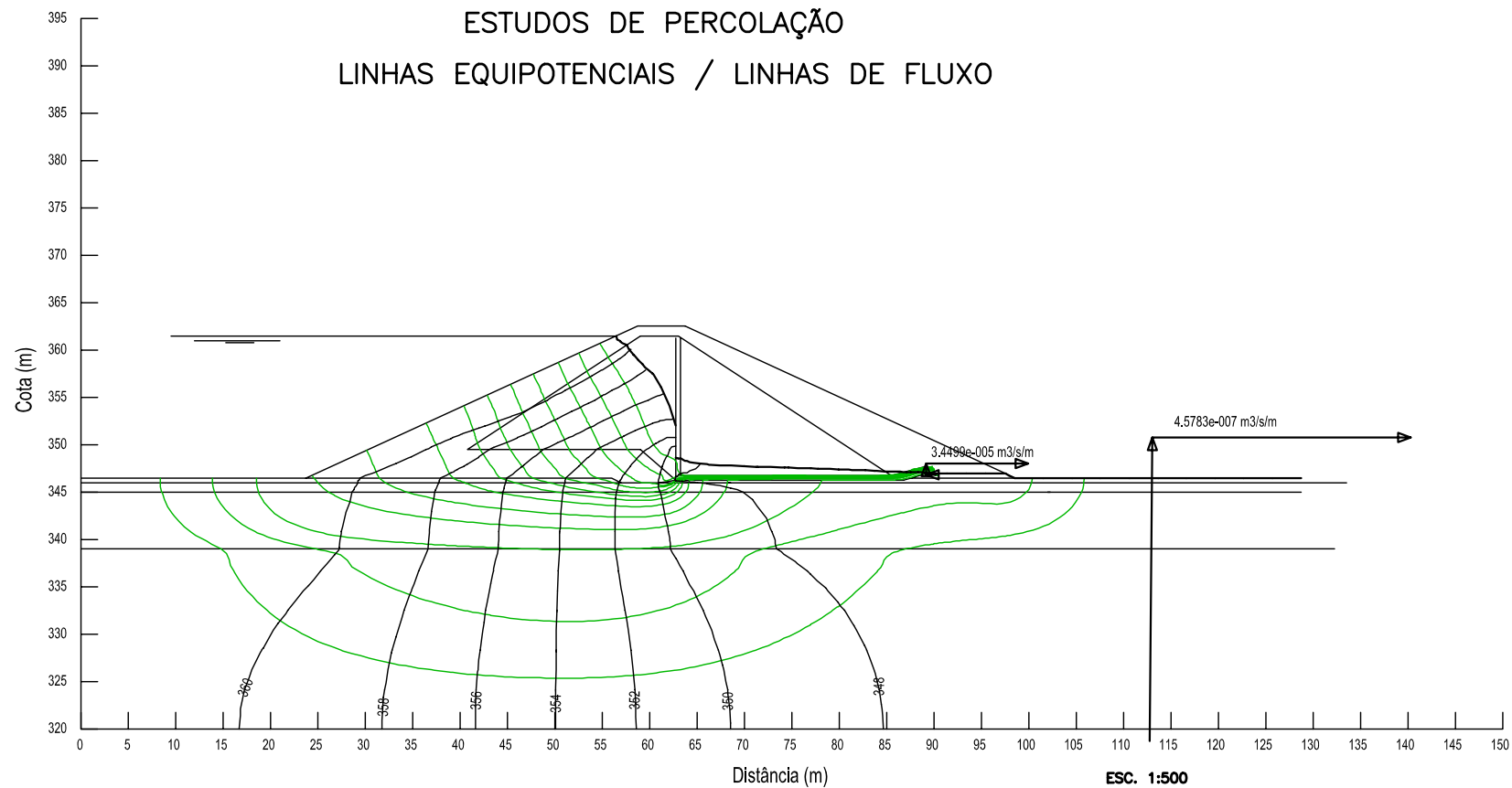


SEÇÃO ZONADA – TIPO E
CASO 03

BARRAGEM AREIAS

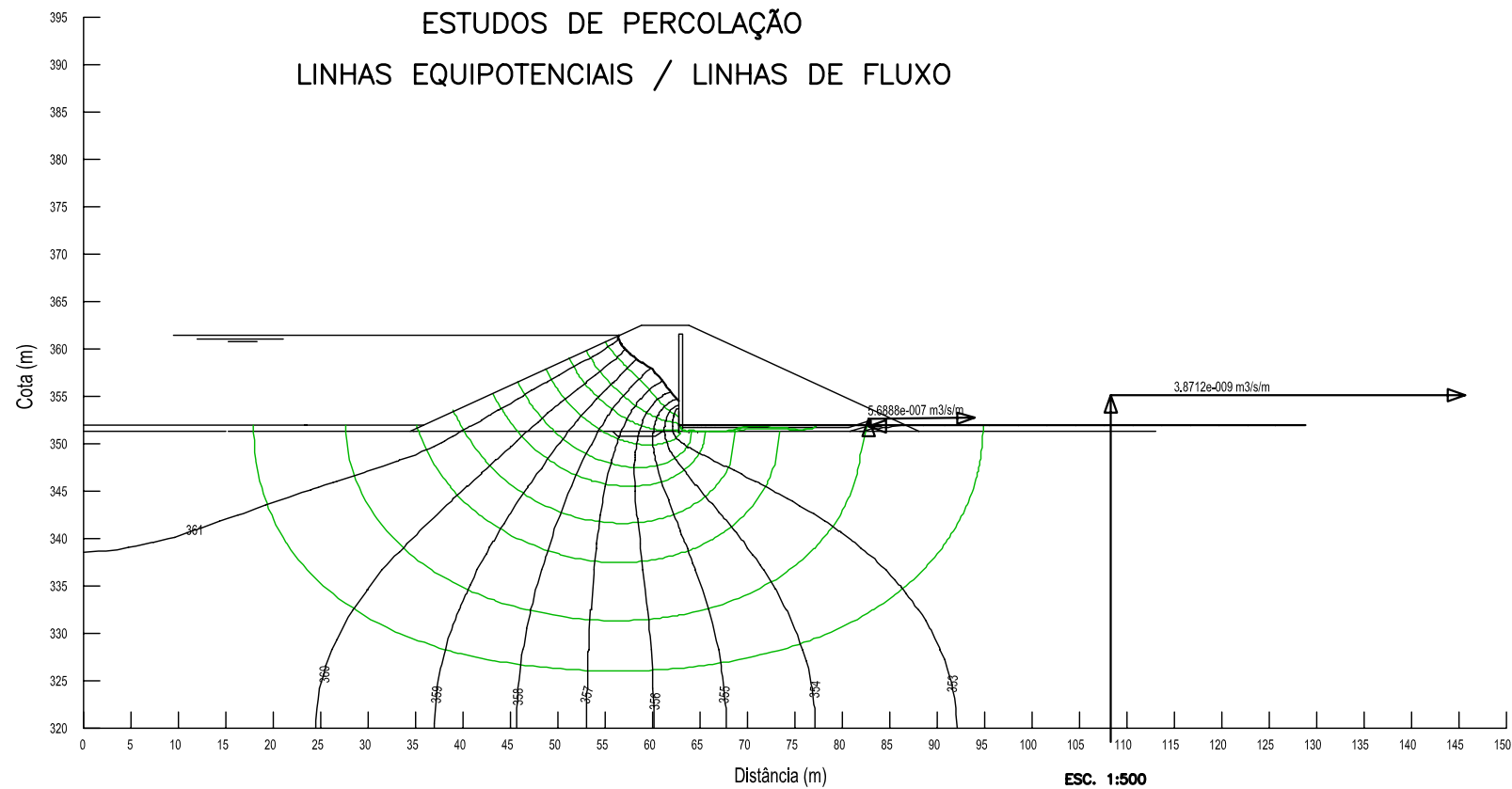
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



SEÇÃO ZONADA – TIPO A
CASO 04

BARRAGEM AREIAS
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO

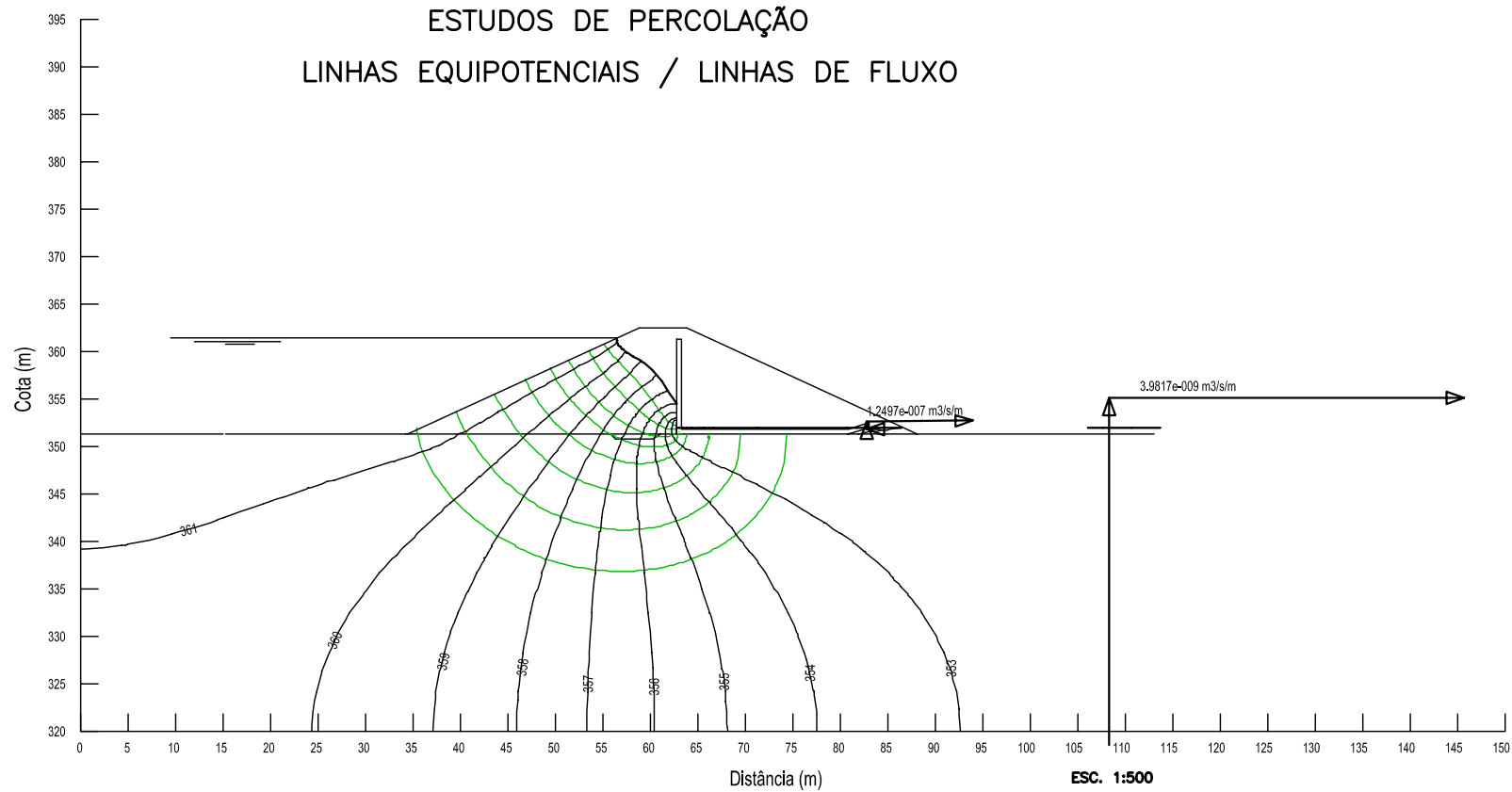


SEÇÃO HOMOGÊNEA – TIPO B
CASO 04

BARRAGEM AREIAS

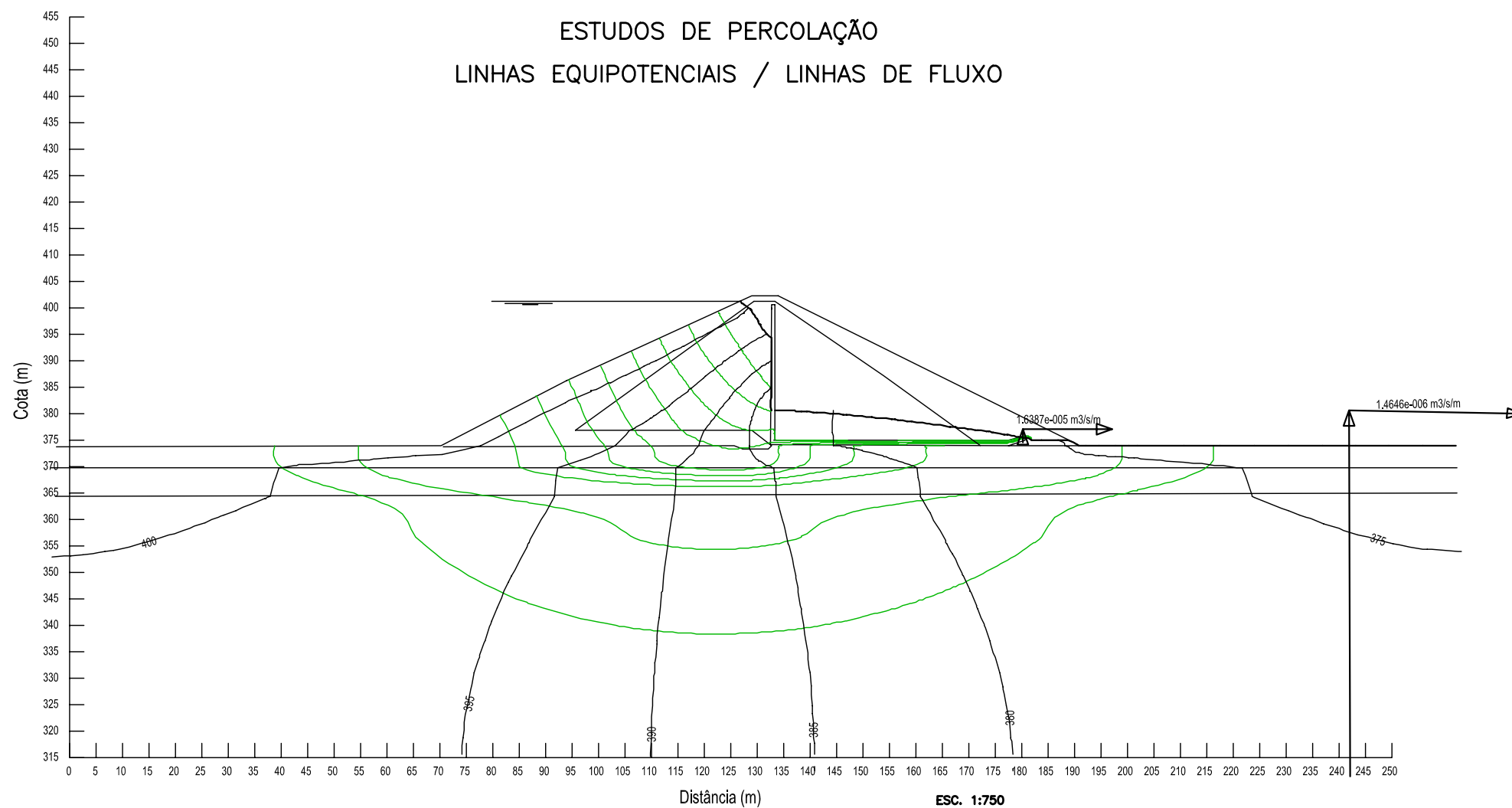
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



SEÇÃO HOMOGÊNEA – TIPO C
CASO 04

BARRAGEM BRAÚNAS
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO

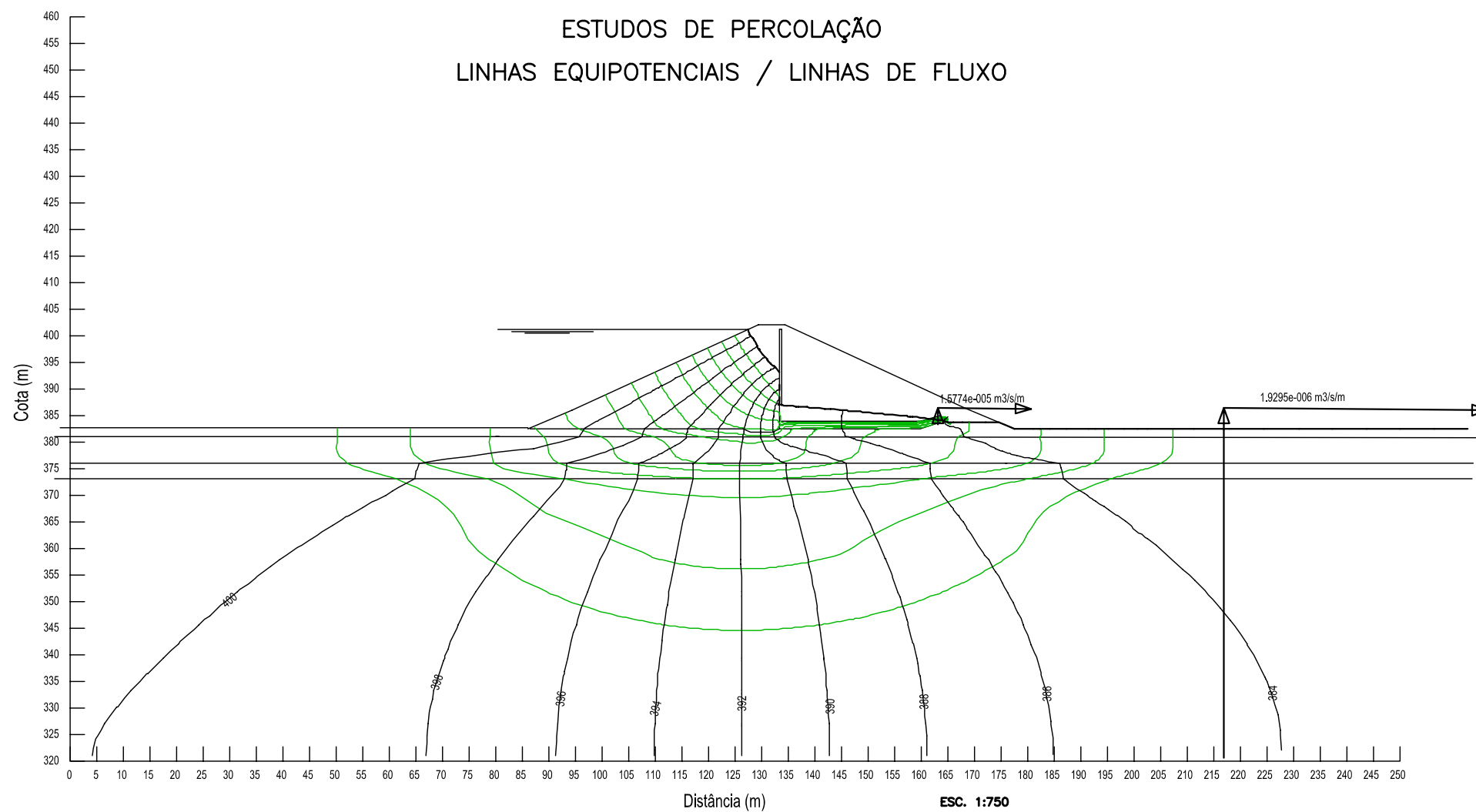


SEÇÃO ZONADA – TIPO D
CASO 04

BARRAGEM BRAÚNAS

ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO

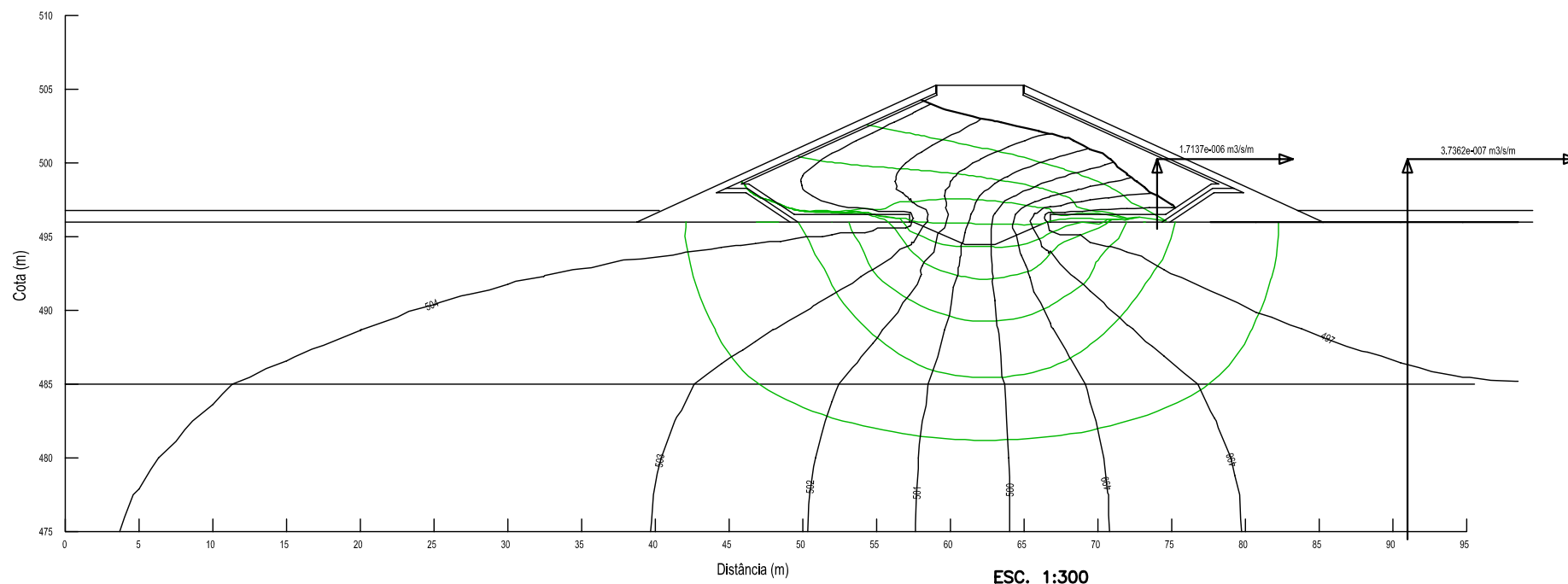


SEÇÃO ZONADA - TIPO E
CASO 04

DIQUE MOXOTÓ

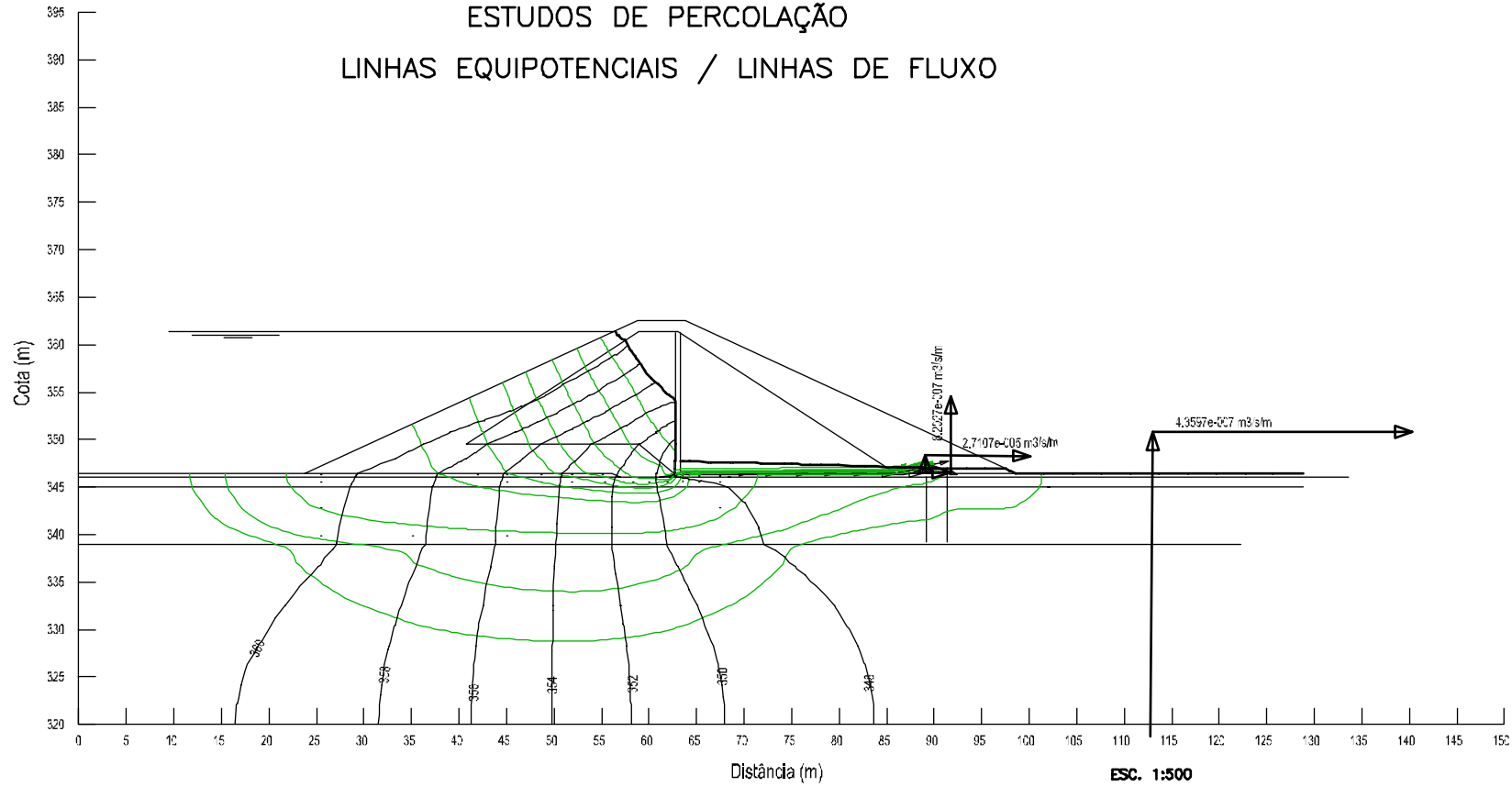
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



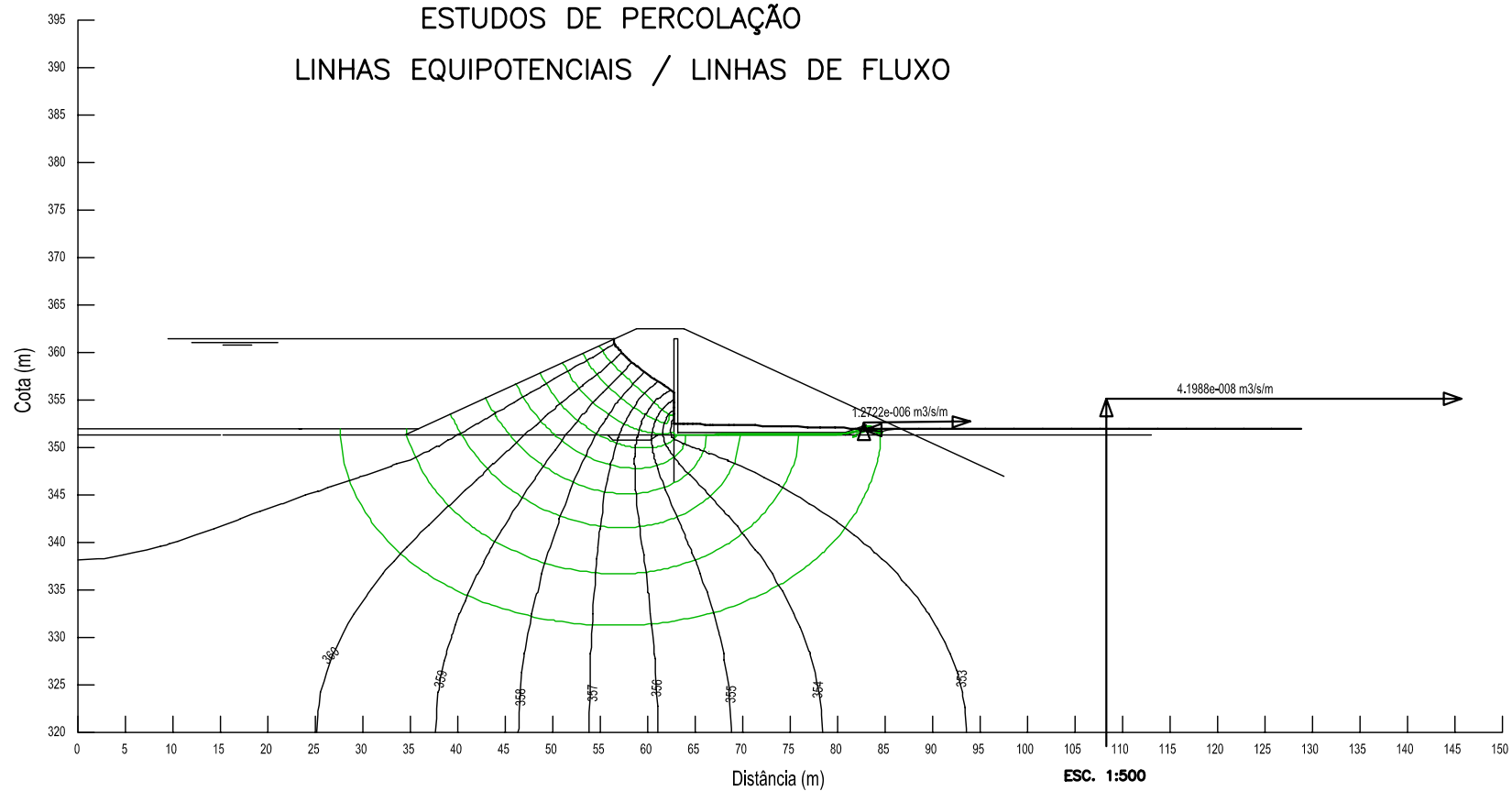
SEÇÃO HOMOGÊNEA – TIPO G
CASO 04

BARRAGEM AREIAS
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



SEÇÃO ZONADA – TIPO A
CASO 05

BARRAGEM AREIAS
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO

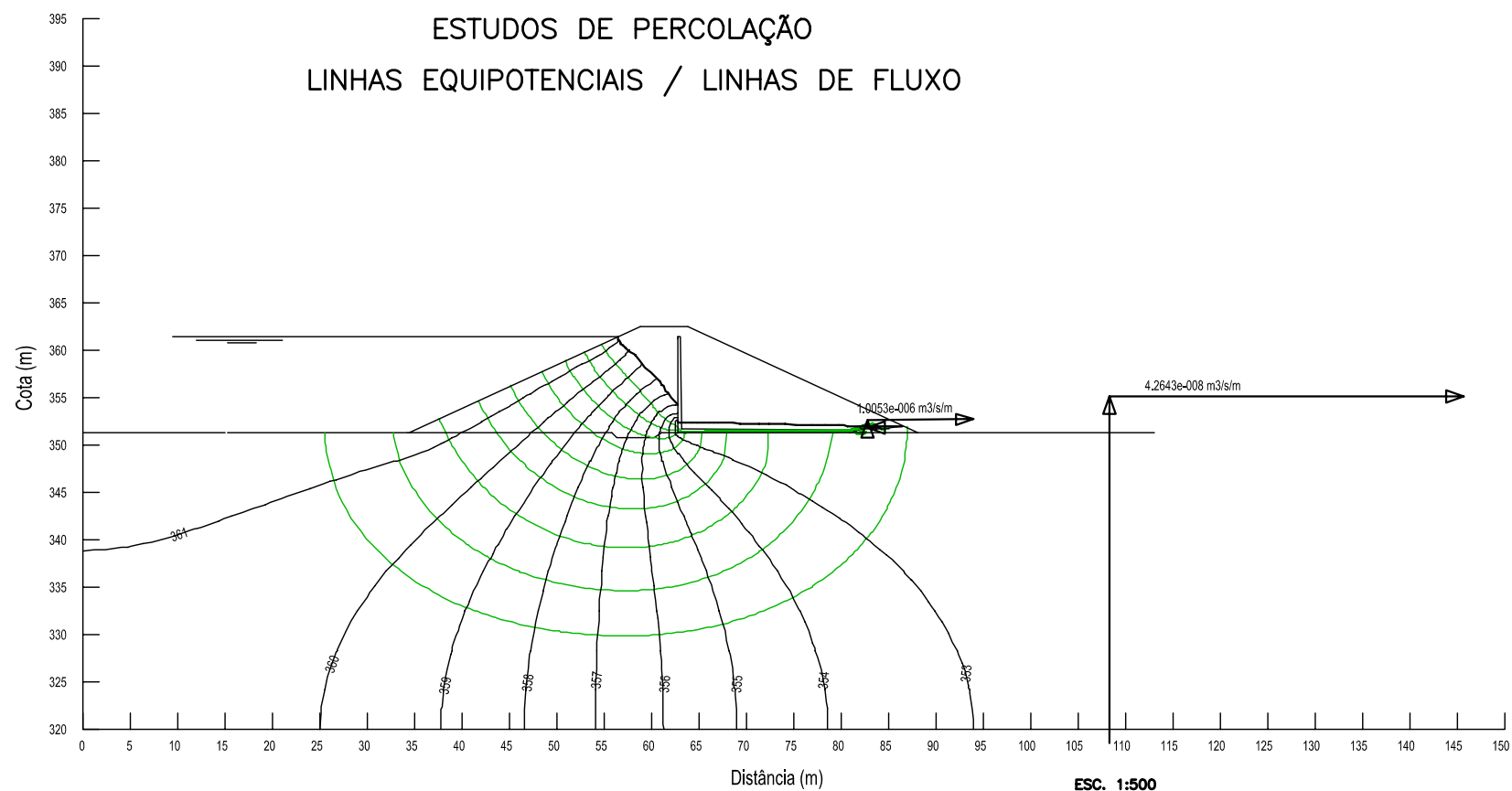


SEÇÃO HOMOGÊNEA – TIPO B
CASO 05

BARRAGEM AREIAS

ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO

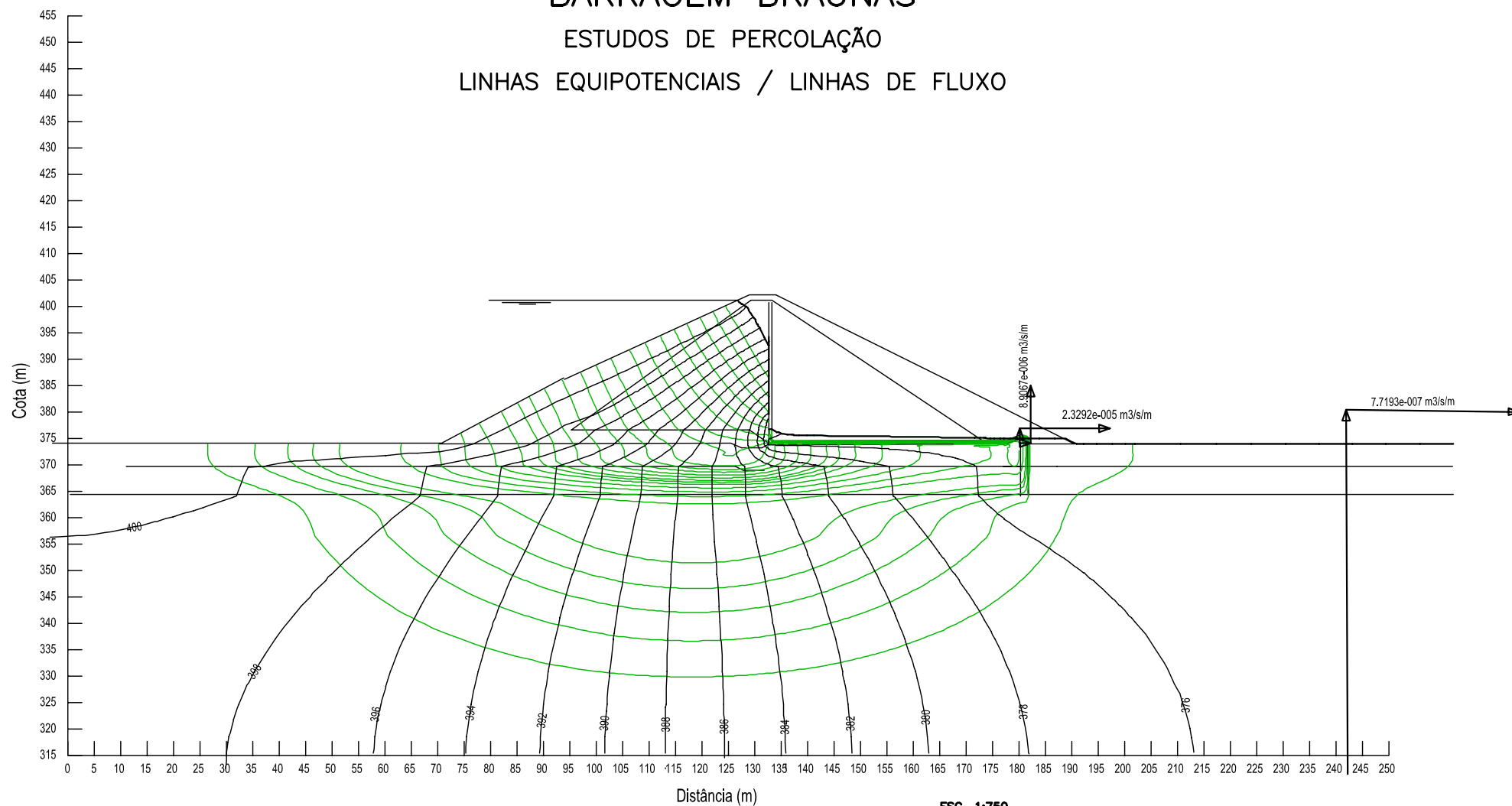


SEÇÃO HOMOGÊNEA – TIPO C
CASO 05

BARRAGEM BRAÚNAS

ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

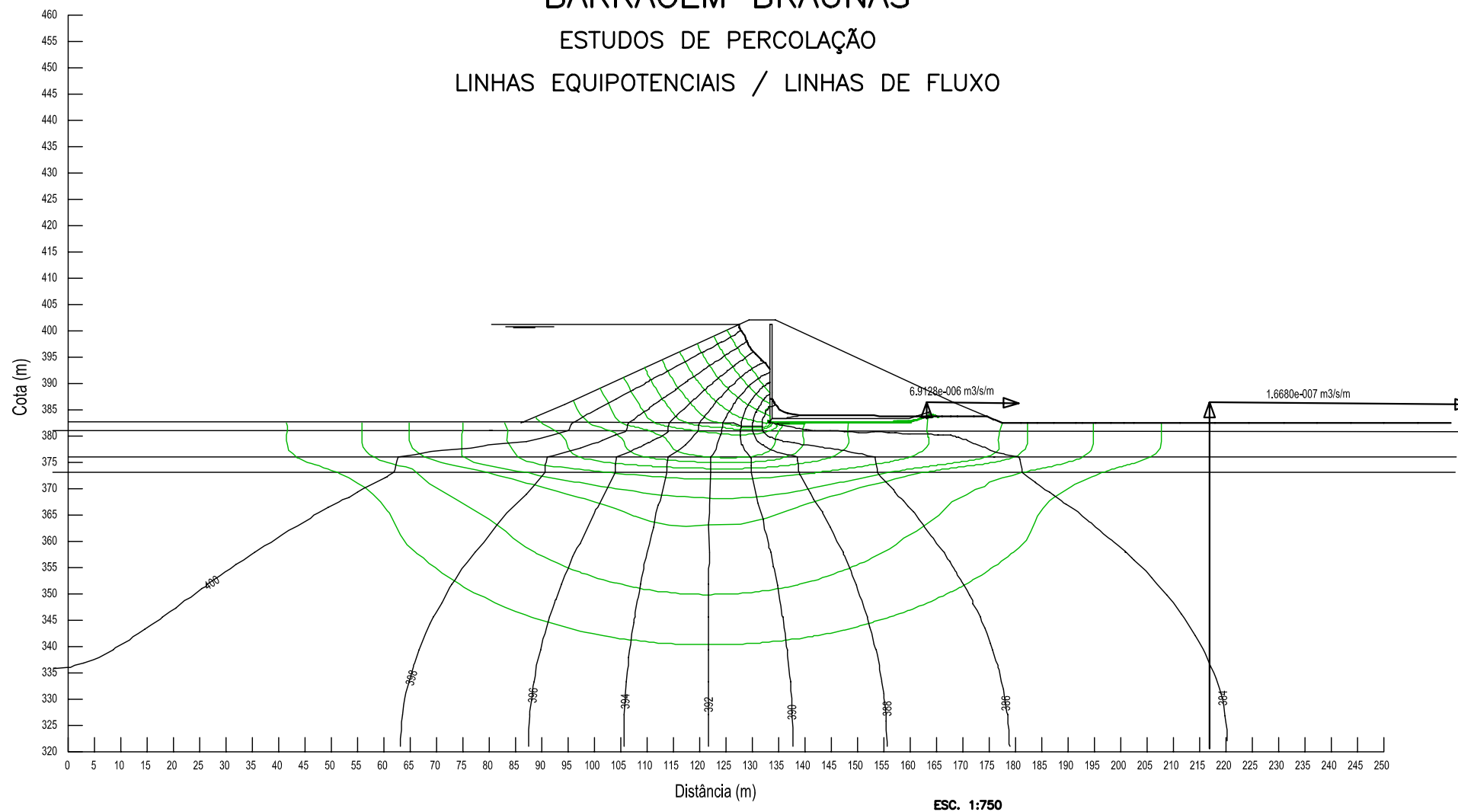
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



ESC. 1:750

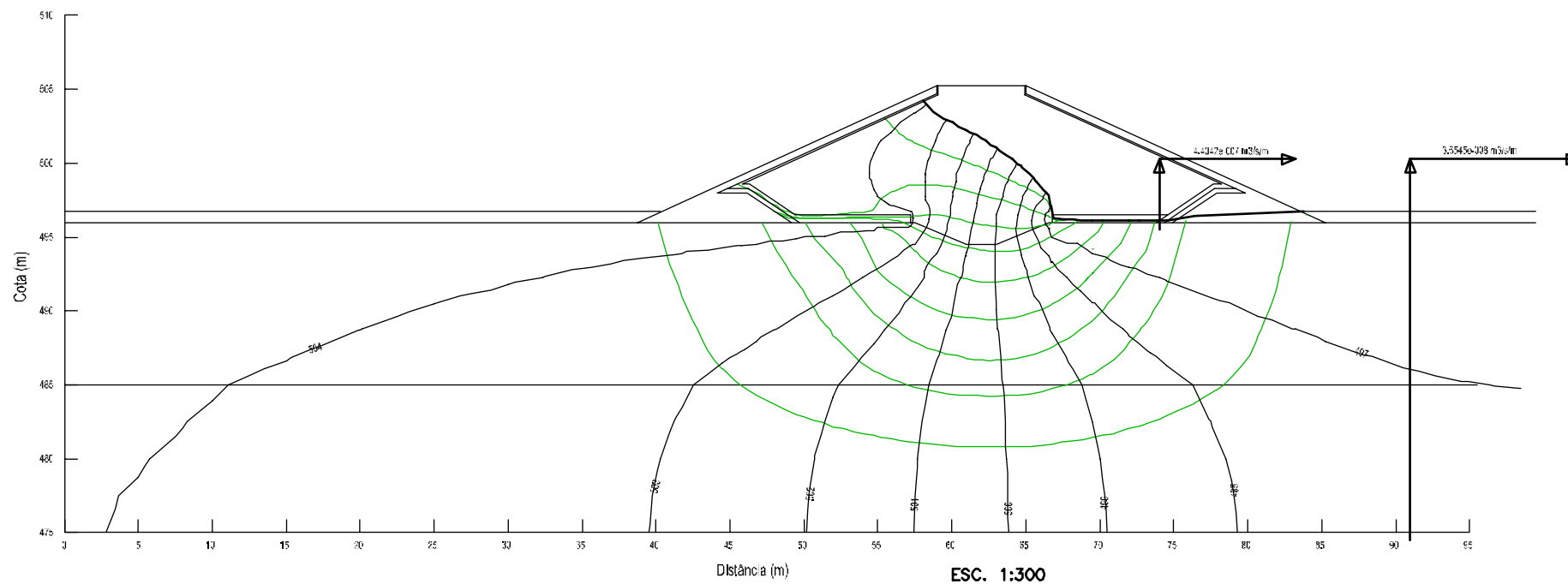
SEÇÃO ZONADA – TIPO D
CASO 05

BARRAGEM BRAÚNAS
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



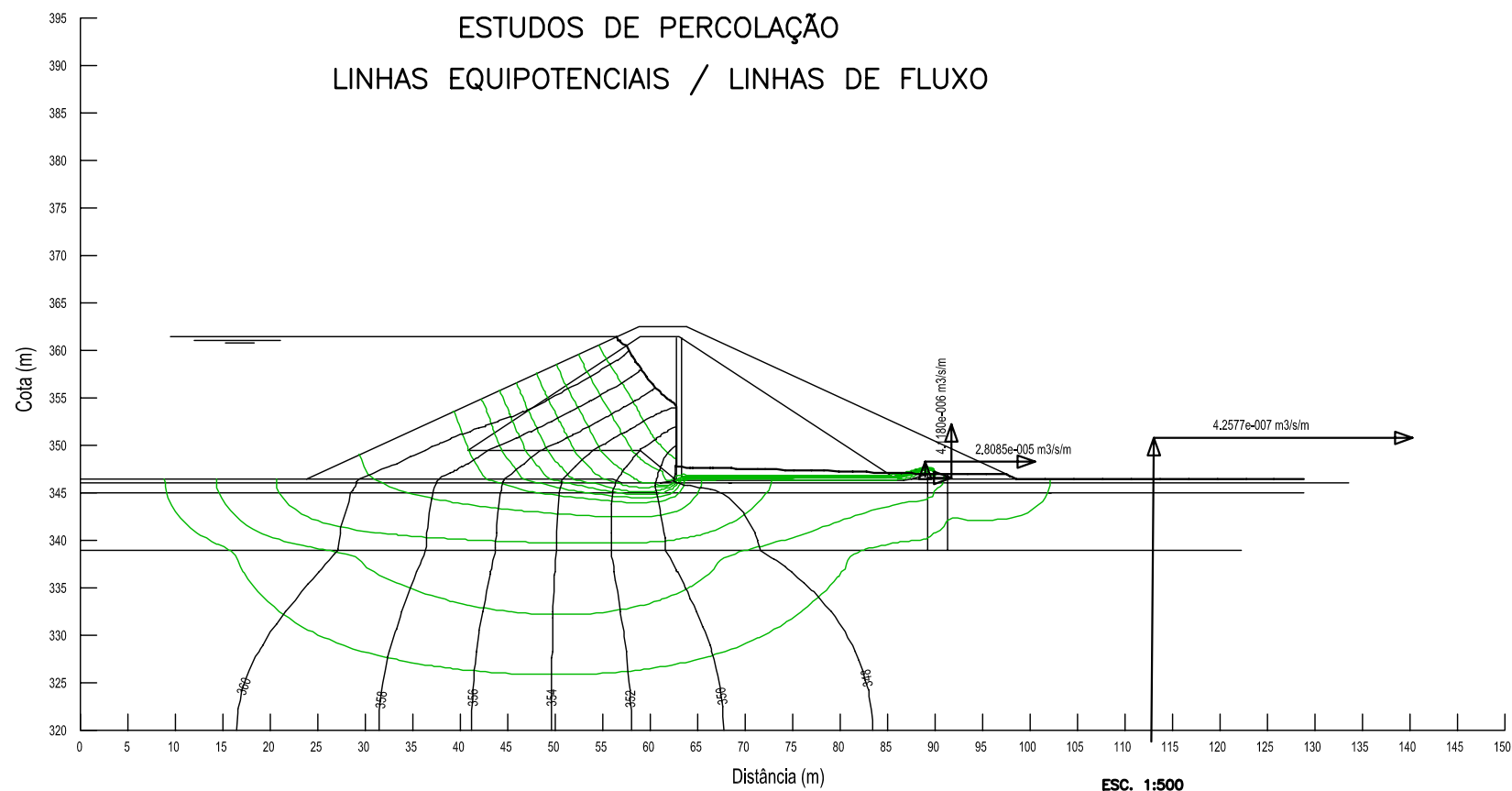
SEÇÃO ZONADA - TIPO E
CASO 05

DIQUE MOXOTÓ
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



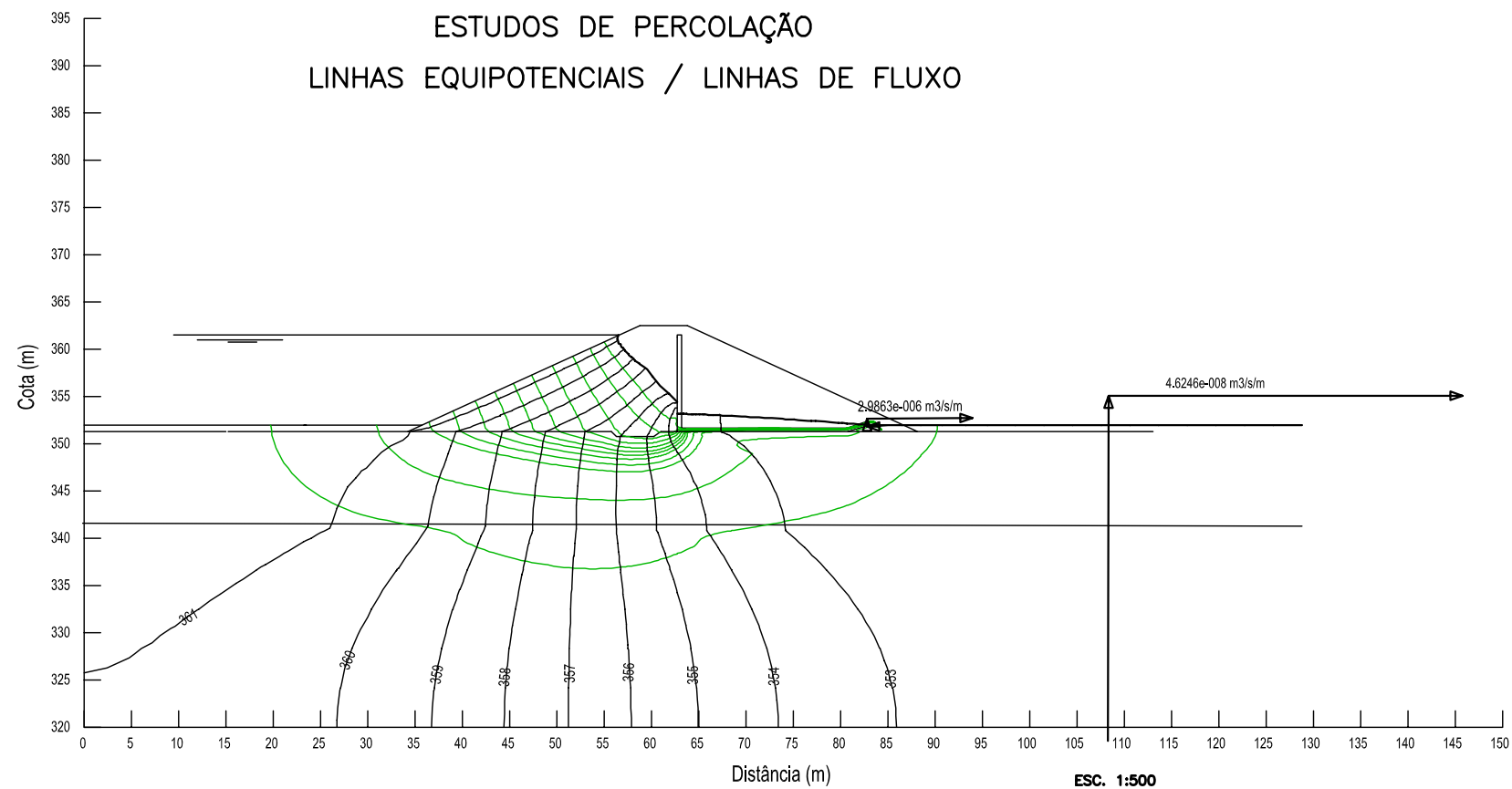
SEÇÃO HOMOGÊNEA – TIPO G
CASO 05

BARRAGEM AREIAS
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



SEÇÃO ZONADA – TIPO A
CASO 06

BARRAGEM AREIAS
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO

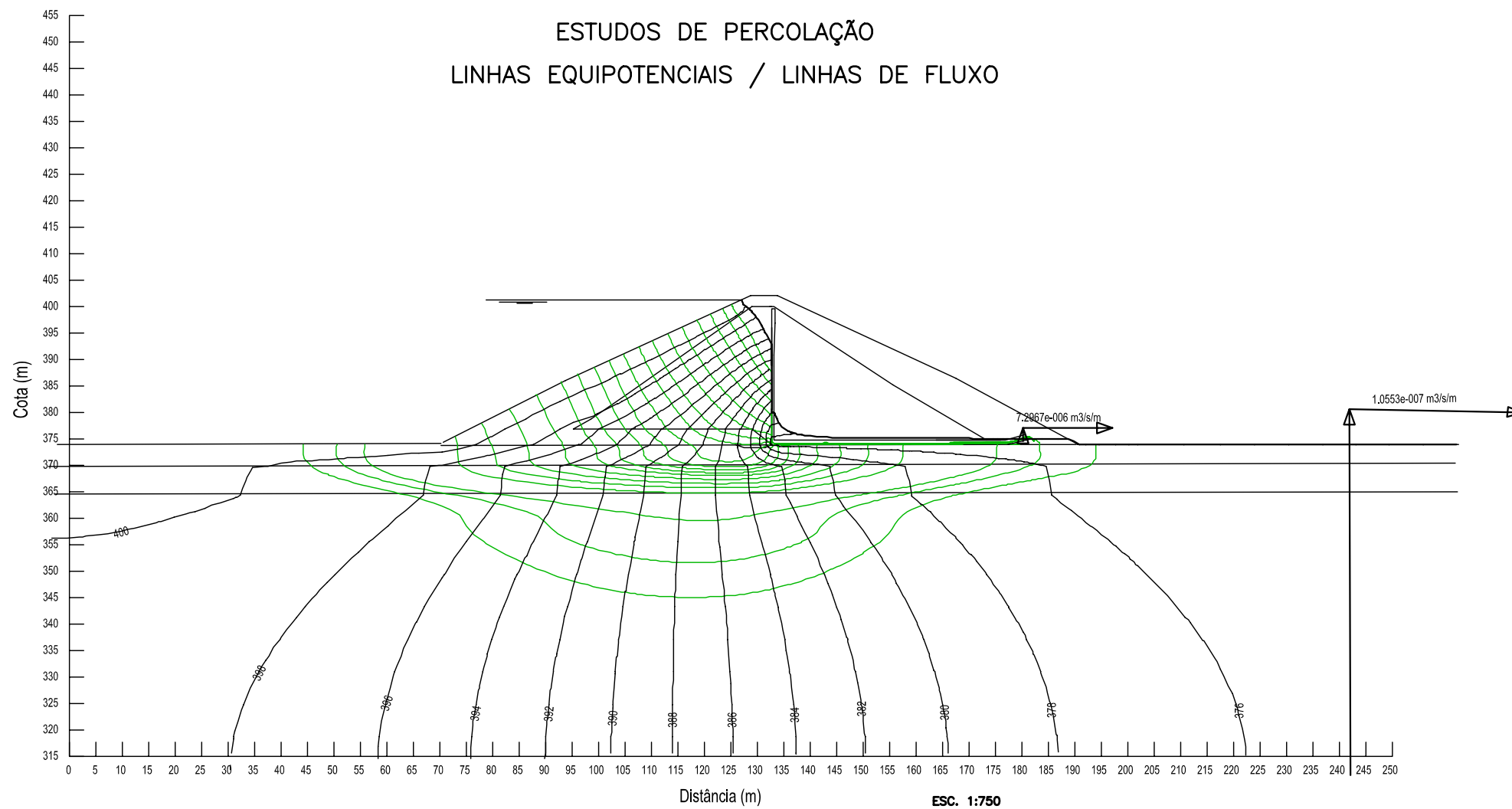


SEÇÃO HOMOGÊNEA – TIPO B
CASO 06

BARRAGEM BRAÚNAS

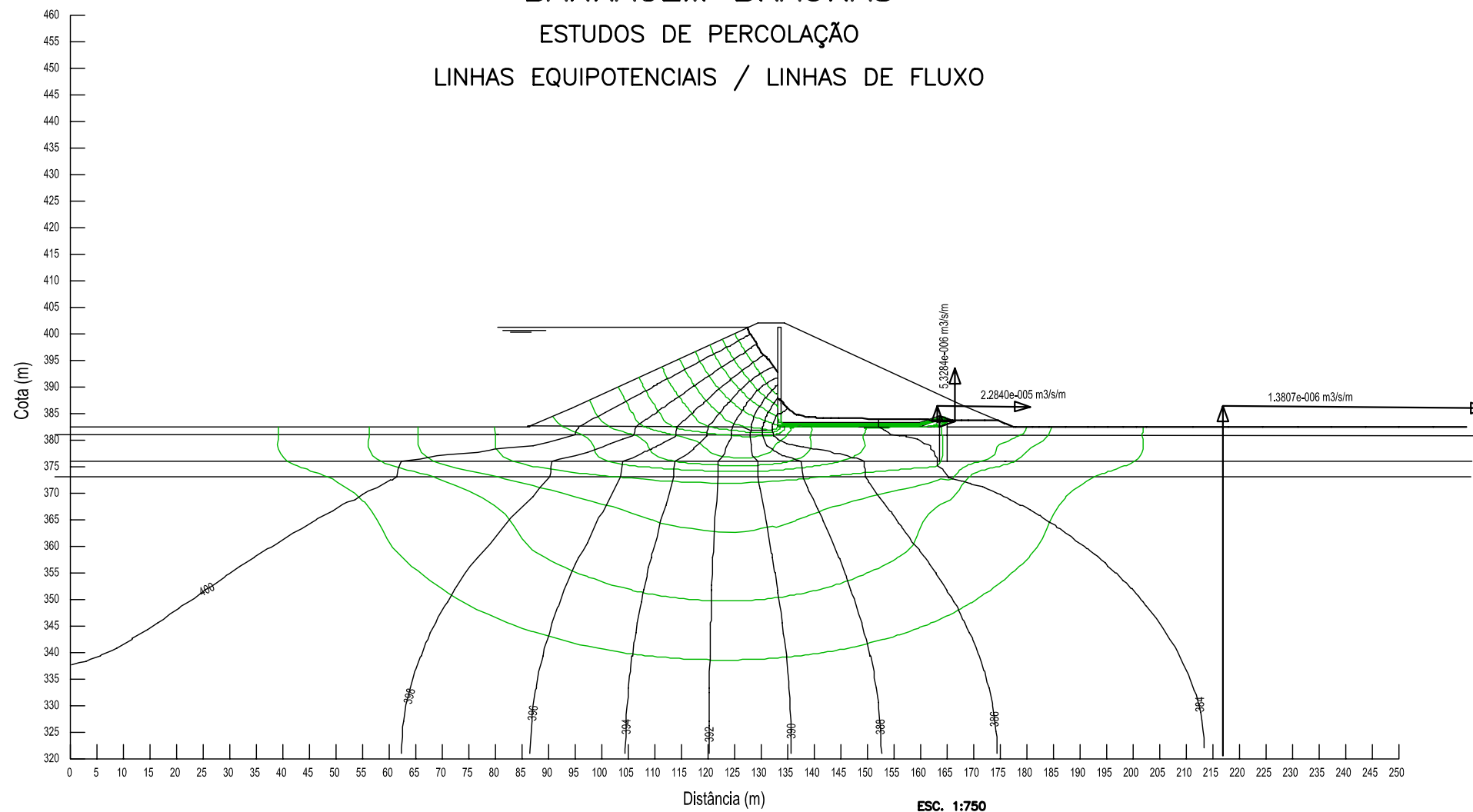
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



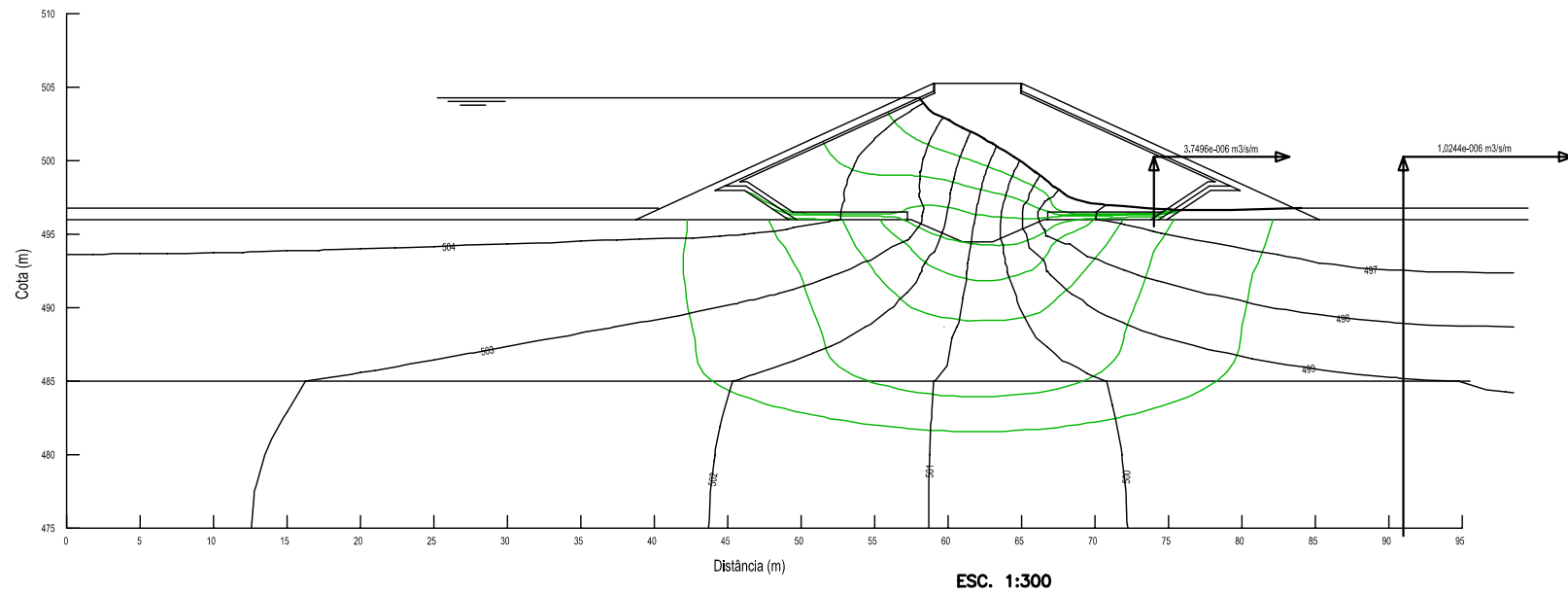
SEÇÃO ZONADA - TIPO D
CASO 06

BARRAGEM BRAÚNAS
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



SEÇÃO ZONADA – TIPO E
CASO 06

DIQUE MOXOTÓ ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



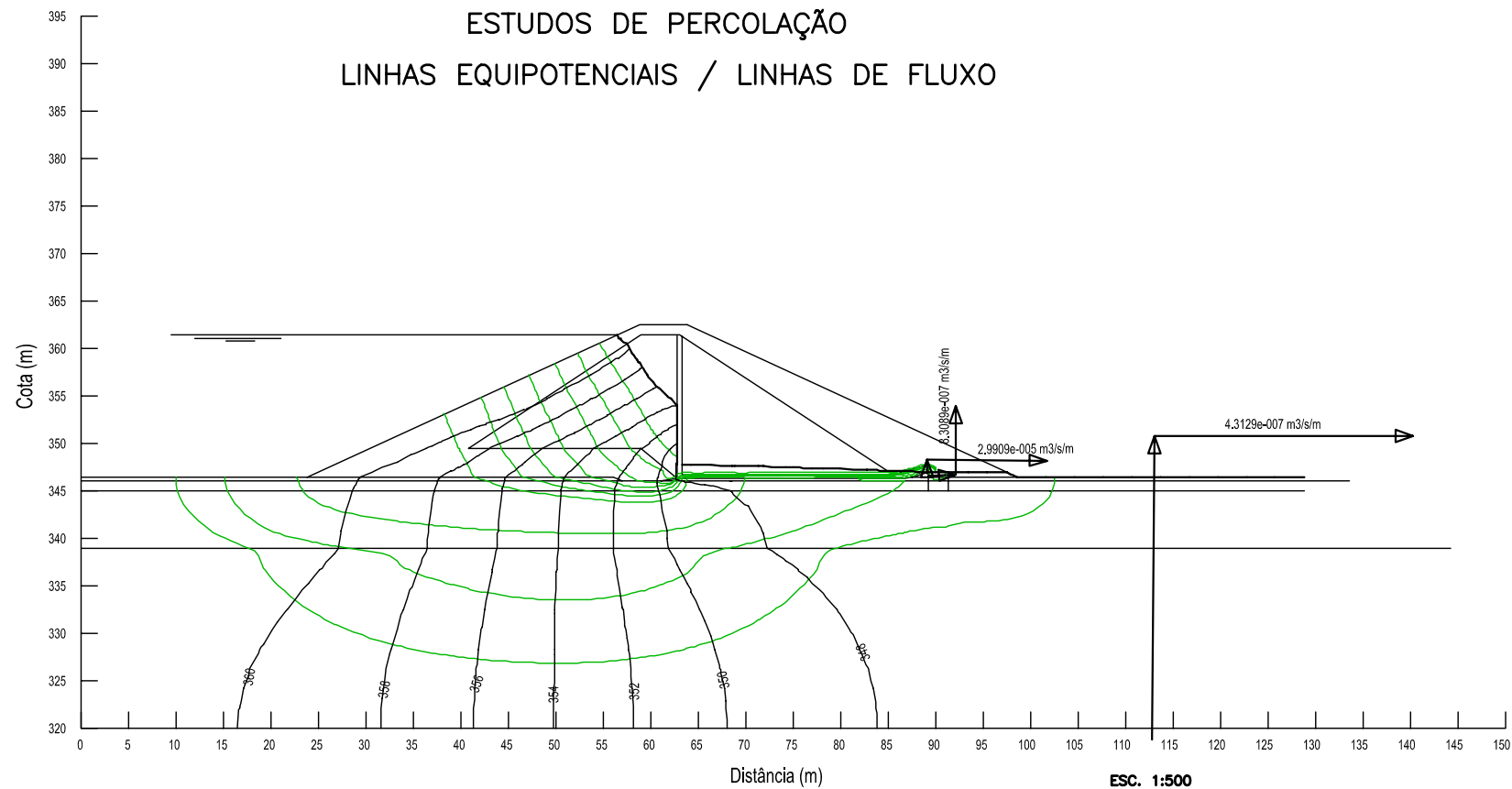
SEÇÃO HOMOGÊNEA – TIPO G

CASO 06

BARRAGEM AREIAS

ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO

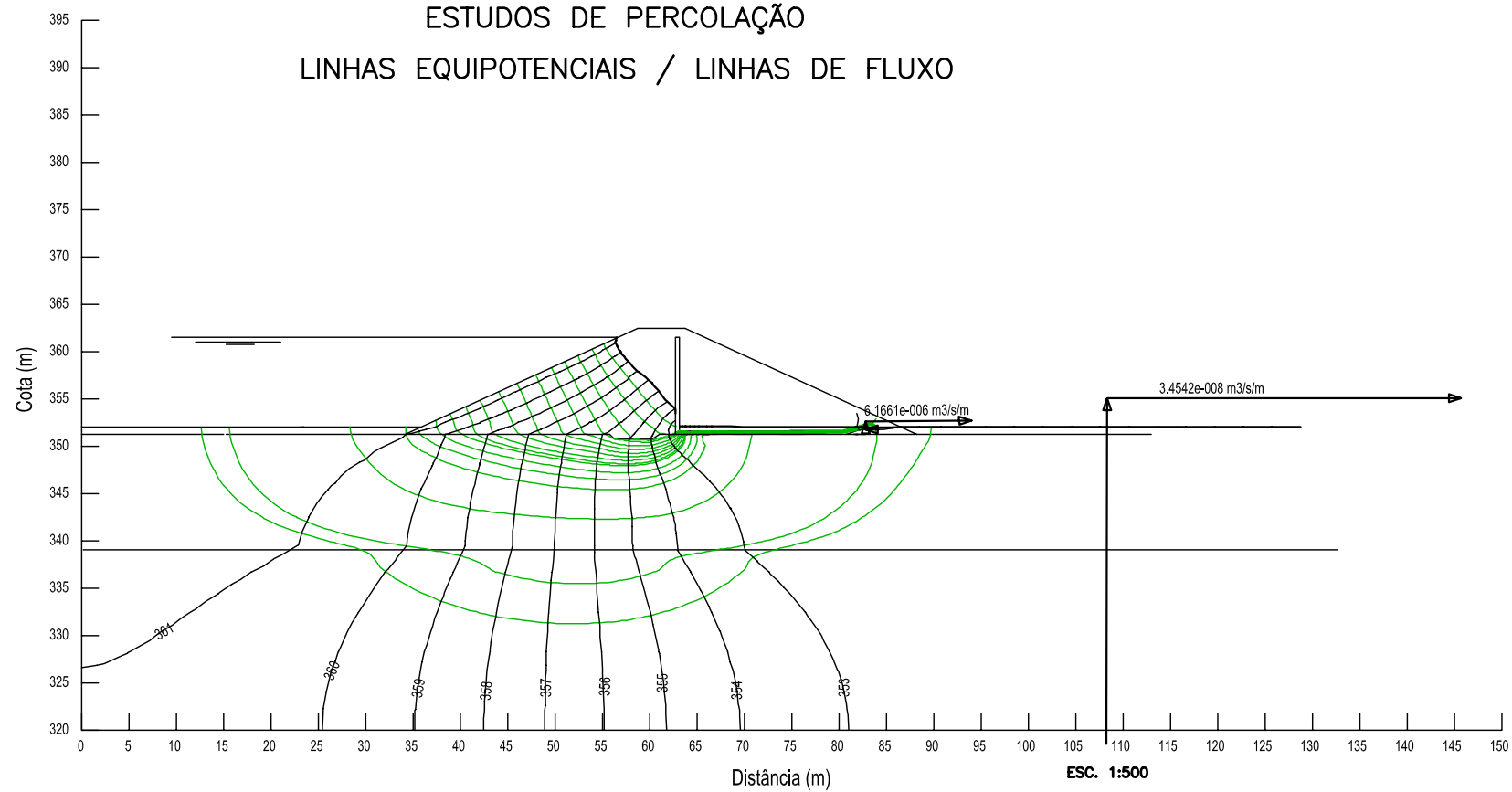


SEÇÃO ZONADA – TIPO A
CASO 07

BARRAGEM AREIAS

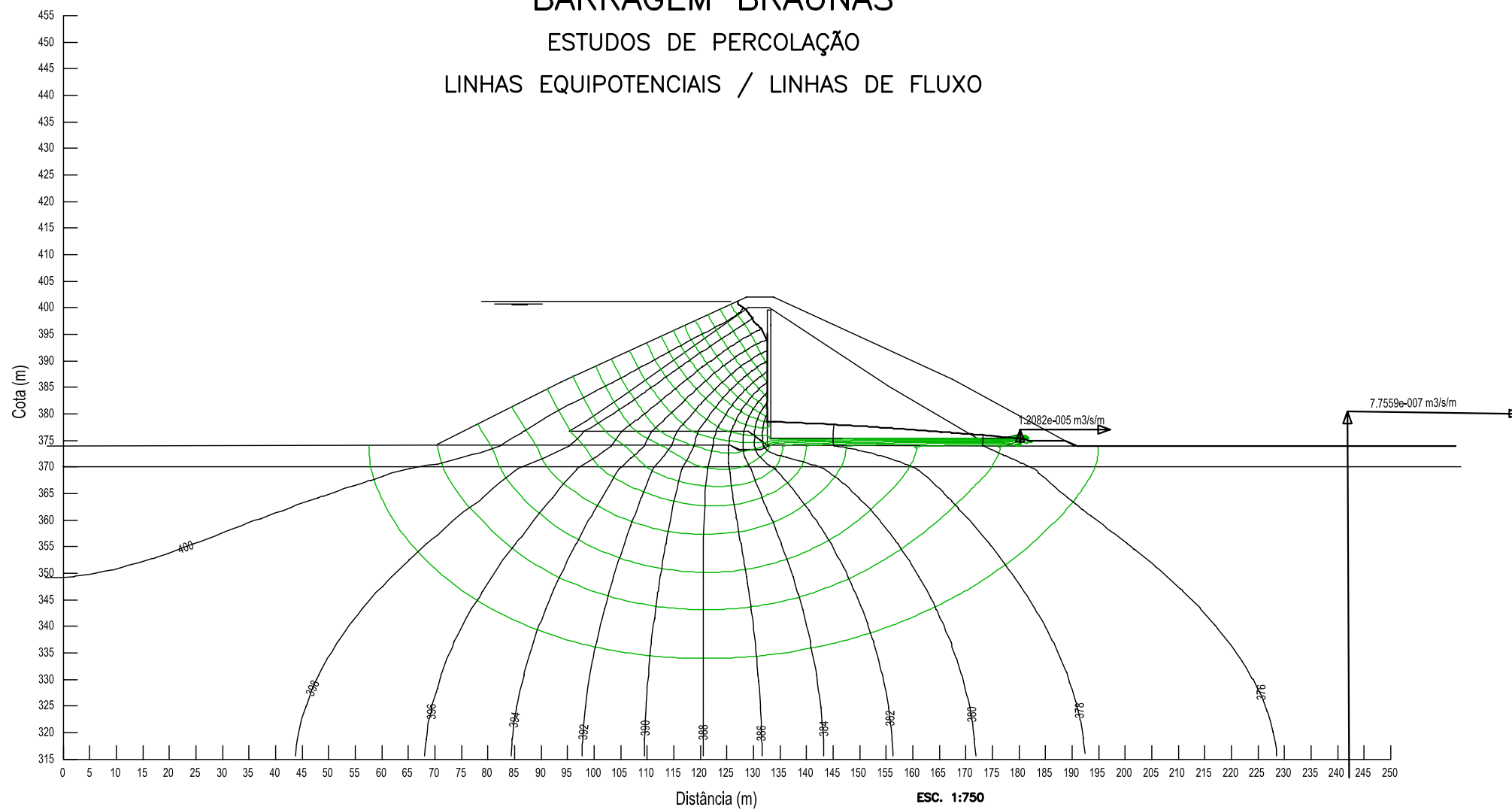
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



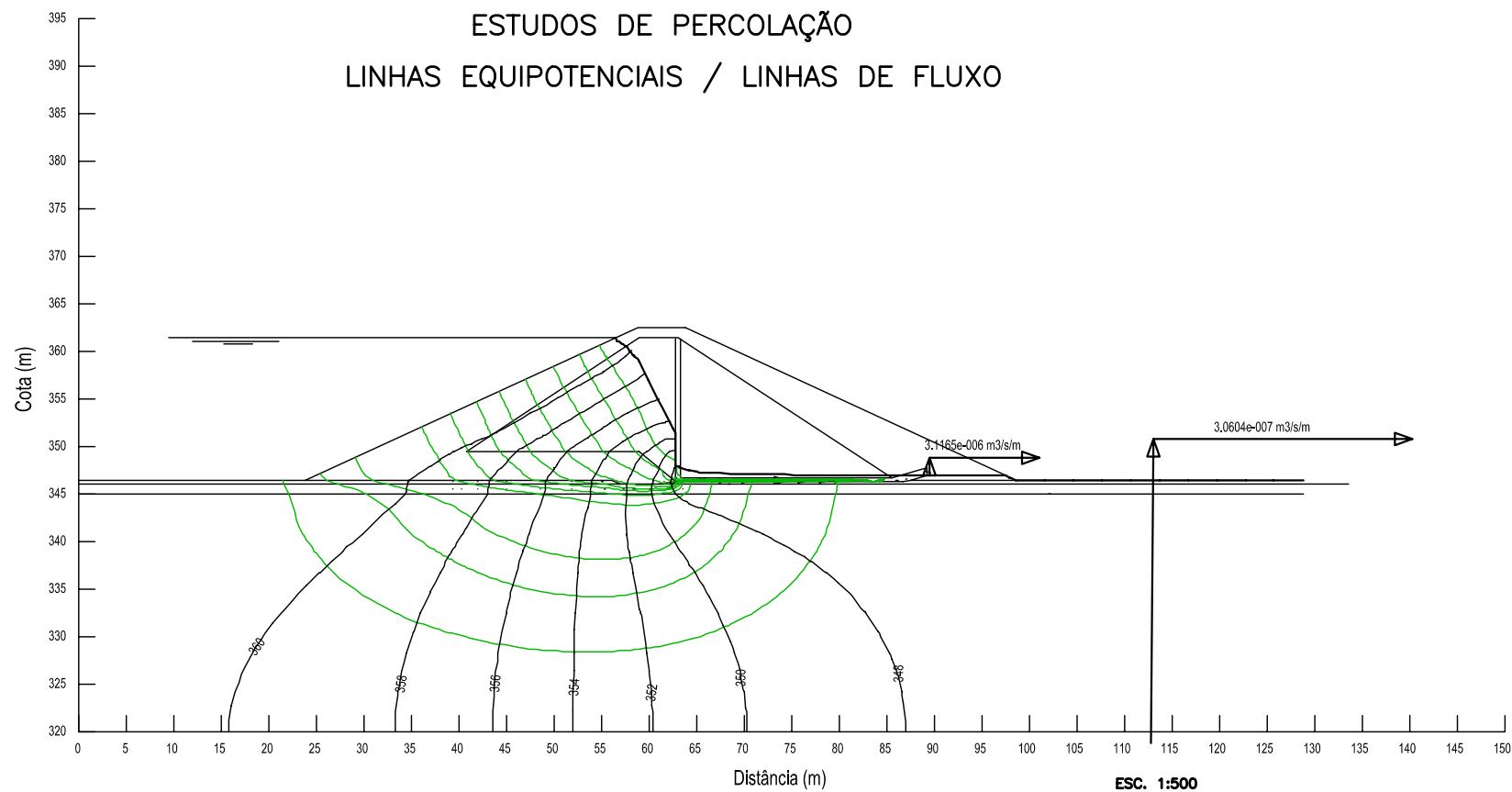
SEÇÃO HOMOGÊNEA – TIPO B
CASO 07

BARRAGEM BRAÚNAS
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



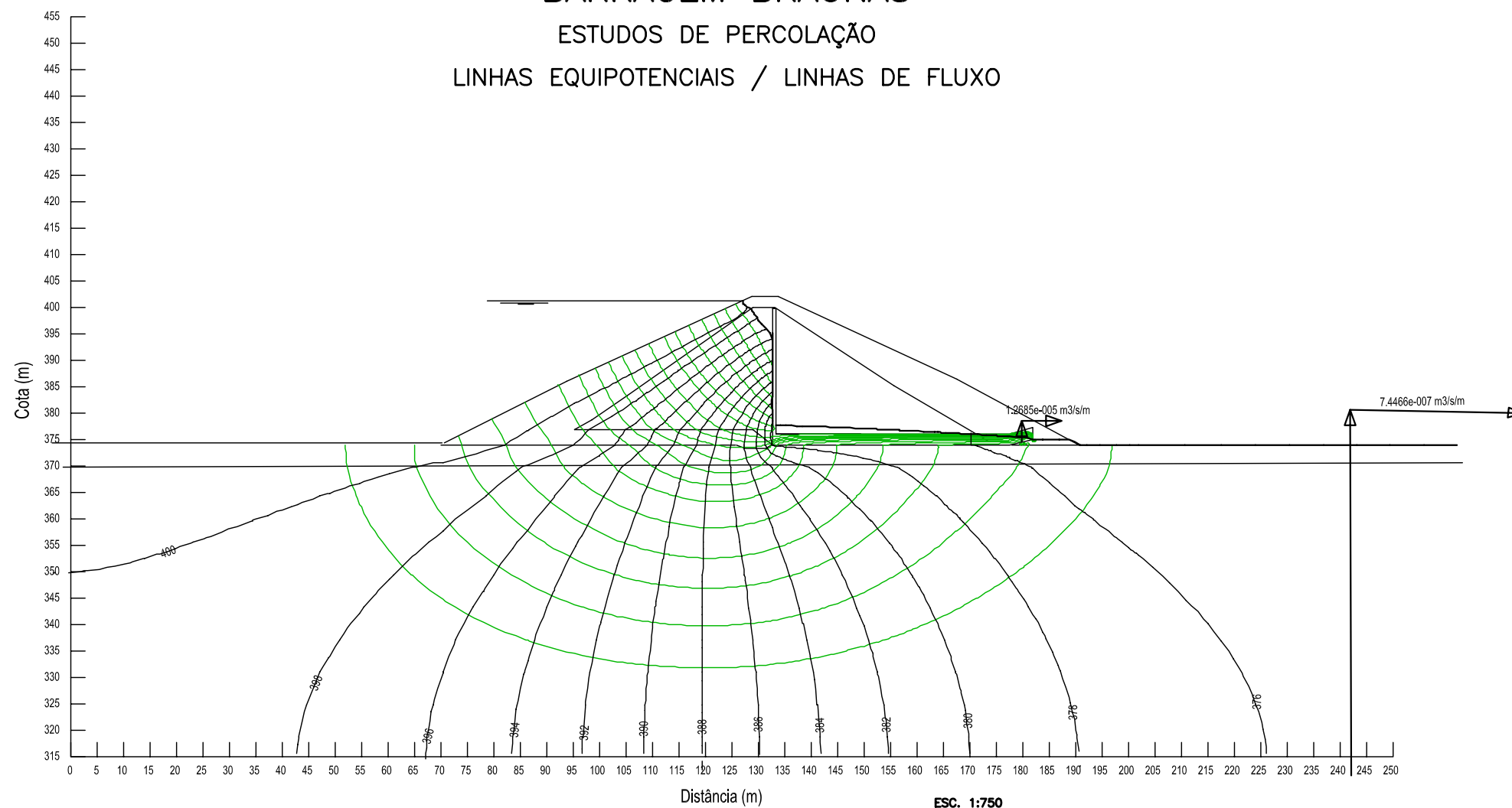
SEÇÃO ZONADA – TIPO D
CASO 07

BARRAGEM AREIAS
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



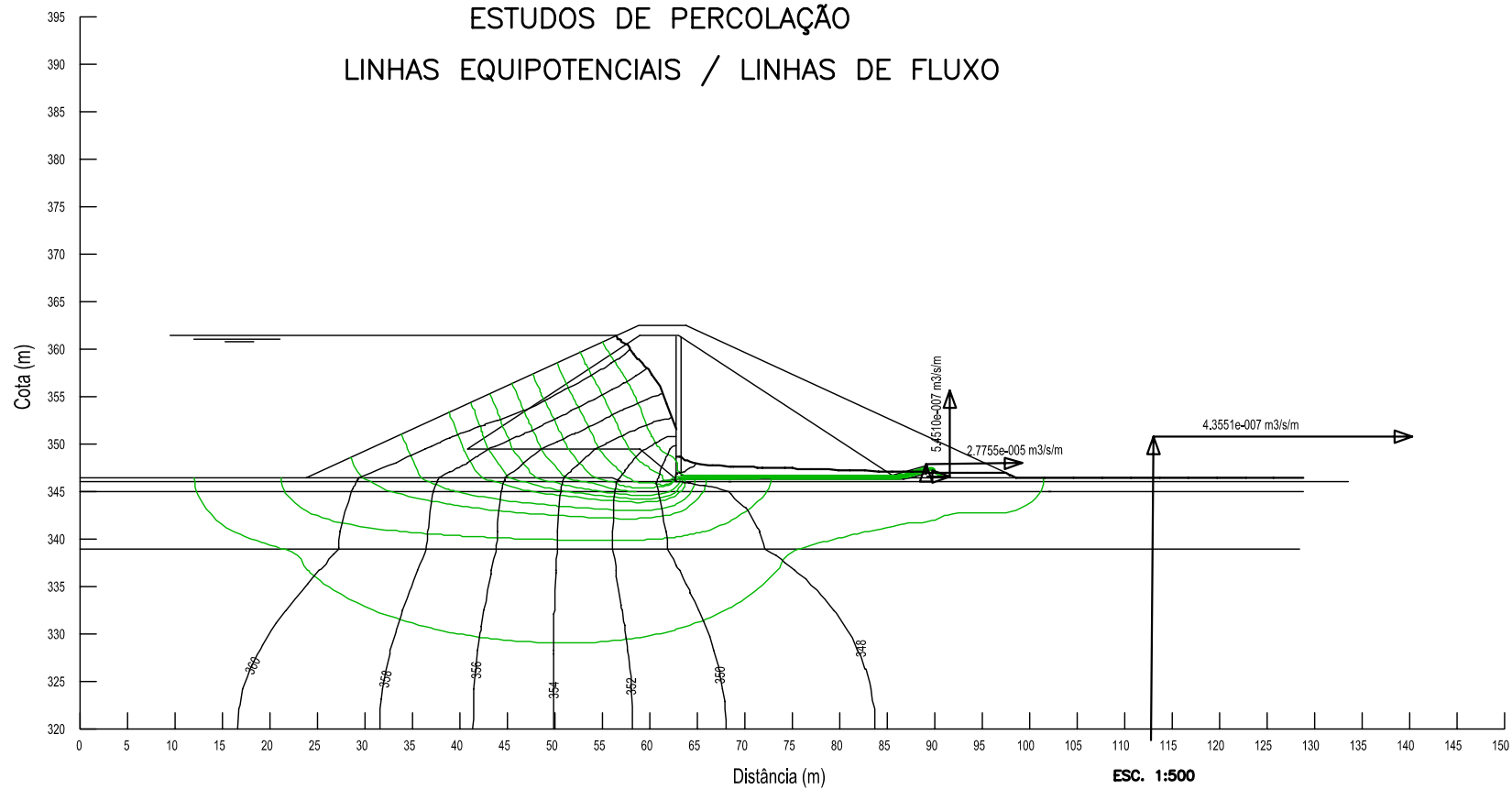
SEÇÃO ZONADA - TIPO A
CASO 08

BARRAGEM BRAÚNAS
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



SEÇÃO ZONADA – TIPO D
CASO 08

BARRAGEM AREIAS
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO

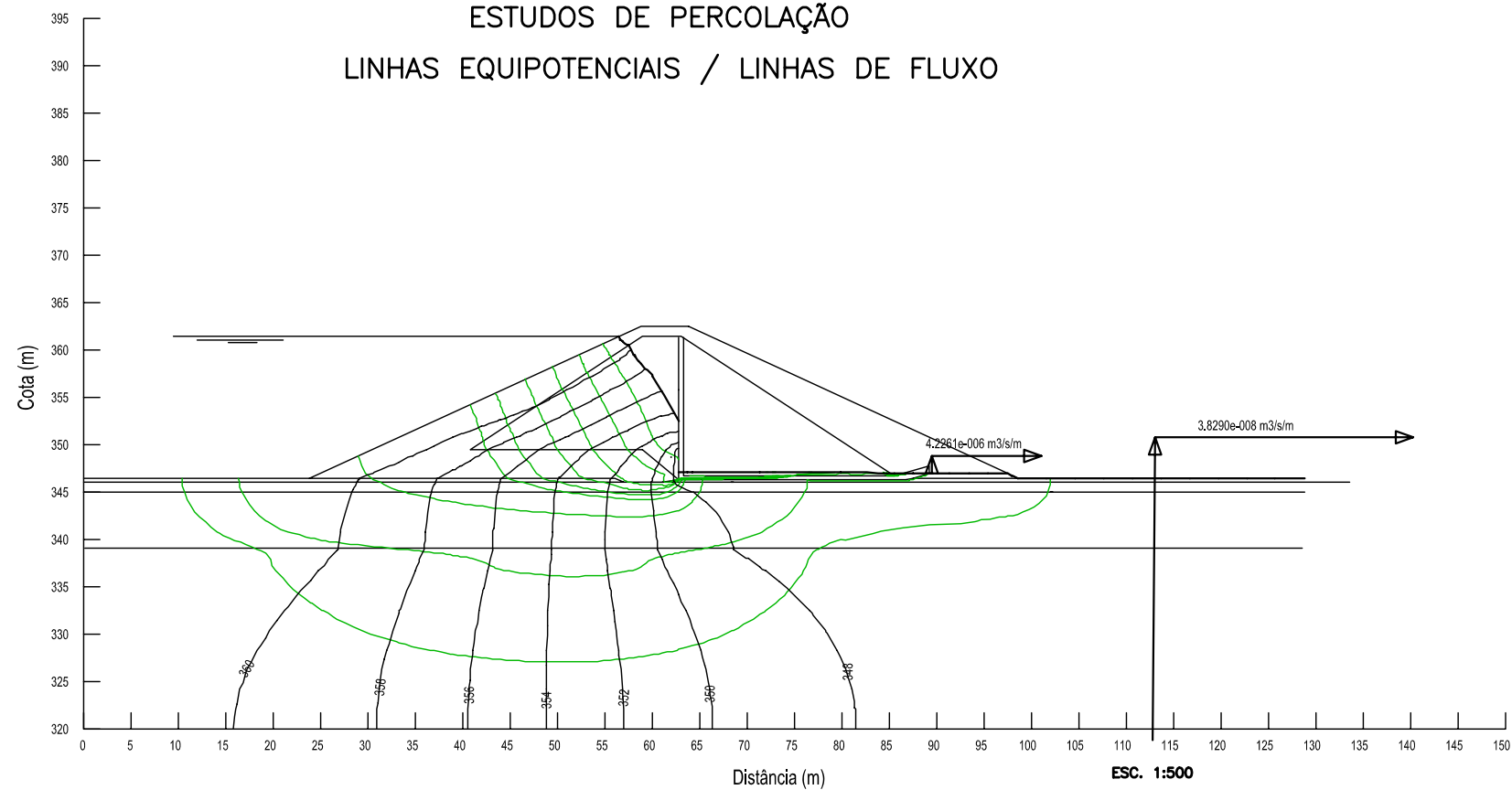


SEÇÃO ZONADA – TIPO A
CASO 09

BARRAGEM AREIAS

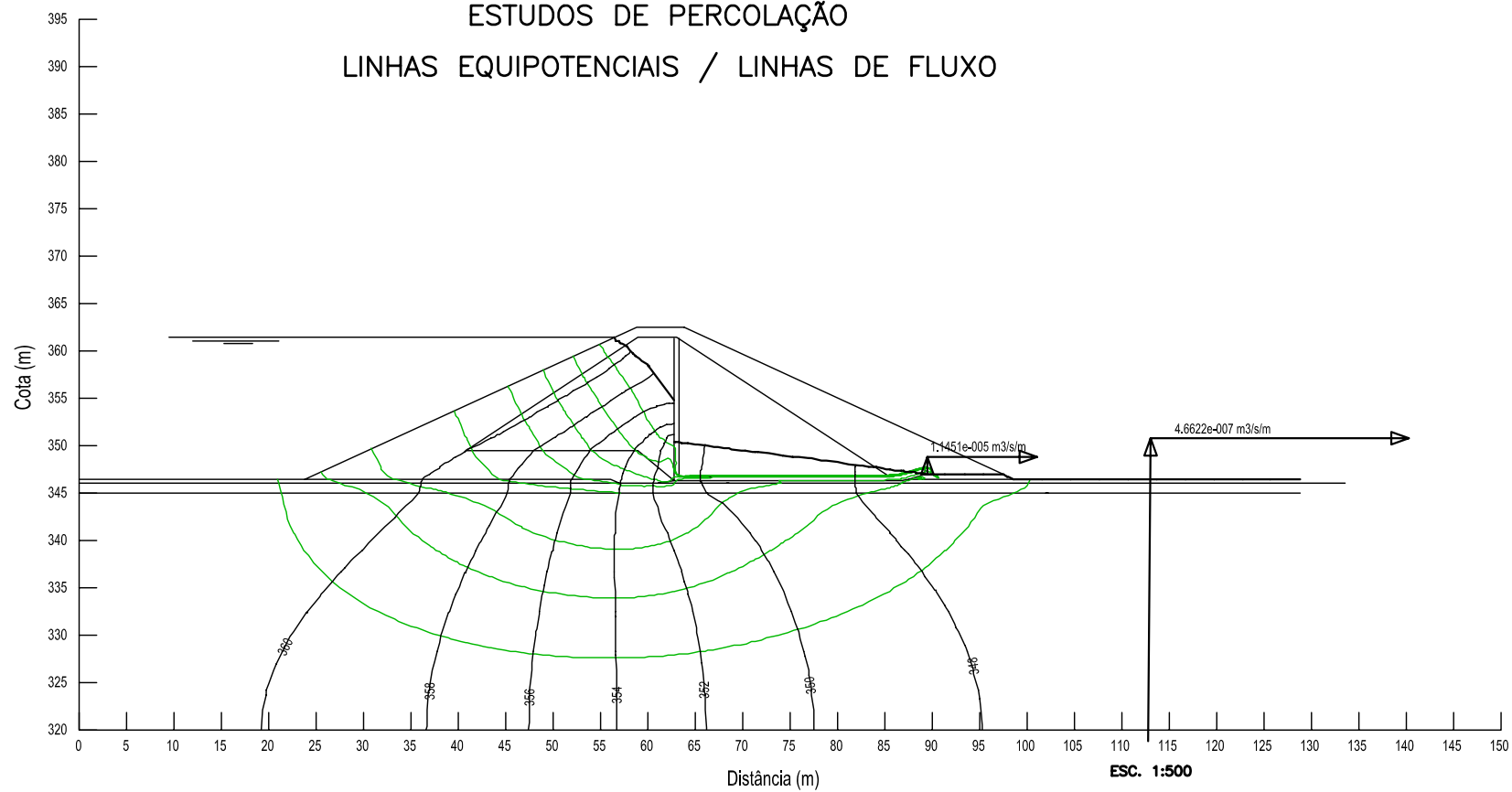
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO



SEÇÃO ZONADA – TIPO A
CASO 10

BARRAGEM AREIAS
ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO
LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO

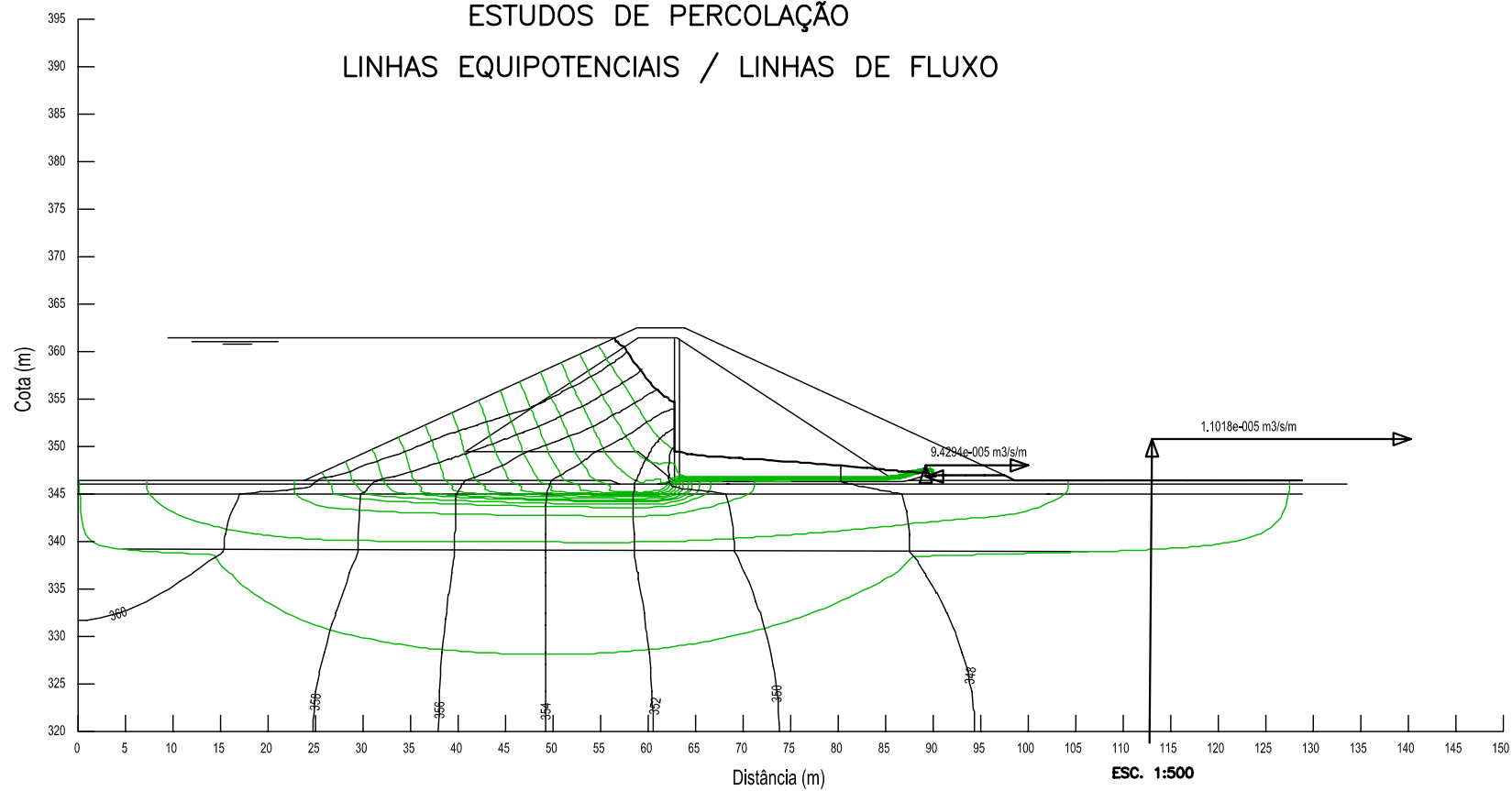


SEÇÃO ZONADA – TIPO A
CASO 11

BARRAGEM AREIAS

ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO

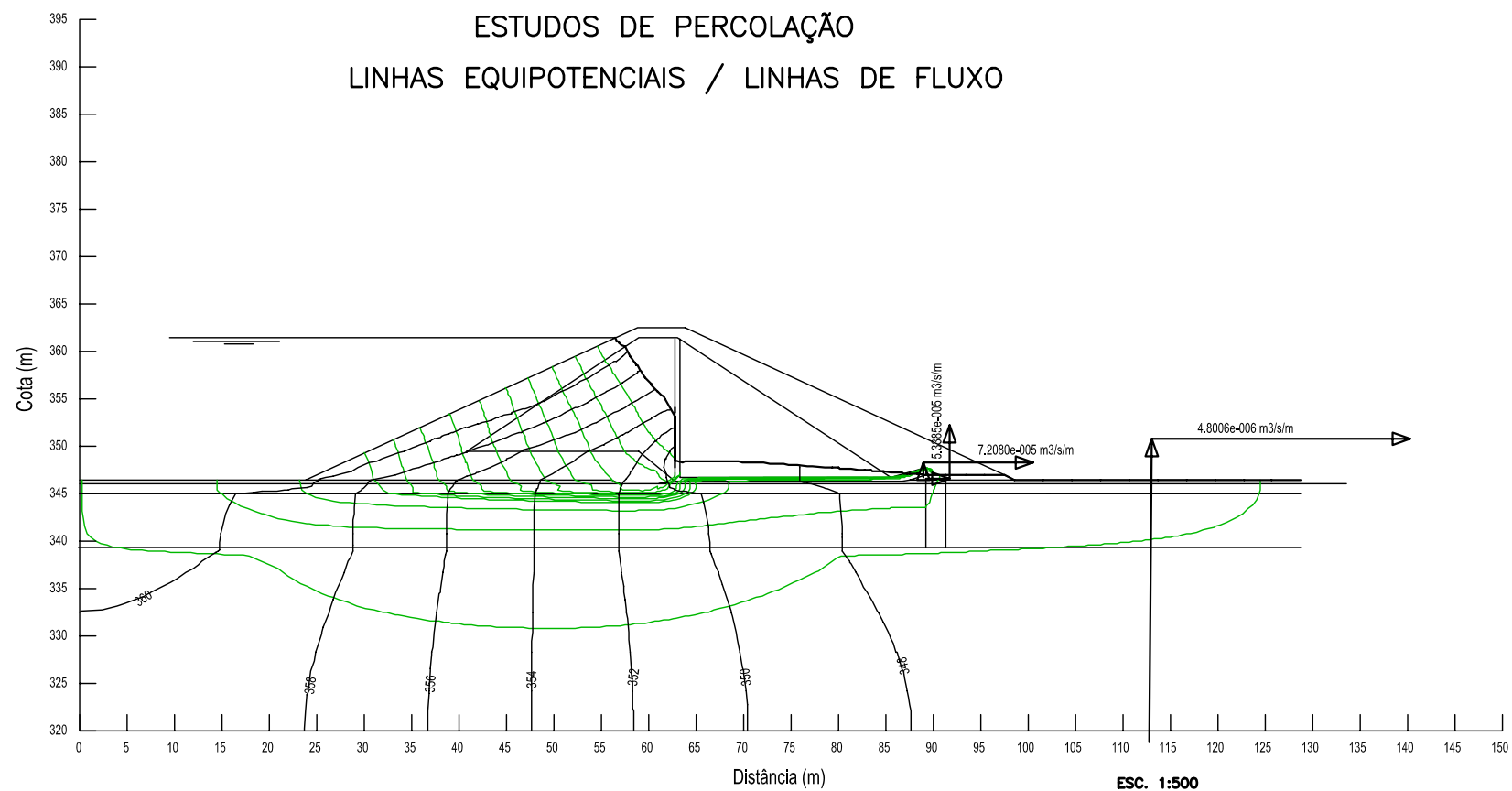


SEÇÃO ZONADA – TIPO A
CASO 12

BARRAGEM AREIAS

ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO

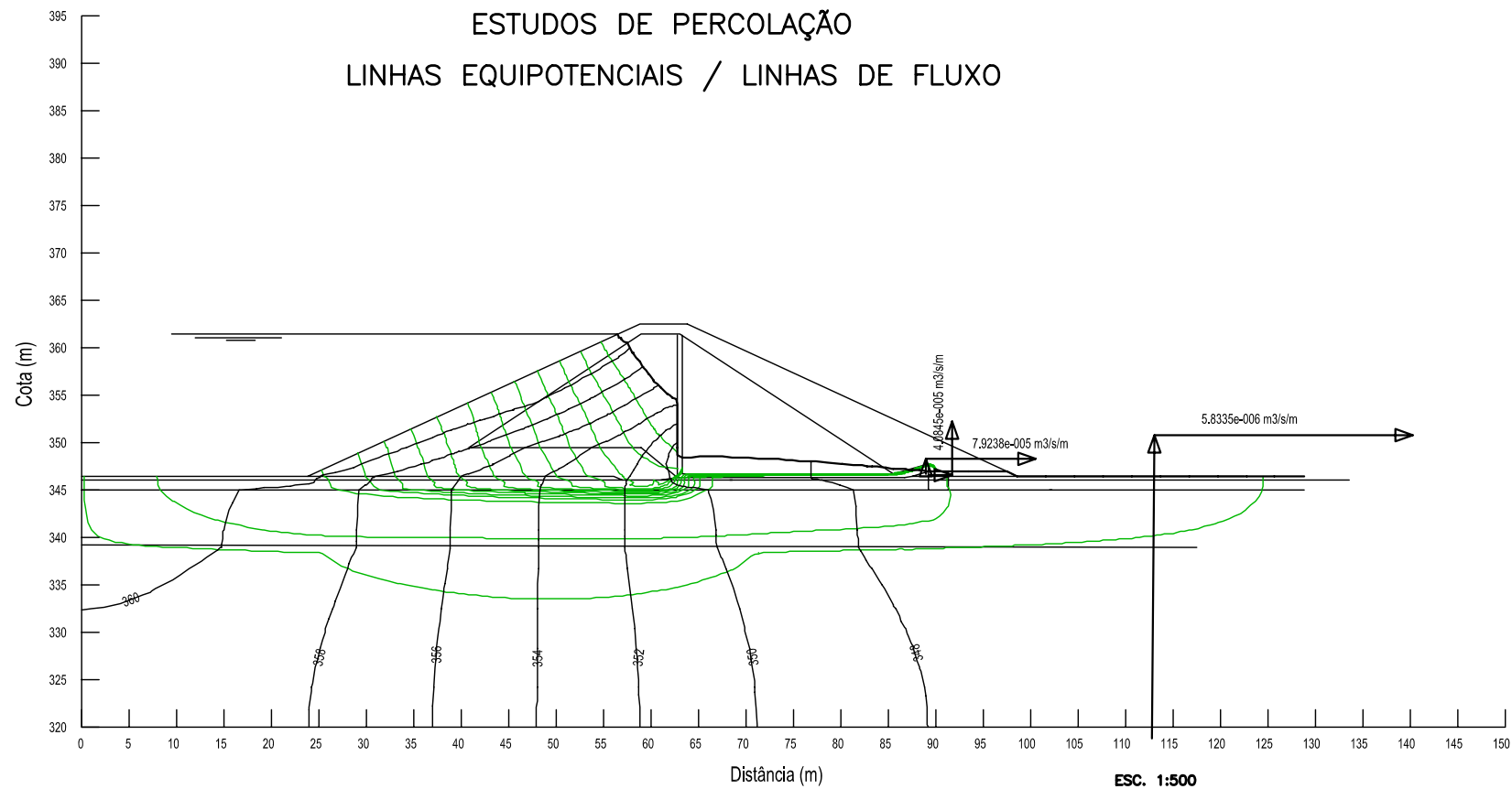


SEÇÃO ZONADA – TIPO A
CASO 13

BARRAGEM AREIAS

ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO

LINHAS EQUIPOTENCIAIS / LINHAS DE FLUXO

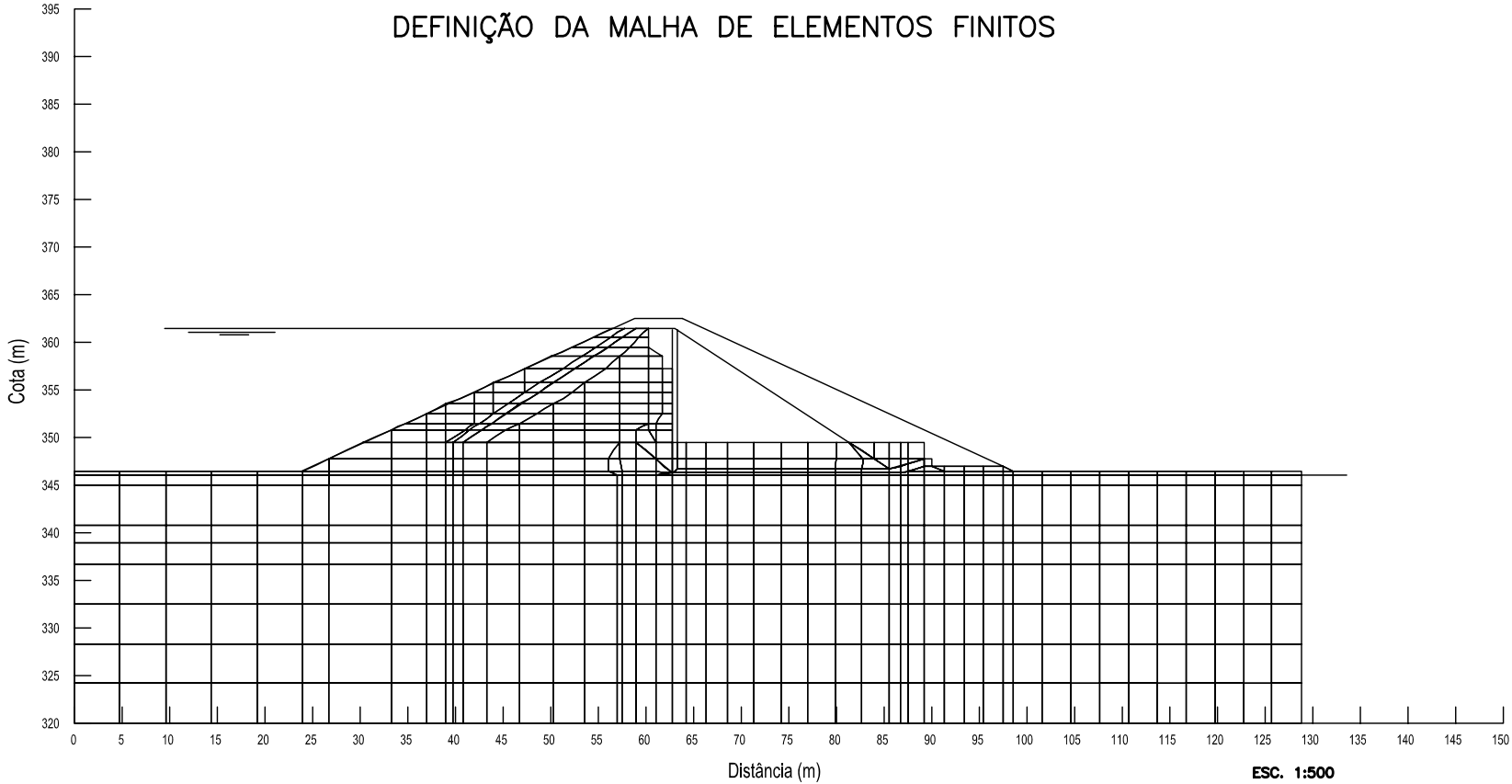


SEÇÃO ZONADA – TIPO A
CASO 14

BARRAGEM AREIAS

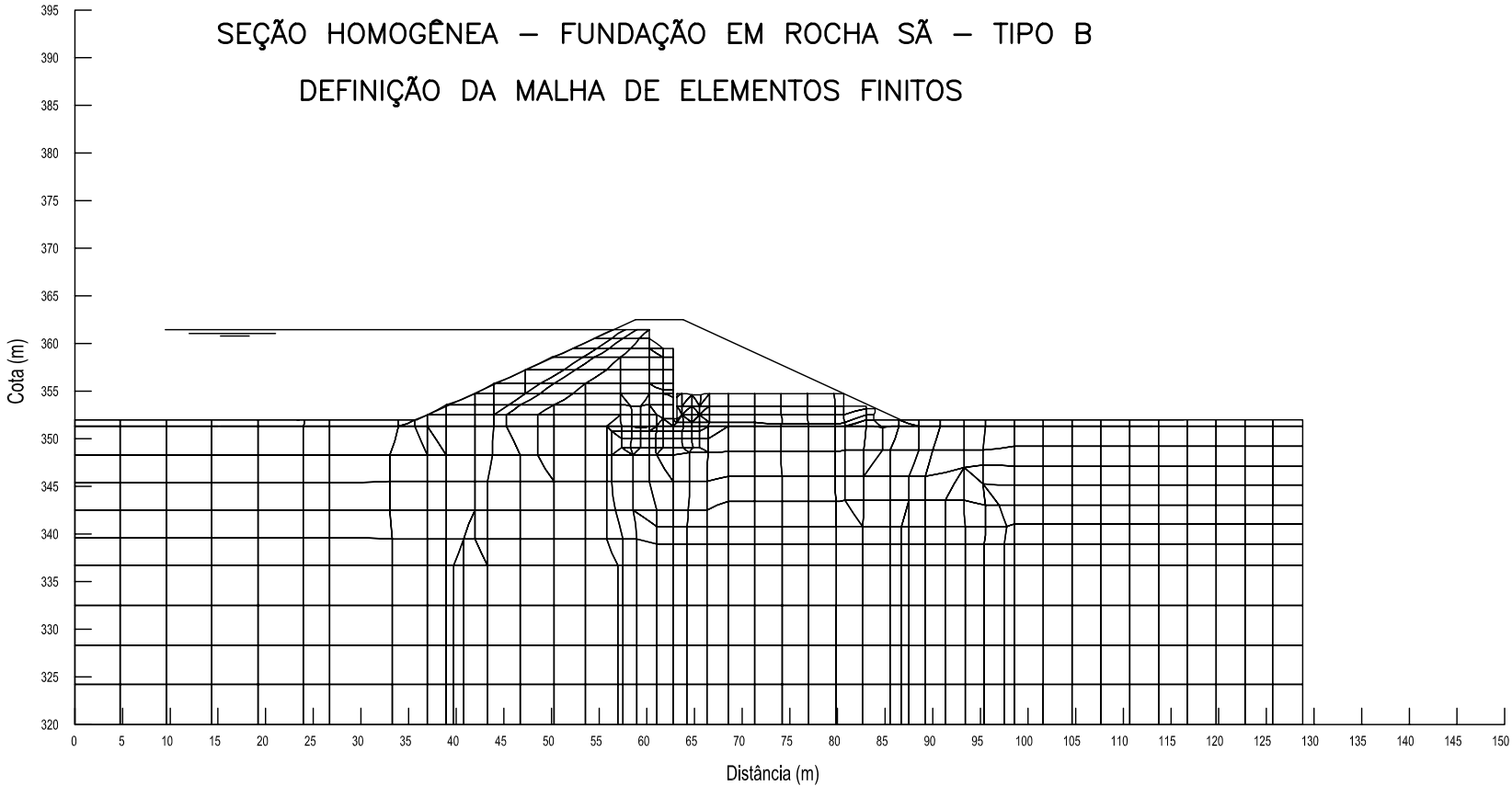
SEÇÃO ZONADA – TIPO A

DEFINIÇÃO DA MALHA DE ELEMENTOS FINITOS



BARRAGEM AREIAS

SEÇÃO HOMOGÊNEA – FUNDAÇÃO EM ROCHA Sã – TIPO B
DEFINIÇÃO DA MALHA DE ELEMENTOS FINITOS

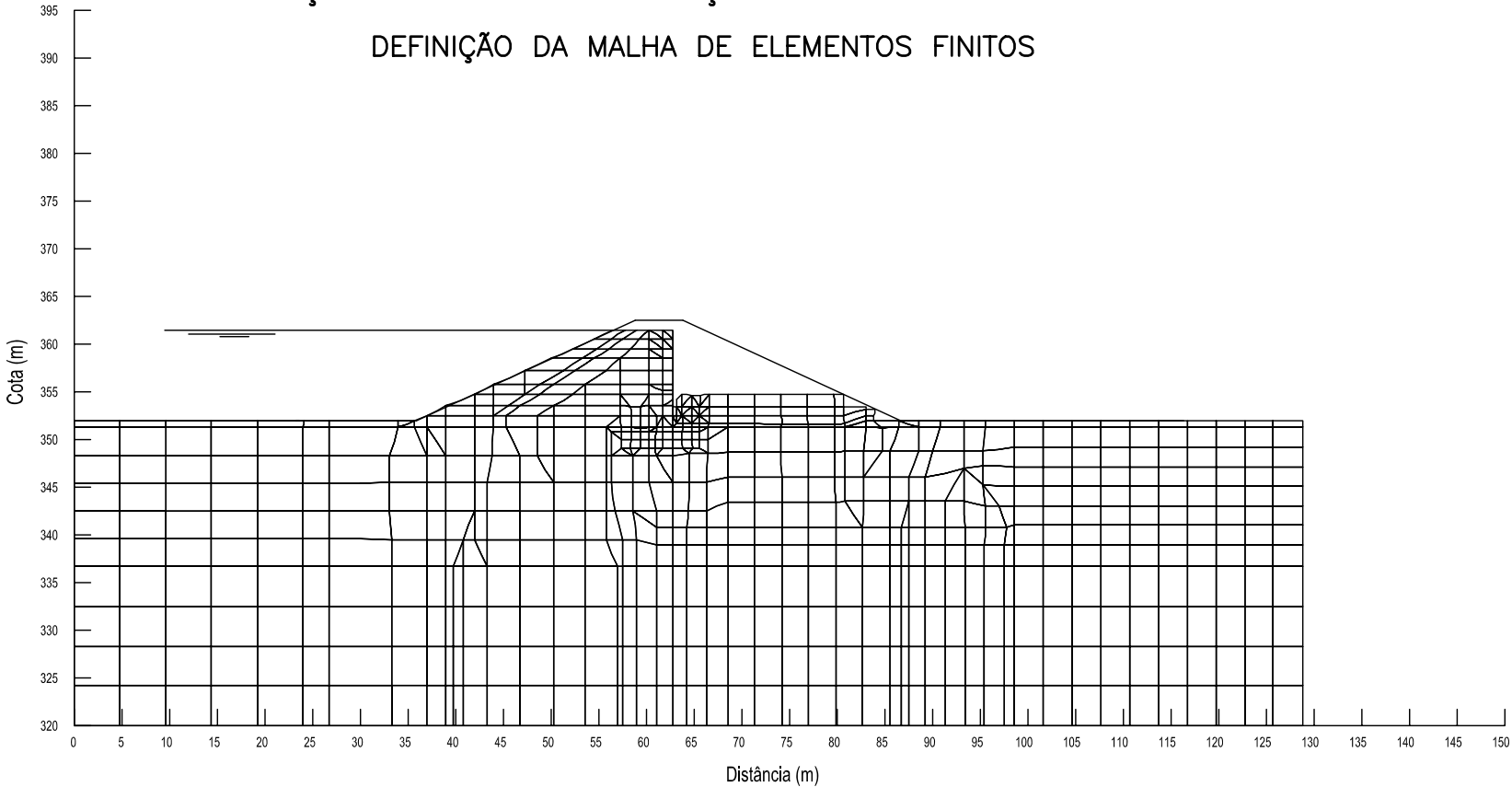


ESC. 1:500

BARRAGEM AREIAS

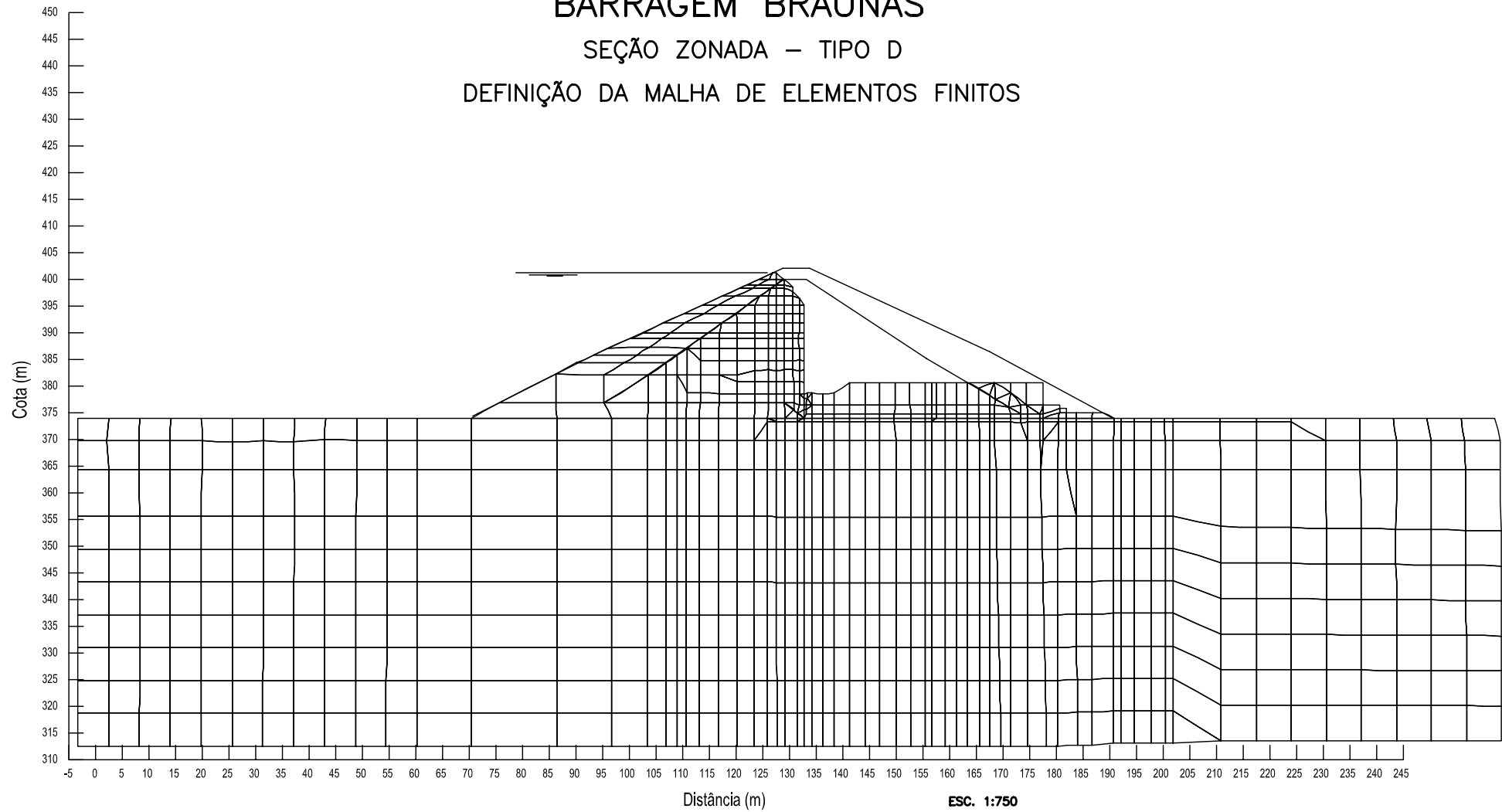
SEÇÃO HOMOGÊNEA – FUNDAÇÃO EM ARGILITO – TIPO C

DEFINIÇÃO DA MALHA DE ELEMENTOS FINITOS

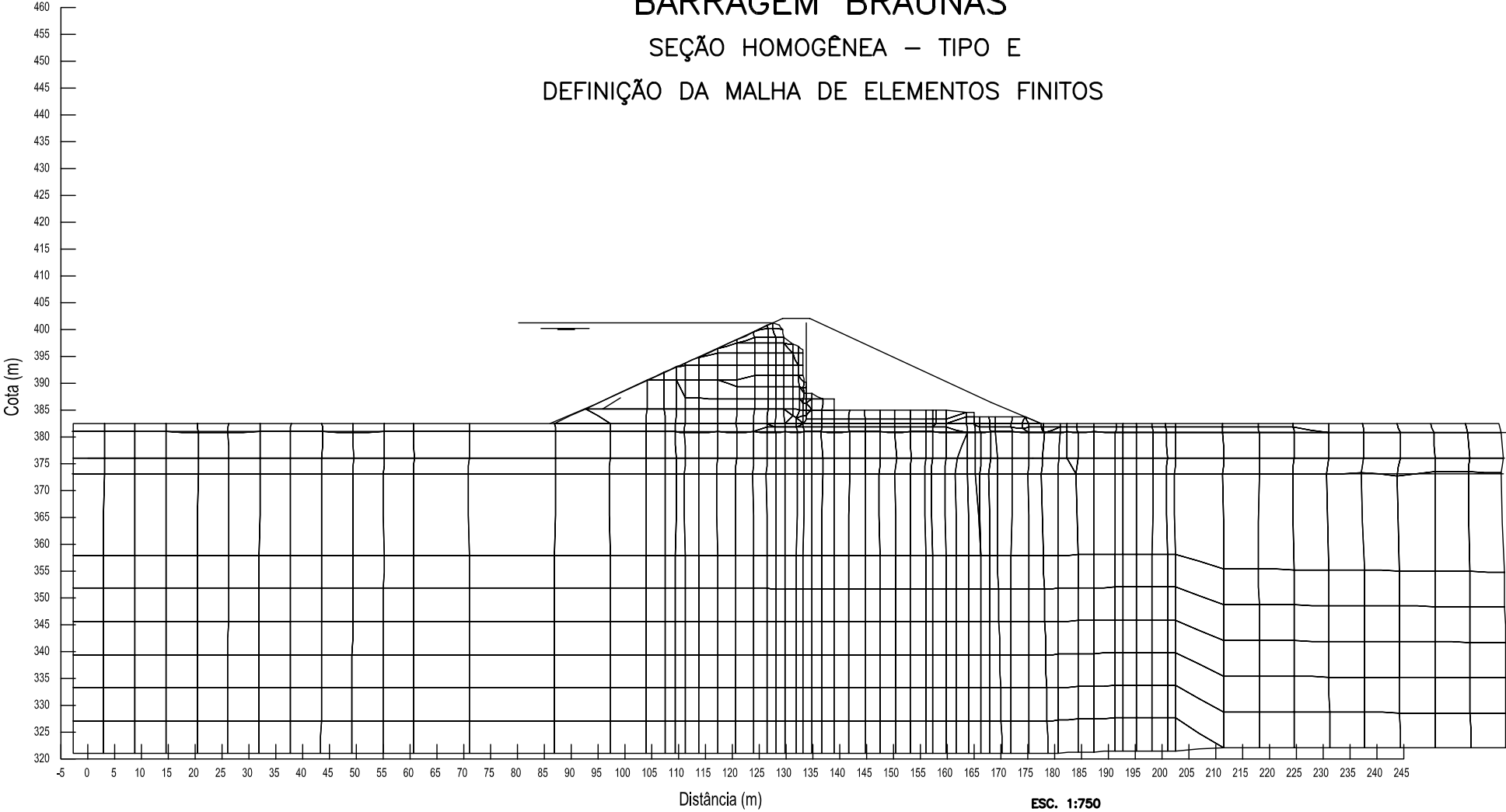


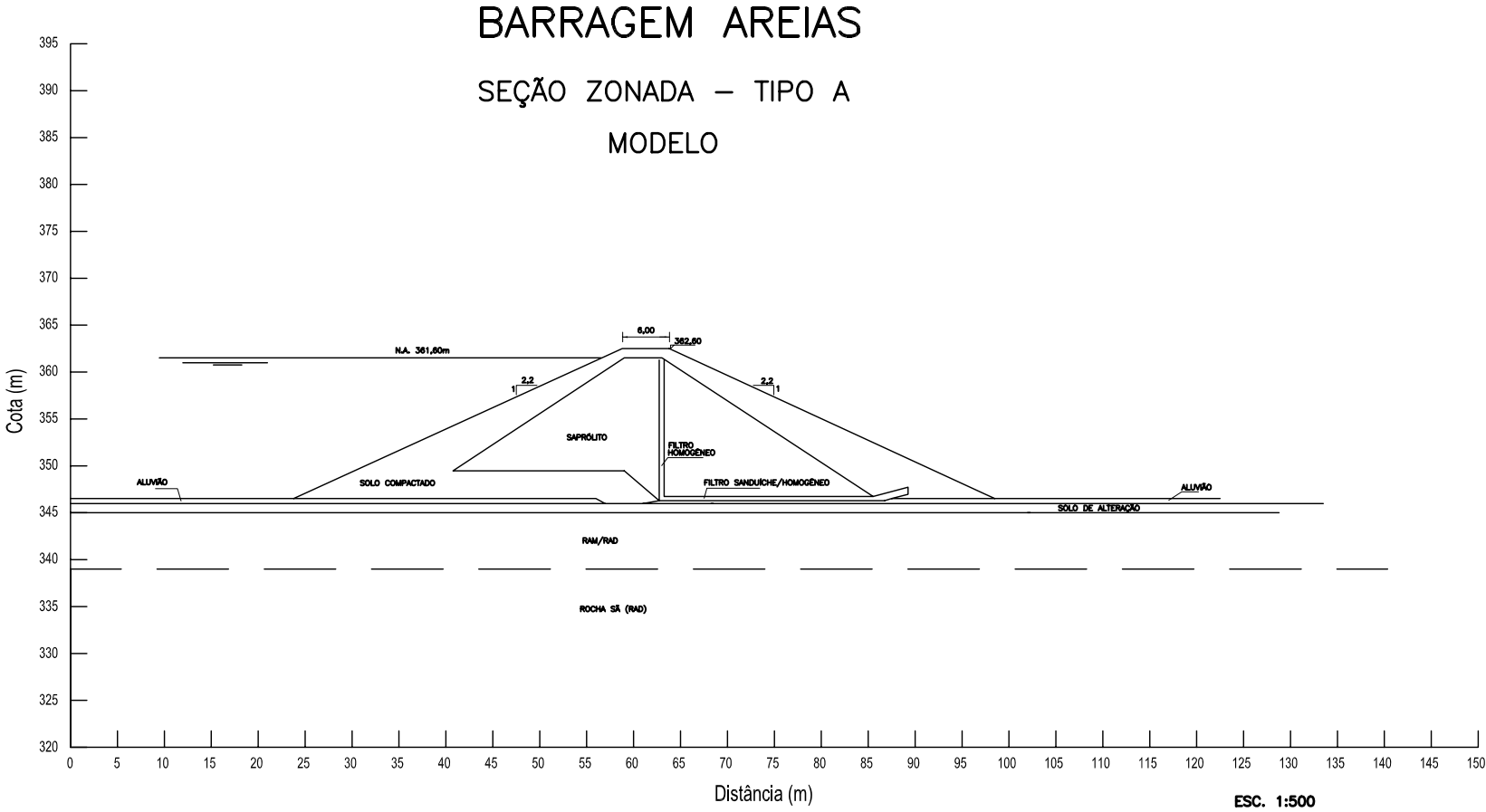
ESC. 1:500

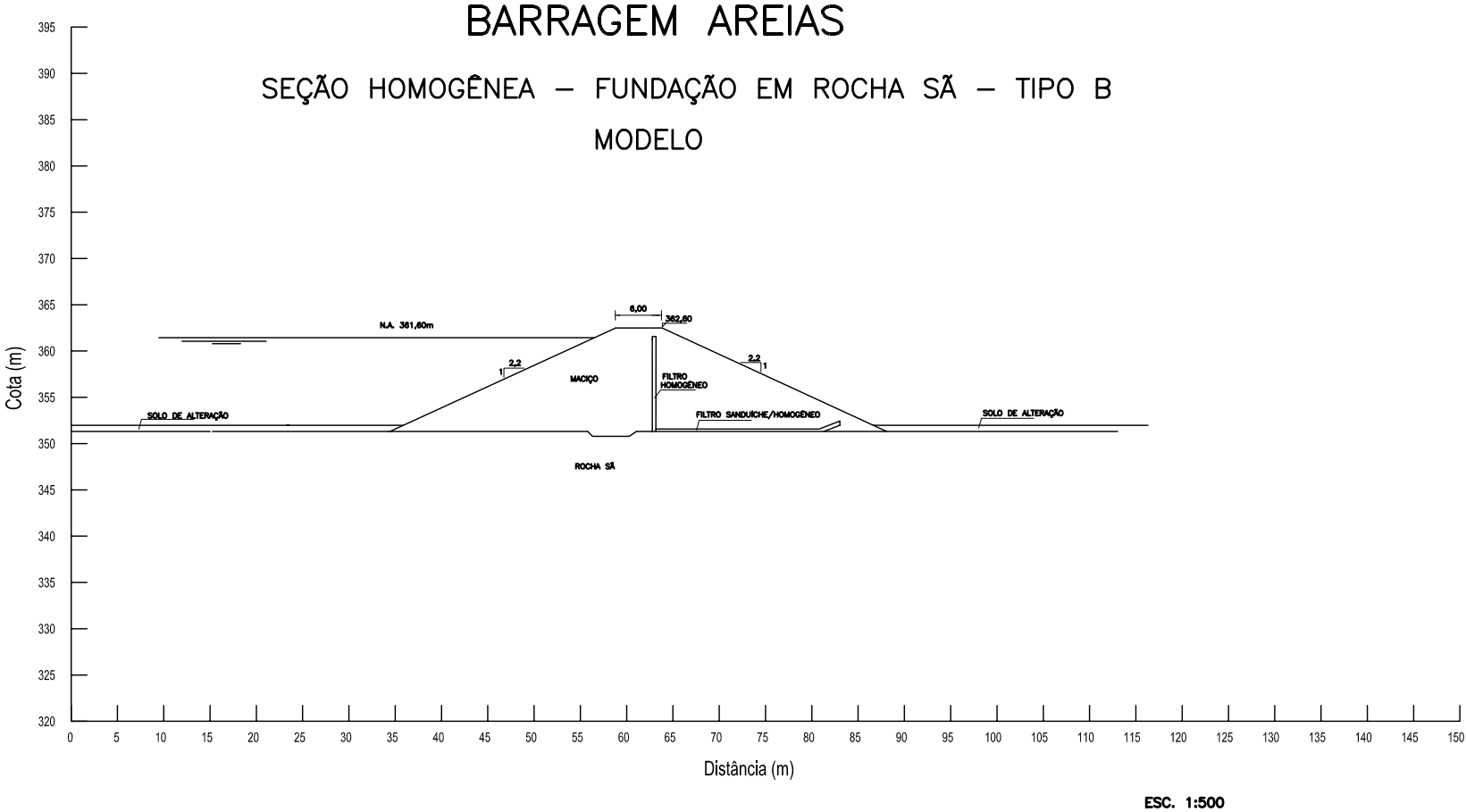
BARRAGEM BRAÚNAS
SEÇÃO ZONADA – TIPO D
DEFINIÇÃO DA MALHA DE ELEMENTOS FINITOS

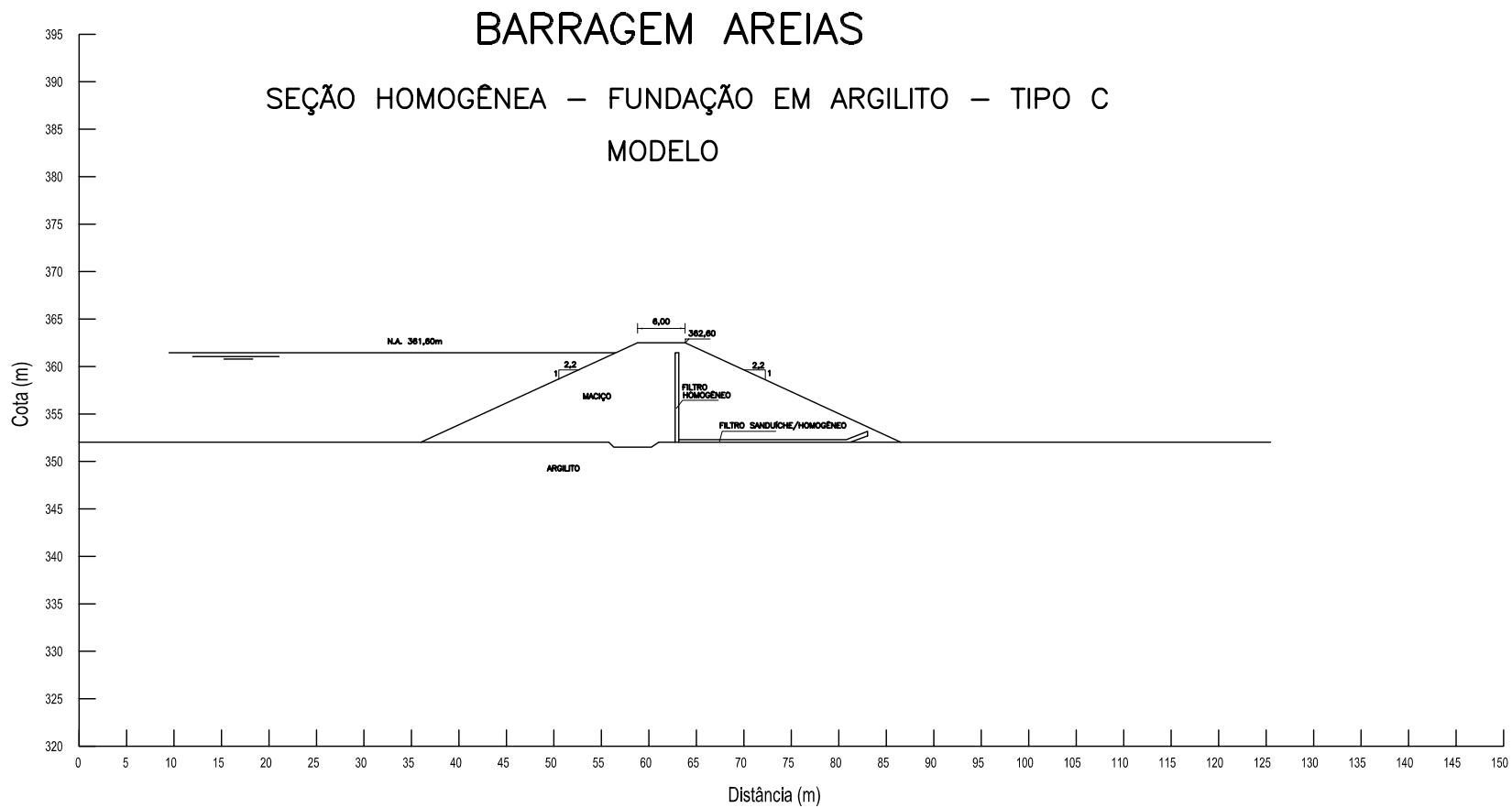


BARRAGEM BRAÚNAS
SEÇÃO HOMOGÊNEA – TIPO E
DEFINIÇÃO DA MALHA DE ELEMENTOS FINITOS



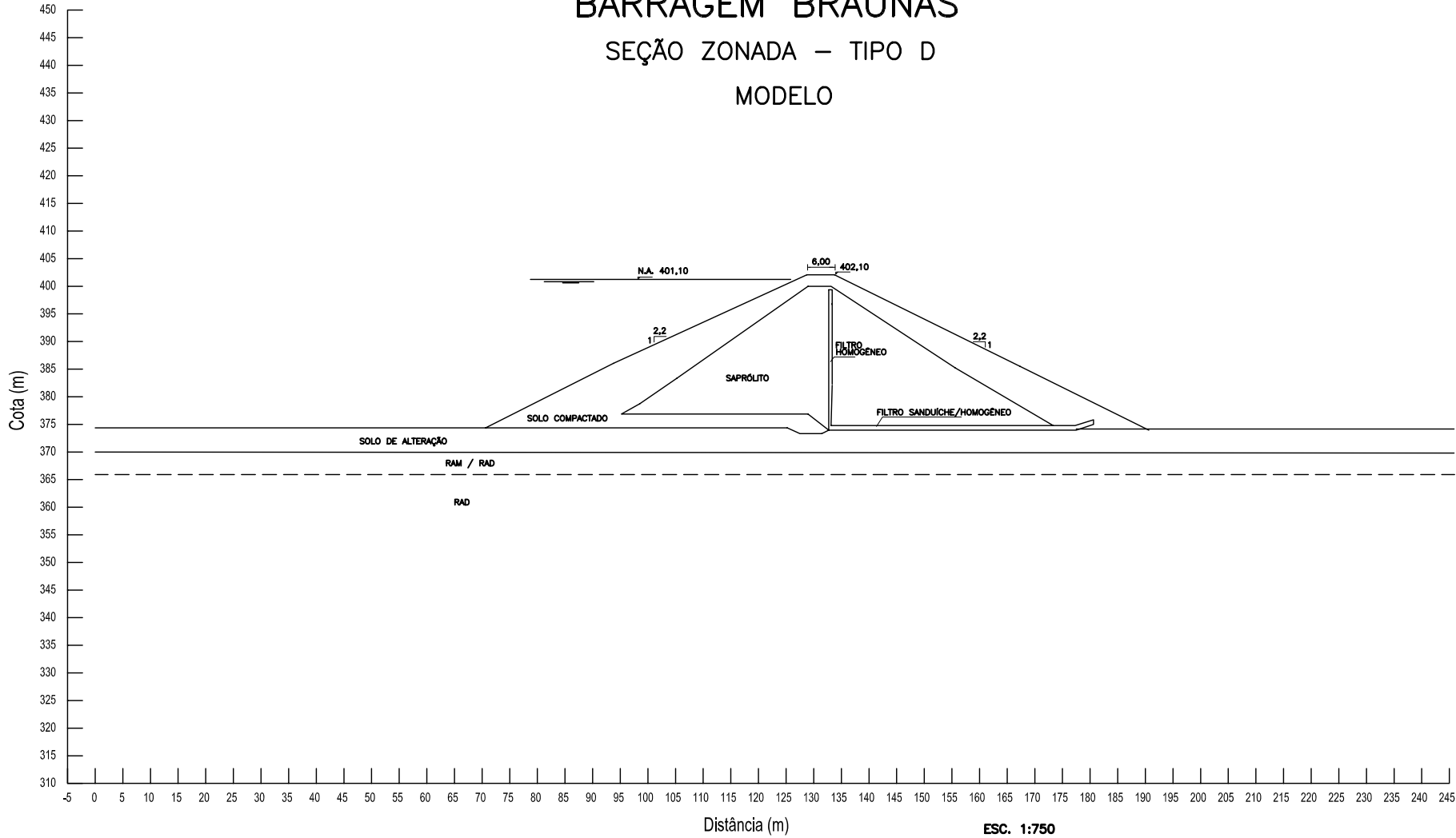




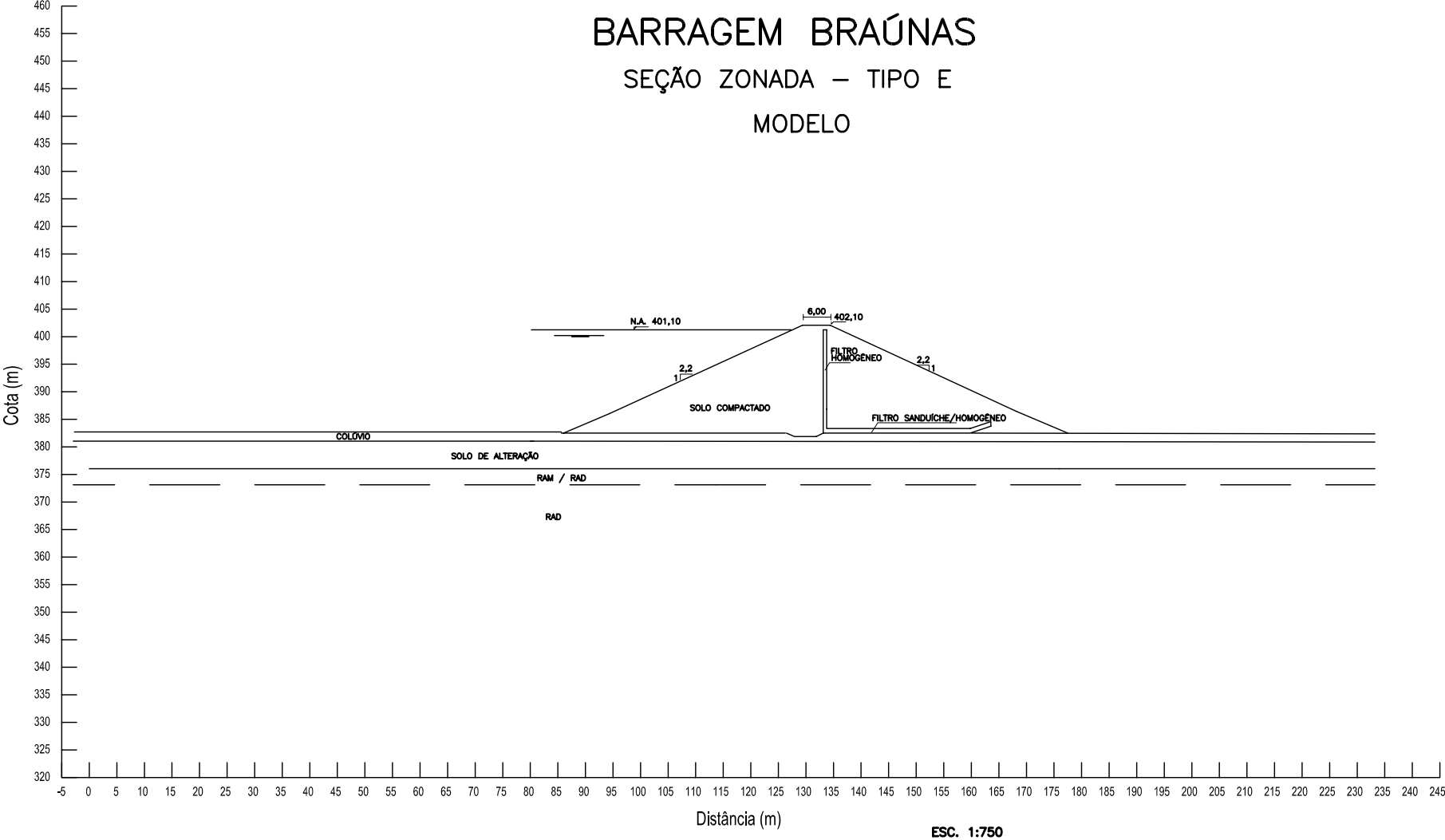


ESC. 1:500

BARRAGEM BRAÚNAS
SEÇÃO ZONADA – TIPO D
MODELO



BARRAGEM BRAÚNAS
SEÇÃO ZONADA – TIPO E
MODELO





Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

PARTE 2 MEMORIAIS DE CÁLCULO - HIDRÁULICA



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

MEMÓRIAS DE CÁLCULO - HIDRÁULICA

Estudos de Transientes Hidráulicos a superfície livre nos subtrechos entre Estações de Bombeamento.

1. SUBTRECHO ENTRE RESERVATÓRIO DE ITAPARICA E A EBV-1

1.1 Para NA Reservatório Itaparica = 299,0m (Ver figura 1)

a) Linha d'água em regime permanente: - Cálculo das NA's Normais:
(ver esquema anexo na figura 1)

Utilizou-se o modelo hidrodinâmico com o método de MacComack, fazendo a vazão $Q=28,0 \text{ m}^3/\text{s}$, constante no tempo e no espaço.

- Dados básicos:

- Condição de contorno de montante:

Reservatório de Itaparica com $NA=299,00 \text{ m}$ considerado constante

- Condição de contorno de jusante:

Estação de bombeamento com câmara de carga (seção trapezoidal com comprimento L):

$B=34,0\text{m}; (1 \text{ V}:1,5\text{H}); L=200,0\text{m}$

$Q_B= 28,0 \text{ m}^3/\text{s} = \text{CTE.}$

- Canal de aproximação à EBV-1:

(Seção trapezoidal)

$B=14,0\text{m}; (1\text{V}:2,0\text{H})$

Comprimento: 5665,0m

N de manning=0,030

$S=0,0001\text{m/m}$ (declividade)

Na tabela 1.1 apresenta-se o resultado da simulação com o modelo hidrodinâmico.

As colunas são:

SEC= Número das seções de cálculo.

L = distância acumulada em metros ao longo do canal, em relação à seção de entrada do reservatório de Itaparica.

CF = Cota de fundo do canal na seção transversal de cálculo

NA Normal = cota do nível d'água para o funcionamento do sistema em regime permanente: $Q=28,0 \text{ m}^3/\text{s}$ constante no tempo e no espaço.

b) Cálculo dos transientes em regime variável com Lei de Manobra Normal.

(Cálculo dos NA's Máx. Normais):



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

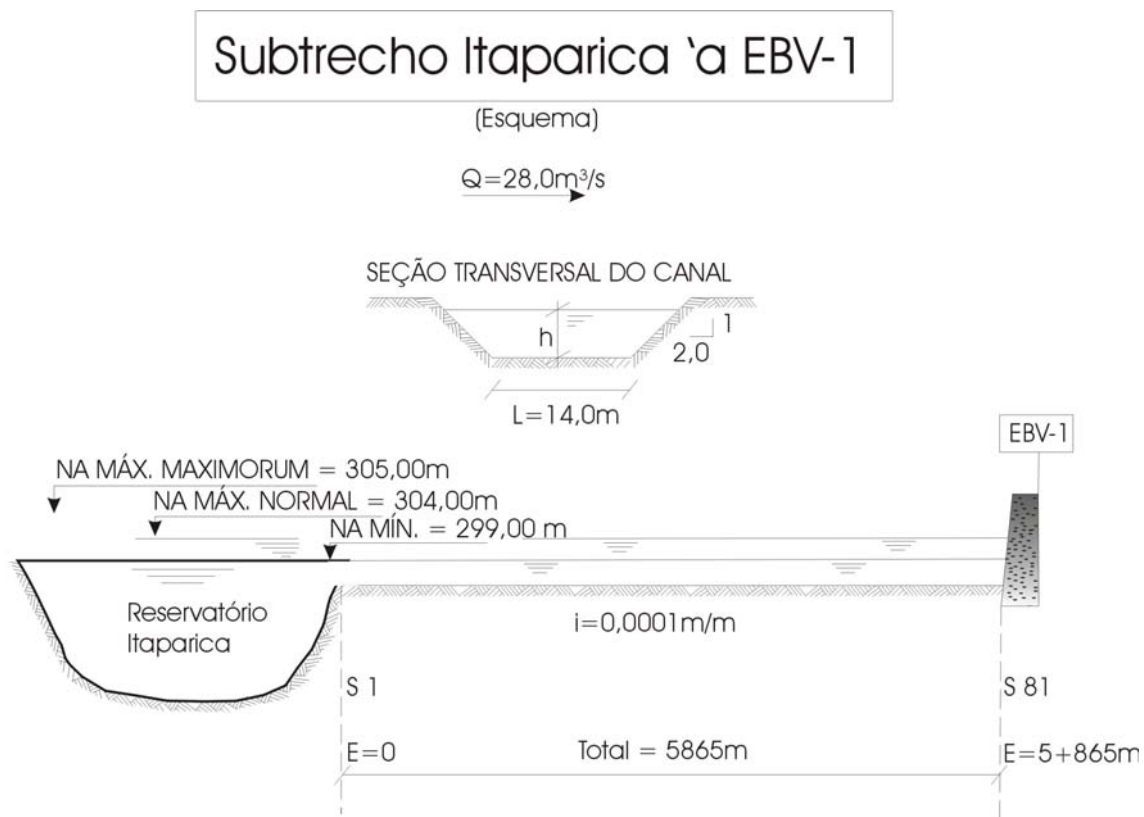


Figura 1

OBS: Si = Seções de Cálculo do Modelo Hidrodinâmico
E = Estaqueamento do canal



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

- Dados básicos

(iguais aos do item a) anterior)

Na tabela 1.1 anexa, apresenta-se na 5ª coluna os NA's Máx. Normais, ou seja as cotas da linha d'água envoltória dos níveis d'água máximos alcançados e armazenados pelo programa, para cada seção de cálculo.

- c) Níveis D'água Máx. Maximorum

Foi adotado em toda a extensão do canal e EB o valor do NA Máx. Maximorum do reservatório de Itaparica, ou seja, 305,00m (ver 6ª coluna da tabela 1.1)

1.2 Para NA no Reservatório de Itaparica = 304,00m:

- a) Linha D'água em Regime Permanente:

(Cálculo dos NA's Normais)

- Condição de contorno de montante:

Reservatório de Itaparica com NA=304,00m considerado constante

- Condição de contorno de jusante a mesma do item 1.1 anterior.

Depois de operado o programa, na tabela 1.2 apresenta-se na 4ª coluna os NA's Normais para este caso.

- b) Cálculo dos transientes em regime variável com a Lei de Manobra Normal:

Na tabela 1.2, na 5ª coluna apresenta-se os NA's Máx. Normais, da linha d'água envoltória dos níveis d'água máximos alcançados e armazenados pelo programa.

- c) Níveis Máx. Maximorum = 305,00m em toda extensão do canal e câmara de carga da EBV-1 (ver 6ª coluna da tabela 1.2)

1.3 Cota das margens:

Em toda a extensão do canal e câmara de carga da EBV-1 foi adotada a cota da crista das margens como sendo 307,00m.

2. SUBTRECHO ENTRE AS ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO EBV-1 A EBV-2

(Ver esquema da figura 2)

- a) Para cálculo da linha d'água em regime permanente, utilizou-se o modelo hidrodinâmico, fazendo-se o valor da vazão constante e igual a 28,0 m³/s.

- Dados Básicos:

- Condição de contorno de montante:

Estação de bombeamento EBV-1 com câmara de carga de seção transversal trapezoidal:

B=34,0m; (1 V:1,5H); L=200 m

- Condição de contorno de jusante:

Estação de bombeamento EBV – 2 com câmara de carga:

B=34,0 m; (1 V:1,5H); L=200 m

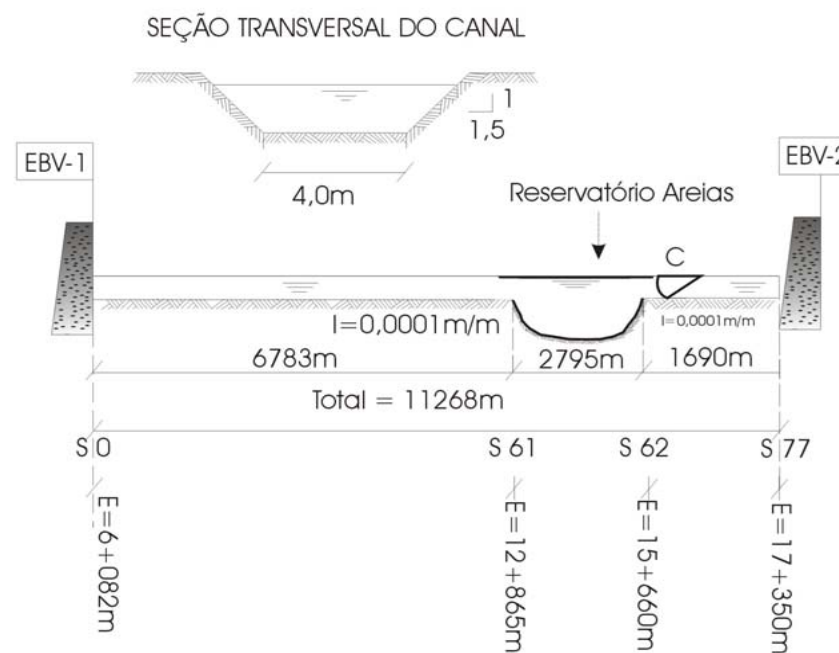


Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Subtrecho EBV-1 a EBV-2

(Esquema)

$$Q = 28,0 \text{ m}^3/\text{s}$$



OBS: Si = Seções de Cálculo do Modelo Hidrodinâmico
E = Estaqueamento do canal

Figura 2



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

- Condição de contorno intermediária:

Reservatório Areias com sua curva cota-volume apresentada na Tabela 2.1 anexa.

- Trecho de canal a montante do reservatório Areias, de seção trapezoidal:

B=4,0m; (1 V:1,5H)

L=(aprox.) = 6.538 m

n de Manning=0,015 (concreto)

S=0,0001 m/m (declividade)

- Trecho de canal a jusante do reservatório Areias, de seção trapezoidal:

B=4,0 m; (1V:1,5H)

L (aproxi.) = 1482 m

S=0,000 1 m/m

- As perdas de carga localizadas nas transições foram dadas pela expressão $DH = K \cdot \frac{V^2}{2g}$ sendo
V= velocidade no canal.

Sendo ainda:

K=0,5, para fluxo da câmara de carga para canal.

K=1,0, para fluxo do canal para câmara de carga.

K=0,5, para fluxo do reservatório para canal.

K=1,0, para fluxo do canal para reservatório.

- b) Cálculo da linha d'água dos NA's Máx. Normais:

Foi utilizado o mesmo modelo hidrodinâmico, utilizando desta vez a Lei de Manobra Normal para os grupos bombas das EB's EBV-1 e EBV-2.

Os dados básicos do sistema forma os mesmos do item a) anterior.

O programa computacional, de acordo com a Lei de Manobra Normal (ver apêndice 1) opera a simulação durante 1440 minutos (24,0 horas) com vazão constante $Q=28,0 \text{ m}^3/\text{s}$, para estabilização dos parâmetros hidráulicos.

Em continuidade, os grupos bombas das EB's (EBV-1 e EBV-2) iniciam simultaneamente a diminuição da vazão bombeada, linearmente com relação ao tempo, em 4 minutos. O programa capta e armazena, em cada seção de cálculo o NA Máx. alcançado devido aos transientes a superfície livre gerados por esta operação.

A linha obtida é a Linha D'água Envoltória dos NA's Máximos Normais. Esta é uma operação diária do sistema, e o tempo de simulação é de 24,0 horas.

- c) Cálculo da linha d'água dos NA's Máximos Maximorum:



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Tabela 2.1 – Curva Cota-Volume do Reservatório Areia

COTAS	VOLUME ACUMULADO (m³)
348,00	0,00
349,00	465,80
350,00	9.742,35
355,00	836.237,35
357,00	1.817.414,65
360,00	4.573.950,10

Desta vez o mesmo programa computacional é acionado para calcular a terceira linha de projeto do subtrecho: A linha d'água dos NA's Máximos Maximorum.

Os dados básicos e as condições de contorno são as mesmas dos itens anteriores.

Desta vez foi utilizado o hidrograma da enchente de tempo de retorno de 1000 anos, (TR1000), considerando-o afluente à bacia hidráulica do reservatório Areias.

Foi calculada a laminação desta enchente no reservatório, dotado de vertedouro de superfície, caso necessário.

Considerou-se que os trechos de canais conectados ao citado reservatório estejam com vazão máxima de 28,0 m³/s e NA's Máx. Normais em todas as seções, quando do advento da enchente (critério adotado).

- Resultados das Simulações:

A tabela 2.2 anexa, apresenta os resultados das simulações, onde as colunas são:

SEC = Seção transversal de cálculo do modelo hidrodinâmico

L(m) = distância em metros da seção de cálculo em relação ao extremo de montante do trecho.

CF(m) = cota de fundo do canal, em cada seção transversal.

NA Normal (m) = cota dos níveis d'água em cada seção de cálculo, com o modelo hidrodinâmico simulando o regime permanente, fazendo $Q=28,0$ m³/s constante no tempo e no espaço, (conforme descrito no item a).

NA Máx. Normal = cotas dos níveis d'água máximos ocorridos em cada seção de cálculo, captada e armazenadas pelo programa computacional, com operação diária com os grupos bombas obedecendo à Lei de Manobra Normal (descrito no item b) anterior.

NA. Máx. Maximorum = cotas dos níveis d'água máximos ocorridos em cada seção de cálculo, considerando o advento do hidrograma de enchente de TR1000 anos no reservatório de Areias (Ver item c) (anterior).

- Cota Margem:

Nesta 8ª coluna, estão calculadas as cotas das margens segundo o critério adotado, a saber:

Soma-se 0,5m aos valores da 4ª coluna (NA Normal). Soma-se 0,30m aos valores da 6ª coluna (NA Máx. Maximorum). O maior valor destas operações é adotado para a cota da margem.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Altura da mureta (7ª coluna):

Caso para a cota da margem tenha prevalecido o valor dado pela relação $[NA \text{ Normal} + 0,50\text{m}]$, não existe a necessidade de mureta (ver coluna 7 vazia).

Caso, a cota da margem seja o valor de $[NA \text{ Máx. Maximorum} + 0,3\text{m}]$, existe a necessidade de mureta calculada pela relação:

Altura da Mureta =

$[Cota \text{ margem (8ª coluna)}] - [NA \text{ Normal (4ª coluna)} + 0,5]$

- Laminação de enchente de TR 1000 anos no reservatório Areias:

Para a obtenção da 6ª coluna da tabela 2.2 (NA. Máx. Maximorum) foi efetuada a laminação do hidrograma de enchente de TR1000 anos afluente ao reservatório Areias, com os seguintes dados e resultados:

- Hidrograma de TR1000 anos ($Q \text{ Máx.} = 37,0 \text{ m}^3/\text{s}$)
- Curva cota x volume do reservatório (em anexo)
- NA inicial no reservatório quando do advento da enchente = NA Máx. Normal = 361,50m.
- Cota da crista do vertedouro (caso necessário):

$CC = NA \text{ inicial} + 0,50\text{m} = 361,50 + 0,50\text{m} = 362,00\text{m}$.

A laminação apresentou o seguinte resultado:

- NA Máx. Maximorum = 361,60m
- Lâmina d'água no reservatório, necessária para armazenar o volume total do hidrograma: 0,10m.

Como $0,10 < 0,50\text{m}$ concluiu-se pela não necessidade de vertedouro específico: Entretanto foi adotado no projeto da barragem um vertedouro de emergência para a vazão máxima dos canais e lâmina de 0,5m.

Cota da crista = 362,00m

$L = 45,0\text{m}$, comprimento da soleira

$C = 1,8$, coeficiente de vazão do vertedouro

$Q = C \cdot L \cdot DH^{1,5} = 1,8 \cdot 45,0 \cdot (0,5)^{1,5} = 28,0 \text{ m}^3/\text{s}$.

3. SUBTRECHO ENTRE AS ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO EBV-2 A EBV-3

(ver esquema da fig 3)

- Dados Básicos:

- Condição de contorno de montante:

EBV-2 com câmara de carga de dimensões:

Seção trapezoidal:

$B = 34,0\text{m}$; (1 V:1,5 H)

$L = 200\text{m}$ = comprimento

- Condição de contorno de jusante:

EBV-3 com câmara de carga de mesmas dimensões da EBV-2

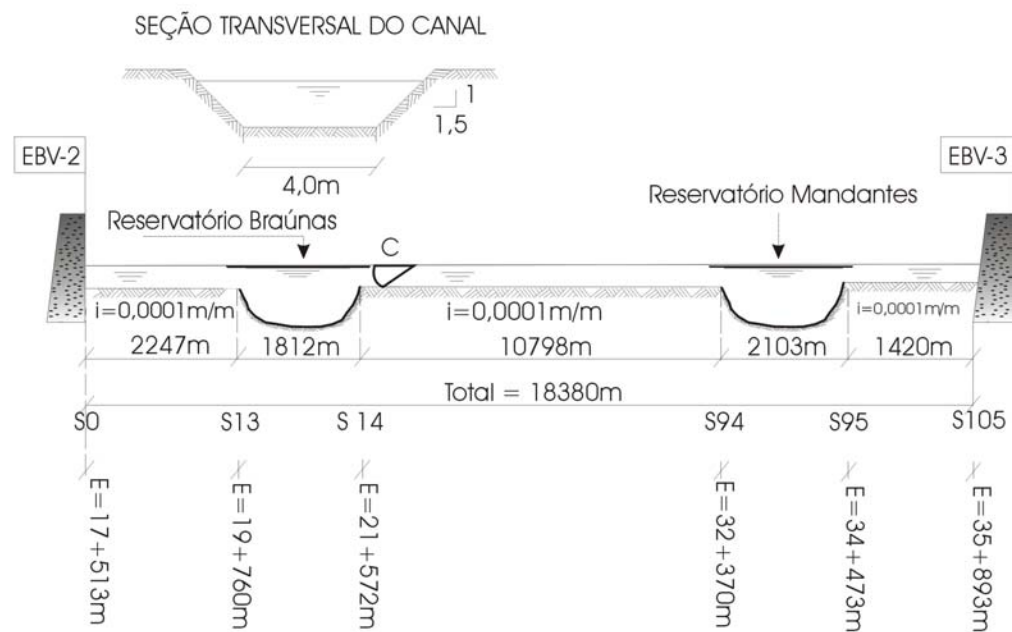


Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Subtrecho EBV-2 a EBV-3

(Esquema)

$$Q = 28,0 \text{ m}^3/\text{s}$$



OBS: Si = Seções de Cálculo do Modelo Hidrodinâmico
E = Estaqueamento do canal

Figura 3



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

- Condições de contorno intermediárias:

Reservatório Braúnas, com sua curva cota-volume (em anexo a tabela 3.1)

Reservatório Mandante com sua curva cota-volume (em anexo a tabela 3.2)

- Trecho de canal a montante do reservatório Braúnas:

L=1640m (comprimento)

Seção transversal (trapezoidal):

B=4,0m;(1V:1,5H)

S=0,0001 $\frac{m}{m}$ (declividade)

n= 0,015 (coeficiente de rugosidade de Manning)

(Coeficientes K de perdas de carga localizadas iguais ao citados no item 2).

- Trecho do canal a montante do reservatório Mandante:

L=10.787m (comprimento)

(Dados de seção, declividade e rugosidade semelhante ao do trecho anterior).

- Trecho do canal a montante da EBV-3:

L=1.211m (comprimento)

(dados iguais aos do trecho anterior).

- Resultados das simulações:

A tabela 3.3 anexa apresenta os resultados das simulações efetuadas com o sistema, para obtenção das cotas das 3 linhas d'água de projeto:

NA Normal: 4ª coluna

NA Máx. Normal: 5ª coluna

NA Máx. Maximorum: 6ª coluna

Foi utilizado o mesmo modelo hidrodinâmico e os mesmos procedimentos do item 2) anterior, para o cálculo dos 3 níveis.

A 8ª coluna (cota margem) foi obtida com o mesmo critério do item 2) anterior.

A 7ª coluna (altura mureta) também foi obtida do mesmo modo do item 2) anterior.

Laminação de enchentes nos reservatórios:



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Tabela 3.1 - Curva Cota Volume do Reservatório Braúnas

COTAS	VOLUME ACUMULADO (m ³)
369,00	0,00
370,00	1.402,95
375,00	185.384,95
380,00	774.140,70
385,00	1.992.694,70
390,00	4.276.297,20
395,00	8.086.542,70
400,00	13.182.748,45

Tabela 3.2 – Curva Cota – Volume do Reservatório Mandantes

COTAS	VOLUME ACUMULADO (m ³)
391,00	0,00
392,00	15.943,45
394,00	147.531,65
396,00	576.333,75
398,00	1.465.372,15
400,00	2.787.951,95

Para a obtenção da 6ª coluna da tabela 2 NA. (Máx. Maximorum), foi efetuado simultaneamente a laminação dos hidrogramas de enchentes de TR1000 anos afluentes aos reservatórios de Braúnas e Mandantes, com os seguintes dados:

a) Reservatório Braúnas:

- Hidrograma de TR 1000 anos ($Q_{Máx}=28,7\text{m}^3/\text{s}$)

- Curva cota-volume do reservatório (Tabela 3.1)

- NA inicial no reservatório quando do advento da enchente = NA Máx. Normal=400,95m

- Cota da crista do vertedouro (caso necessário)

$CC = NA_{inicial} + 0,5\text{m} = 400,95 + 0,5 = 401,45\text{m}$

A laminação apresentou o seguinte resultado:

- NA Máx. Maximorum = 401,02m



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

- Lâmina d'água no reservatório, necessária para armazenar o volume total do hidrograma: 0,07m

Como $0,07\text{m} < 0,5\text{m}$, não se necessita de vertedouro específico. Entretanto foi adotado no projeto da barragem um vertedouro de emergência para a vazão máxima dos canais:

Cota da crista = 401,45m

$L=45,0\text{m}$, comprimento da soleira

$C=1,8$

$Q=C \cdot L \cdot DH^{1,5}$

$Q=1,8 \cdot 45 \cdot 0,5^{1,5} = 28,0\text{ m}^3/\text{s}$

b) Reservatório Mandantes:

- Hidrograma de TR 1000 anos ($Q \text{ Máx.} = 60,4 \text{ m}^3/\text{s}$)
- Curva cota x volume do reservatório (em anexo)
- NA inicial no reservatório quando do advento da enchente = NA Máx.Normal=400,11m
- Cota da crista do vertedouro (caso necessário):

$CC=NA \text{ inicial} + 0,5\text{m} = 400,11 + 0,50 = 400,61\text{m}$

A laminação da enchente apresentou o seguinte resultado:

- NA. Máx. Maximorum = 400,56m
- Lâmina no reservatório para armazenar todo o volume do hidrograma afluente:

$DH=0,45\text{m} < 0,5\text{m}$ (não necessita de vertedouro). Entretanto adotou-se para o projeto um vertedouro de emergência para escoar a vazão máxima dos canais, com uma lâmina de 0,5m.

Cota da crista = 400,61m

$L= 45,0 \text{ m}$ comprimento da soleira

$Q= C \cdot L \cdot DH^{1,5}$

$Q= 1,8 \cdot 45 \cdot (0,5)^{1,5} = 28,0 \text{ m}^3/\text{s}$

4. SUBTRECHO ENTRE AS ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO EBV-3 À EBV-4

(Ver esquema da figura 4)

- Dados Básicos:

Condição de contorno de montante: EBV-3 com câmara de carga de dimensões:

$B= 34,0 \text{ m}$; (1,0V:1,5H)

(Seção trapezoidal)

$L= 200 \text{ m}$ (comprimento)

- Condição de contorno de Jusante:

EBV-4 com câmara de carga de mesmas dimensões da EBV-3

- Condições de contorno intermediárias:

Reservatório Salgueiro com sua curva cota – volume da tabela 4.1



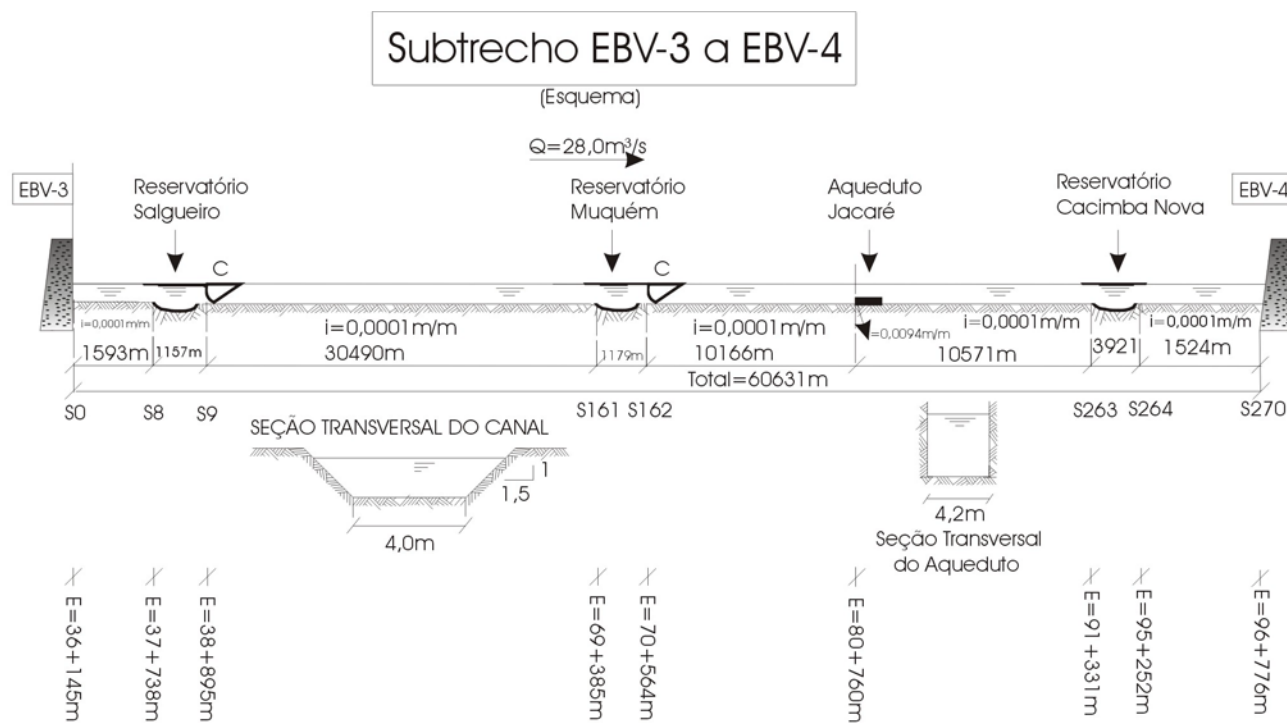
Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Reservatório Muquem com sua curva cota – volume da tabela 4.2

Reservatório Cacimba Nova com sua curva cota – volume tabela 4.3



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico



OBS: Si = Seções de Cálculo do Modelo Hidrodinâmico
E = Estaqueamento do canal

Figura 20



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

- Trecho do canal a montante do reservatório Salgueiro:

L= 1390 m (comprimento)

Seção transversal (trapezoidal):

B= 4,0 m;(1 V:1,5H)

S= 0,0001 m/m (declividade)

N= 0,015 (coeficiente de rugosidade de Manning, para revestimento em concreto).

Coeficiente K de pedras de carga localizadas iguais aos citados no item 2 .

- Trecho de canal a Montante de reservatório Muquem:

L= 30.370 m (comprimento)

(Dados de seção, declividade, rugosidade e de perdas de carga localizadas iguais ao do trecho anterior).

- Trecho de canal a Jusante do reservatório Muquem e a montante do aqueduto Jacaré

L= 10.190 m

(Dados de seção, declividade, rugosidade e de perdas de carga localizadas iguais ao trecho anterior)

Tabela 4.1 – Curva Cota-Volume do Reservatório Salgueiro

COTAS	VOLUME ACUMULADO (m ³)
442,00	000
444,00	15.786,30
446,00	76.573,80
448,00	216.838,30
450,00	484.046,60
452,00	926.082,50
454,00	1.631.449,10
457,00	3.287.734,55
459,00	4.867.063,65



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Tabela 4.2 – Curva Cota-Volume do Reservatório Muquem

COTAS	VOLUME ACUMULADO (m3)
448,00	0,00
449,00	15.000,00
450,00	91.807,50
451,00	265.450,00
452,00	536.350,00
453,00	890.165,00
454,00	1.334.355,00
455,00	1.913.540,00
456,00	2.638.285,00

Tabela 4.3 – Curva Cota-Volume do Reservatório Cacimba Nova

COTAS	VOLUME ACUMULADO (m3)
445,00	0,00
446,00	1.537,35
448,00	72.081,35
450,00	314.710,25
452,00	794.740,05
454,00	1.630.581,75
456,00	3.280.695,05

- Aqueduto Jacaré:

L= 115 m (comprimento) seção transversal (retangular):

B= 4,2 m

S= 0,0004 m/m (declividade).

N= 0,015 (coeficiente de rugosidade de Manning)

Cota de fundo rebaixada de 0,82 m em relação à cota do fundo do canal.

- Trecho de canal a Jusante do aqueduto Jacaré e a montante do reservatório de Cacimba Nova:

L= 9835 m (comprimento)

B= 4,0 m; (1,0V:1,5H)



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

$S = 0,0001$ m/m (declividade)

$N = 0,015$ (coeficiente de rugosidade de Manning)

- Trecho de canal a montante de EBV-4:

$L = 886$ m (comprimento)

Dados de seção, declividade, rugosidade, iguais ao do trecho anterior.

Coeficiente K de perdas de carga localizadas iguais ao do item 2 anterior.

- Resultados das Simulações:

A tabela 4.4 anexa, apresenta os resultados das simulações efetuadas com o sistema, para a obtenção das cotas das 3 linhas d'água de projeto:

NA Normal: 4º coluna

NA Max. Normal: 5º coluna

NA Max. Maximorum: 6º coluna

Foi utilizado o mesmo modelo hidrodinâmico e os mesmos procedimentos do item 2 anterior, para o cálculo dos 3 níveis.

A 8º coluna (cota margem) foi obtida com o mesmo critério do item 2 anterior.

A 7º coluna (Altura Mureta) também foi obtida do mesmo modo do item 2.

- Laminação de enchentes nos reservatórios:

Para a obtenção da 6º coluna da Tabela 4 (anexa) (NA Max. Maximorum), foi efetuado simultaneamente a laminação das hidrogramas de enchentes de TR 1000 anos, afluentes aos reservatórios de Salgueiro, Muquem e Cacimba Nova com os seguintes dados:

- a) Reservatório Salgueiro:

- Hidrograma afluente de TR 1000 anos:

- $Q_{Max.} = 35,4$ m/s.

- Curva cota volume do reservatório (em anexo na Tabela 4.1)

- NA Inicial no reservatório quando do advento da enchente = NA Max. Normal = 459,43 m

- Cota da crista do vertedouro (caso necessário):

$$CC = NA_{Inicial} + 0,5 \text{ m} = 459,43 \text{ m} + 0,5 \text{ m} = 459,93 \text{ m}$$

A laminação apresentou o seguinte resultado:

$$NA_{Max. Maximorum} = 459,60 \text{ m}$$

Lamina d'água no reservatório, necessário para armazenar o volume total do hidrograma: 0,17 m

Como $0,17 \text{ m} < 0,5 \text{ m}$, não se necessita de vertedouro específico. Entretanto foi adotado no projeto da barragem um vertedouro de emergência para a vazão máxima dos canais:

$$Cota da Crista = 459,93 \text{ m}$$

$$L = 45,0 \text{ m (comprimento da soleira)}$$

$$C = 1,8 \text{ (coeficiente de vazão)}$$

$$Q = C L D H = 1,8 \times 45,0 \times (1,5) = 28,0 \text{ m}^3/\text{s}$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

b) Reservatório Muquém:

- Hidrograma afluente de TR 1000 anos:

$$Q_{MAX} = 132,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Curva cota - volume do reservatório (em anexo na Tabela 4.2)
- NA Inicial no reservatório quando do advento da enchente = NA Max. Normal = 456,41 m
- Cota da crista do vertedouro (caso necessário):

$$CC = NA \text{ Inicial} + 0,5 \text{ m} = 456,41 + 0,5 = 456,91 \text{ m}$$

A laminação da enchente apresentou o seguinte resultado:

- NA Max. Maximorum = 457,21 m
- Adotado o vertedouro de comprimento da soleira:

$$L = 300 \text{ m}$$

- Vazão afluente máxima.:

$$Q_{\text{efl. Máx.}} = 86,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

c) Reservatório Cacimba Nova:

- Hidrograma afluente de TR 1000 anos

$$Q_{\text{Max.}} = 147,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Curva cota - volume do reservatório (em anexo)
- NA Inicial no reservatório = 454,71 m
- Cota da Crista do vertedouro = 454,71 + 0,5 = 455,21 m

A laminação da enchente apresentou o seguinte resultado:

- NA Max. Maximorum = 455,47 m
- Adotado o vertedouro de comprimento de soleira:

$$L = 200 \text{ m}$$

- Vazão afluente máxima.

$$Q_{\text{efluente máxima}} = 48,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

5. SUBTRECHO ENTRE AS ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO EBV-4 À EBV-5

(Ver esquema da figura 5)

- Dados básicos:

- Condição de contorno de montante: EBV-4 com câmara de carga de dimensões:

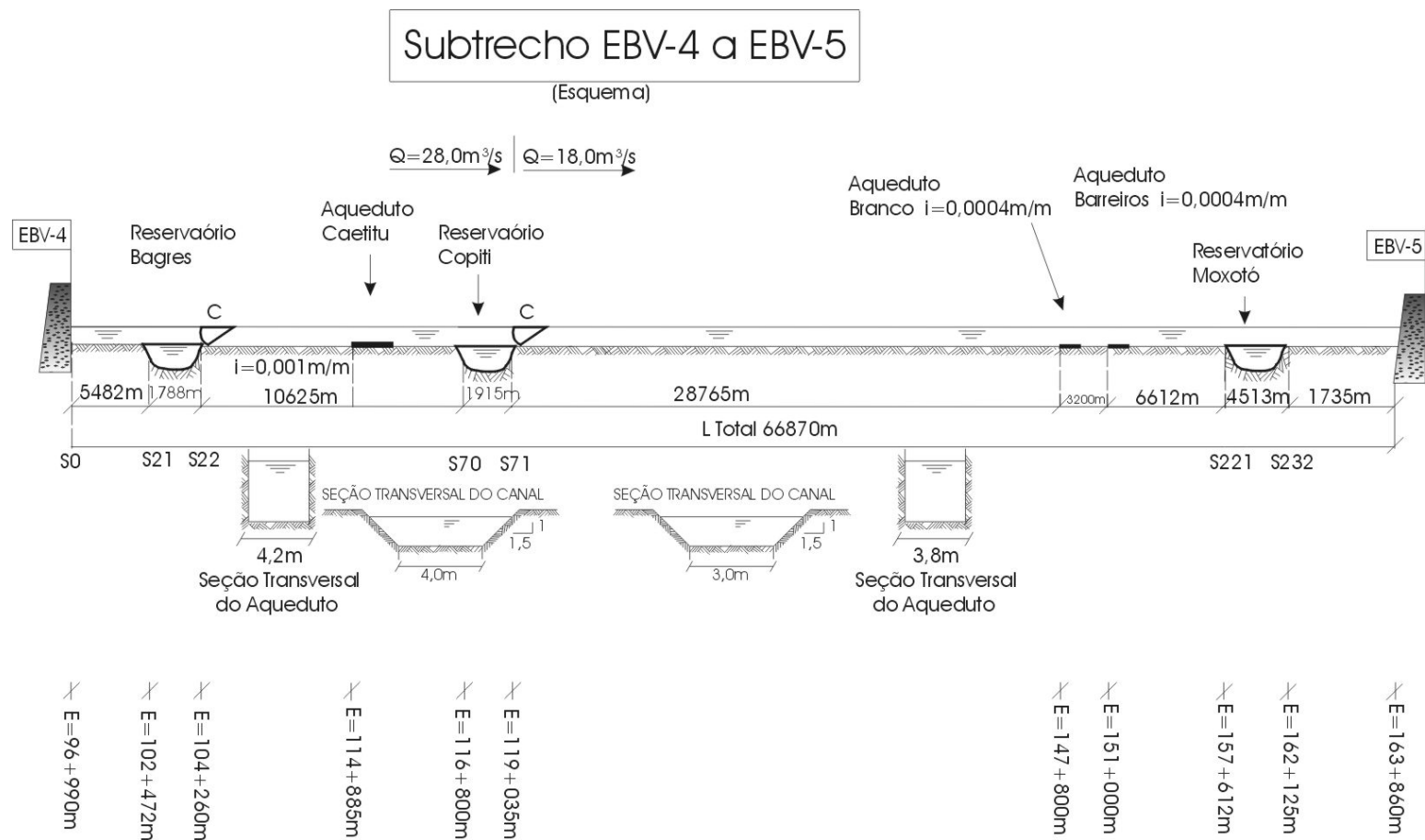
$$B=34,0\text{m} \text{ (1 V:1,5H)}$$

(Seção trapezoidal)

$$L=200 \text{ m (comprimento)}$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico



OBS: Si = Seções de Cálculo do Modelo Hidrodinâmico
E= Estaqueamento do canal

FIGURA 5



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

- Condição de contorno de jusante: EBV-5 com dimensões, para $Q=18,0\text{ m}^3/\text{s}$.
 $B=28,0\text{ m}$; $M=1,5$
 $L=150\text{ m}$
- Condições de contorno intermediárias: Reservatórios Bagres, Copiti e Moxotó com suas respectivas curvas cota-volume, nas tabelas 5.1, 5.2, 5.3 anexas.
- Trecho de canal a montante do reservatório Bagres:
 $L=5329\text{ m}$ =comprimento
 $B=4,0\text{ m}$; $(1,0 : 1,5H)$
(Seção trapezoidal para $Q=28,0\text{ m}^3/\text{s}$)
 $S=0,0001\text{ m/m}$ = declividade
 $n=0,015$ = coeficiente de rugosidade de Manning (para revestimento em concreto)
- Trecho de canal a montante do aqueduto Caetitu:
 $B=4,0\text{ m}$; $(1\text{ V}:1,5H)$ (Seção trapezoidal para $Q=28,0\text{ m}^3/\text{s}$)
 $L=10614\text{ m}$;
 $S=0,0001\text{ m/m}$ (declividade);
 $n=0,015$
- Aqueduto Caetitu:
Seção retangular para $Q=28,0\text{ m}^3/\text{s}$.
 $B=4,2\text{ m}$.
 $S=0,0004\text{ m/m}$
 $n=0,015$
 $L=110\text{ m}$
Fundo do aqueduto rebaixado $0,82\text{ m}$ em relação ao fundo do canal.
- Trecho do canal a montante do reservatório Copiti:
Seção trapezoidal para $Q=28,0\text{ m}^3/\text{s}$
 $B=4,0\text{ m}$; $(1\text{ V}:1,5H)$
 $L=1740\text{ m}$
 $S=0,0001\text{ m/m}$
 $n=0,015$



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Tabela 5.1 – Curva Cota-Volume do reservatório Bagres

COTAS	VOLUME ACUMULADO (m³)
501,00	0,00
502,00	10.244,00
503,00	50.589,00
504,00	131.731,50
505,00	263.945,70
506,00	482.291,60
507,00	875.493,30
508,00	1.467.942,45
509,00	2.217.322,40
510,00	3.157.012,20

Tabela 5.2 – Curva Cota-Volume do Reservatório Copiti

COTAS	VOLUME ACUMULADO (m³)
497,00	0,00
498,00	1.386,75
500,00	72.296,85
502,00	306.698,35
504,00	774.215,05
506,00	1.583.451,25
508,00	2.838.816,45

Tabela 5.3 - Curva Cota-Volume do Reservatório Moxotó

COTAS	VOLUME ACUMULADO (m³)
503,00	708.991,50
504,00	1.138.121,50
505,00	1.790.665,50
506,00	2.679.075,50
507,00	3.797.189,50



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

- Trecho do canal a montante do aqueduto Branco:

Vazão desviada do reservatório Copiti = $10,0 \text{ m}^3/\text{s}$.

Seção trapezoidal para $Q=18,0 \text{ m}^3/\text{s}$.

$B=3,0$; (1 V:1,5H)

$L=28710\text{m}$

$S=0,0001 \text{ m/m}$

$n=,015$

- Aqueduto Branco:

Seção retangular para $Q=18,0 \text{ m}^3/\text{s}$

$B=3,8\text{m}$

$L=140\text{m}$

Fundo do aqueduto rebaixado $0,37 \text{ m}$ em relação ao fundo do canal.

$S=0,0004 \text{ m/m}$

$N=0,015$

- Trecho do canal a montante do aqueduto Barreiros:

Seção trapezoidal para $Q=18,0 \text{ m}^3/\text{s}$

$B=3,0 \text{ m}$; (1 V:1,5H)

$L=3100 \text{ m}$

$S=0,0001 \text{ m/m}$

$n=0,015$

- Aqueduto Barreiros:

Seção retangular para $Q=18,0 \text{ m}^3/\text{s}$

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

$L=210\text{m}$

Fundo do aqueduto rebaixado $0,37 \text{ m}$ em relação ao fundo do canal.

$S=0,0004 \text{ m/m}$

$n=0,015$

- Trecho de canal a montante do reservatório Moxotó:

Seção trapezoidal para $Q=18,0 \text{ m}^3/\text{s}$;

$B=3,0$; (1 V:1,5H)

$L=6365\text{m}$

$S=0,0001 \text{ m/m}$

$n=0,015$



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

- Trecho do canal a montante da câmara de carga da EBV-5

Seção trapezoidal para $Q=18,0 \text{ m}^3/\text{s}$

$B=3,0$; (1 V:1,5H)

$L=2365\text{m}$

$S=0,0001 \text{ m/m}$

$n=0,015$

- Resultados:

Procedeu-se com as simulações idênticas às dos subtrechos anteriores. Na tabela 5.4 - anexa apresenta-se os resultados, com o cálculo das 3 linhas d'água de projeto (NA Normal, NA Máx. normal e NA Máx. maximorum).

6. SUBTRECHO ENTRE AS ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO EBV-5 A EBV-6

(Ver esquema da figura 6)

- Dados básicos:

- Condição de contorno de montante: EBV-5 com câmara de carga de dimensões, para $Q=18,0 \text{ m}^3/\text{s}$

$B=28,0$; (1 V:1,5H)

$L=150\text{m}$

- Condição de contorno intermediária:

Reservatório Barreiros, com sua curva cota-volume (anexa na Tabela 6.1).

Tabela 6.1- Curva Cota-Volume do Reservatório Barreiro

COTAS	VOLUME ACUMULADO (m3)
538,00	153.653,00
540,00	532.413,00
543,00	1.522.917,00
546,00	3.053.085,00

- Condição de contorno de jusante:

EBV-6 com câmara de carga de dimensões, para $Q=18,0 \text{ m}^3/\text{s}$

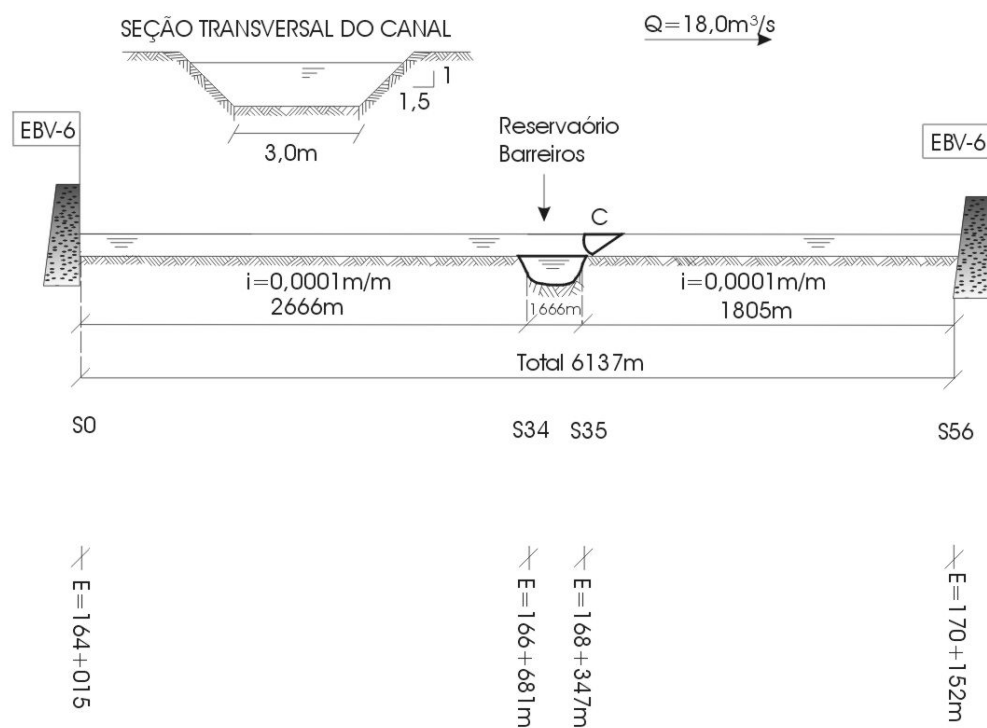
(as mesmas da EBV-5)



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Subtrecho EBV-5 a EBV-6

(Esquema)



OBS: Si = Seções de Cálculo do Modelo Hidrodinâmico
E= Estaqueamento do canal

FIGURA 6



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

- Trecho de canal a montante do reservatório Barreiros.

Seção trapezoidal para $Q = 18,0 \text{ m}^3/\text{s}$

$B = 3,0 \text{ m}$; (1V:1,5H)

$L = 2878 \text{ m}$

$S = 0,0001 \text{ m/m}$

$N = 0,015$

- Trecho de canal a montante da EBV-5 seção trapezoidal para $Q = 18,0 \text{ m}^3/\text{s}$

$B = 3,0 \text{ m}$; (1 V:1,5H)

$L = 1744 \text{ m}$

$S = 0,0001 \text{ m/m}$

$n = 0,015$

- Resultados:

Procedeu-se com as simulações idênticas às dos subtrechos anteriores.

Na tabela 6.2 anexa apresenta-se os resultados das simulações, com as 3 linhas d'água de projeto (NA Normal, NA Máx. normal e NA Máx. Maximorum).

7. SUBTRECHO DA ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO EBV-6 ATÉ A TOMADA D'ÁGUA PARA O AÇUDE POÇÕES

- Dados Básicos:

- Condição de contorno de montante:

EBV-6 com, câmara de carga de dimensões para $Q = 18,0 \text{ m}^3/\text{s}$:

$B = 28,0 \text{ m}$; (1 V:1,5H)

$L = 150,0 \text{ m}$

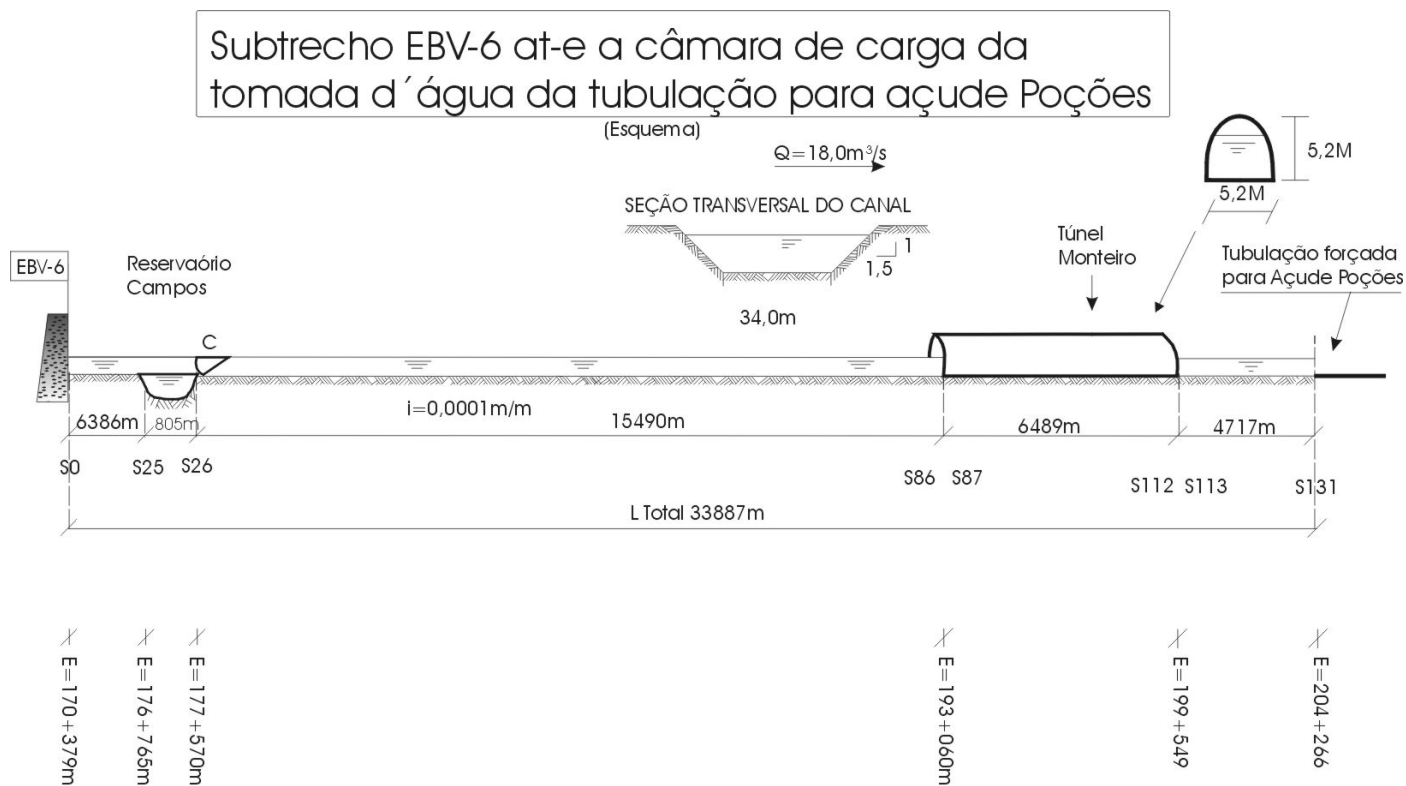
- Condição de contorno de jusante:

Tomada d'água da tubulação forçada para o açude Poções:

Modelada matematicamente pela curva chave do extremo de jusante do canal. (seção trapezoidal $B = 3,0 \text{ m}$; (1 V:1,5H)).



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico



OBS: Si = Seções de Cálculo do Modelo Hidrodinâmico
E = Estaqueamento do canal

Figura 7



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Y (m)	Q (m ³ /s)
0,0	0,0
0,9	2,0
1,5	5,0
2,1	10,0
2,8	18,0
3,5	28,0
3,8	35,0

- Condição de contorno intermediário: Reservatório Campos com sua curva cota-volume (da tabela 7.1)
- Condição de contorno intermediária: Túnel funcionando a superfície livre (ver esquema na figura 7):

B=5,0m; H=5,2m

L=6488 m (comprimento)

Fundo do túnel rebaixado de 1,1m em relação ao fundo do canal.

S=0,0004 m/m (declividade).

n=0,028 = coeficiente de rugosidade equivalente para toda a seção transversal.

- Resultados:

A tabela 7.2 anexa apresenta os resultados das simulações com a lei de Manobra Normal, que forneceram as 3 linhas d'água de projeto (NA Normal, NA Máx. Normal, NA Máx. Maximorum).

Foi também simulado a operação dos grupos bombas com a lei de Manobra Excepcional. Obteve-se as condições de diminuição da altura d'água no canal(próximo do secamento total) e diminuição da vazão na seção extrema de jusante.

Tabela 7.1- Curva Cota-Volume do Reservatório Campos

COTAS	VOLUME ACUMULADO (m ³)
581,00	984,20
585,00	131.000,60
590,00	826.770,98
595,00	2.250.660,35
600,00	4.828.916,10



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

8. LEIS DE MANOBRA DOS GRUPOS MOTO BOMBAS

O programa computacional que simula os transientes hidráulicos a superfície livre, ou modelo hidrodinâmico, utiliza 2 leis básicas para manobra dos grupos moto bombas.

a) A lei de Manobra Normal dos grupos bombas procede do seguinte modo (ver figura 8).

Durante 24 horas (1440 minutos) o programa simula a condição do funcionamento em regime permanente, ou seja, $Q=28,0$ ou $18,0 \text{ m}^3/\text{s}$ constante, para estabilizar os valores dos parâmetros hidráulicos (alturas d'água, velocidades de fluxo, etc)

Quando o tempo da simulação ultrapassa os 1440 minutos, o valor da vazão decresce linearmente, segundo a equação:

$$QB = \left(\frac{Q_{MAX}}{4,0} \right) (1444 - T)$$

Sendo:

QB = em m^3/s , valor da vazão que decresce linearmente de $28,0$ a $0,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ou $18,0$ a $0,0 \text{ m}^3/\text{s}$ em 4 minutos.

T = tempo da simulação em minutos

Q_{MAX} = Vazão máxima de bombeamento, $28,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ou $18,0 \text{ m}^3/\text{s}$.

Quando o tempo ultrapassa o valor de 1444 minutos, o valor da vazão dos grupos é:

$QB=0,0 \text{ m}^3/\text{s}$ = constante.

O programa mantém este valor para simular a parada do bombeamento de 3,0 horas, quando o custo da energia elétrica é mais elevado.

Ao final da 3,0 horas de vazão nula, ou seja:

$T > 1624$ minutos

o religamento dos grupos bombas, acarreta um aumento linear de vazão, dado pela equação:

$$QB = \left(\frac{Q_{MAX}}{4} \right) (T - 1624)$$

Depois de 4 minutos de aumento linear de vazão, ao alcançar o valor máximo os grupos moto bombas mantêm constante o mesmo, por tempo indefinido.

No item 8.1 a seguir apresenta-se o resumo das equações utilizadas na subrotina do programa computacional, para esta lei de Manobra Normal.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

b) A lei de Manobra Excepcional dos grupos bombas procede do seguinte modo (ver figura 9):

Durante 24 horas (1440 minutos) o programa mantém a vazão constante de 28,0 ou 18,0 m³/s, para simular a condição de regime permanente e estabilizar os parâmetros hidráulicos do sistema.

Quando o tempo da simulação ultrapassa 1440 minutos, o valor da vazão decresce linearmente de 28,0 a 0,0 m³/s ou 18,0 a 0,0 m³/s, em 1,0 minuto apenas, segundo a equação:

$$QB = \left(\frac{QMAX}{1,0} \right) \cdot (1441 - T2)$$

Sendo:

QMAX = Vazão Máxima bombeada (28,0 ou 18,0 m³/s)

QB = a vazão em m³/s e T em minutos,

Quando o tempo ultrapassa 1441 minutos, a vazão dos grupos bombas se mantém constante e igual a 0,0 m³/s (nula) por tempo indeterminado

No item 8.2 a seguir, resume-se o algoritmo da subrotina que simula a lei de Manobra Excepcional dos grupos bombas.

8.1 Lei de Manobra normal com tempo prévio de estabilização de T=24,0 horas.

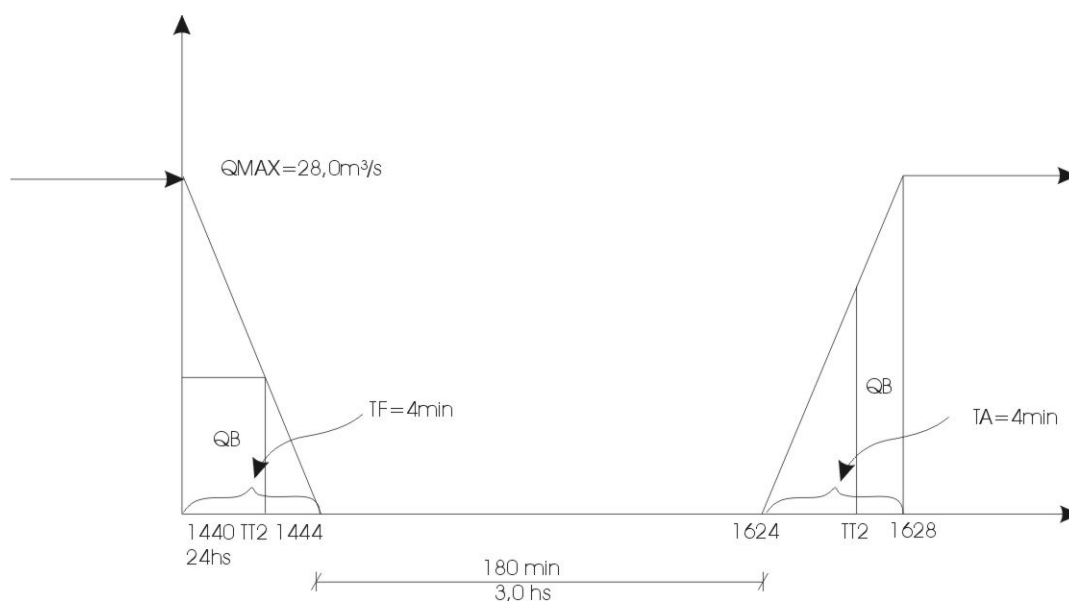


Figura 8 – Lei de Manobra Normal dos Grupos Bombas



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

1) Para $T < 1440$ minutos

$$Q_B = Q_{MAX} = 28,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

2) Para $T \geq 1440$ minutos.

$$\frac{Q_{MAX}}{T/4} = \frac{(Q_B)}{(1444 - T)}$$

$$Q_B = \frac{Q_{MAX}}{4} (1444 - T)$$

3) Para $T > 1444$ minutos

$$Q_B = 0,00$$

4) Para $T > 1624$ minutos

$$\frac{Q_{MAX}}{4} = \frac{Q_B}{(T - 1624)}$$

$$Q_B = \frac{Q_{MAX}}{4} \cdot (T - 1624)$$

5) Para $T > 1628$ minutos

$$Q_B = 28,0 \text{ m}^3/\text{s}$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

8.2 Lei de Manobra Excepcional

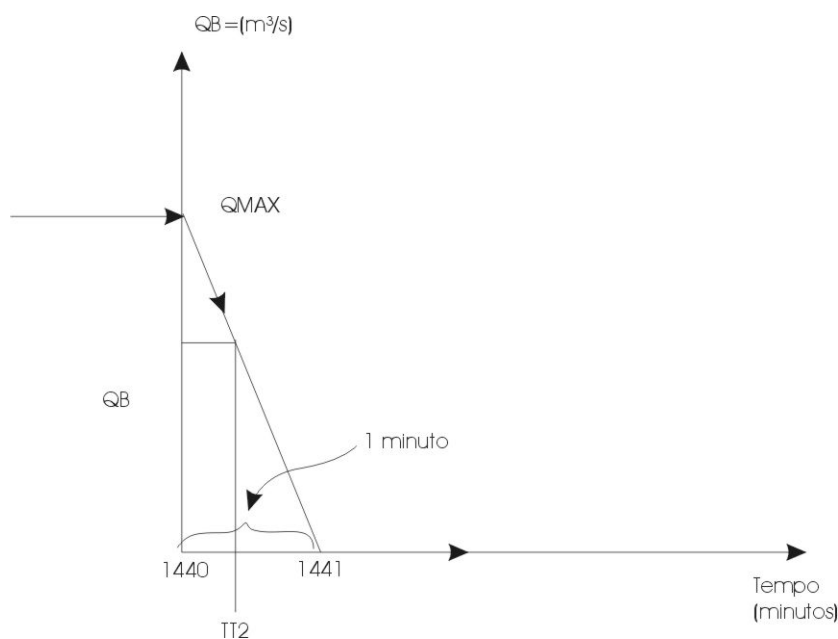


Figura 9 Lei de Manobra Excepcional dos Grupos Bombas

1) Para $T < 1440$ minutos

$$QB = QMAX = 28,0 \text{ ou } 18,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

2) Para $T \geq 1440$ minutos:

$$\frac{QMAX}{1,0} = \frac{QB}{(1441 - T)}$$

$$QB = \left(\frac{QMAX}{1,0} \right) \cdot (1441 - T)$$

3) Para $T > 1441$ minutos

$$QB = 0,0 \text{ m}^3/\text{s}$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

9. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS SIFÕES DESCARREGADORES DAS ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO

(Ver esquema anexo na figura 1)

- Calcula-se o golpe de aríete para as vazões de $14,0\text{ m}^3/\text{s}$ ou $9,0\text{ m}^3/\text{s}$ passando por uma tubulação forçada, tendo a jusante o NA mínimo (situação mais desfavorável para obtenção da linha piezométrica mínima).
- Traça-se a linha piezométrica mínima para $t=30\text{ seg}$, ou seja, simulando o golpe de aríete para o tempo de parada dos grupos bomba em 30 seg.
- O ponto mais alto do teto do sifão deve estar no máximo a 5,0m acima da linha piezométrica mínima. Admite-se, portanto o não funcionamento das válvulas de ar acima do sifão; caso isto ocorra, não haverá formação de vapor d'água neste ponto do teto, pois a pressão relativa neste ponto não estará abaixo de $-5,0\text{ m.c.a.}$
- A outra condição a ser observada simultaneamente é que o fundo do sifão na sua cota mais alta deve estar 0,60m mais alto que o NA Normal de jusante, para evitar retorno da água da câmara de carga.
- Obs) Por vezes, para poder obedecer estas 2 condições ao mesmo tempo é necessário um "achatamento" da seção mais alta do sifão.
- O ângulo de abertura do canal a jusante da seção mais alta do sifão deve ser de aproximadamente 7° .
- A seção de saída do sifão deve acarretar velocidade do fluxo menor que $1,5\text{ m/s}$, para evitar o excesso de turbilhonamento na câmara de carga receptora.

10. PROJETO DO SIFÃO PARA A ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO DE $Q\text{ MÁX.} = 28,0\text{ M}^3/\text{s}$.

(Ver esquema anexo da figura 1)

- Para a EBV-4:

NA mínimo = 508,22m

NA normal = 509,83m

Calculando o golpe de aríete para $Q=14,0\text{ m}^3/\text{s}$ escoando por uma tubulação de $D=2,29\text{m}$, e admitindo um tempo de 30 seg. para a parada dos grupos bombas. (Adotando-se 30 seg. para variação linear da rotação dos grupos bombas da rotação nominal até zero).

Resultado da simulação:

L (m)	H mín. (m)	DP (m)
196,0	55,6	0,0
190,5	55,1	-0,5
185,1	54,5	-1,10
179,6	54,1	-1,50
174,2	53,5	-2,10

Sendo:



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

L=distância tomada na horizontal das seções de cálculo da tubulação forçada em relação ao eixo do grupo moto-bomba.

H min. Cota da linha piezométrica mínima em cada seção de cálculo. Considera-se a cota do nível d'água no poço de sucção como da cota zero (NA sucção = 0,0m)

Cota do fundo do sifão = NA Normal +0,6m = 509,83m +0,6m = 510,43m

Cota do teto do sifão ~ 512,23m

Este valor foi obtido escalarmente no esquema e se encontra aproximadamente a 5,0m acima da cota da linha piezométrica, na vertical que passa pelo teto e fundo do sifão.

E para a altura da seção transversal do sifão no seu ponto mais alto, tem-se:

$Y=512,23-510,43=1,8\text{m}$

Como o diâmetro da tubulação forçada antes do sifão é $D=2,29\text{m}$, torna-se necessário além de uma transição para seção retangular, um “achatamento” na altura da seção de 2,29m para 1,8m, calculado acima (ver figura 1).

11. PROJETO DE SIFÃO PARA A ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO DE Q MÁX = 18,0 M³/s

(Ver esquema anexo da figura 2)

Para a EBV-5:

NA Normal = 541,00m

NA mín. = 539,61m

Calculando o golpe de aríete para $Q=9,0\text{ m}^3/\text{s}$ escoando por uma tubulação de $D=1,8\text{m}$, admitindo um tempo de 30 seg. para a parada total dos grupos bombas, tem-se:

L (m)	H min. (m)	DP (m)
131	37,2	0,0
127,3	37,0	0,2
123,7	36,7	0,5
120,0	36,5	0,7
116,4	36,3	0,9
112,8	36,0	1,1
109,2	35,8	1,4

(Ver esquema anexo da figura 2)

Cota de fundo do sifão = NA Normal + 0,6m = 541,00 +0,6 = 541,60m

No esquema da figura 2, a linha vertical que dista 13,0m da saída do sifão passa pelas cotas mais altas do fundo e do teto do sifão. Soma-se aproximadamente 4,6m acima da cota da linha piezométrica cortada pela linha vertical. Logo:

Cota do teto acima do sifão=543,40m



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

E a altura da seção transversal é $Y=543,40-541,60=1,8\text{m}$

Como a tubulação para, $Q_B=18,0\text{m}^3/\text{s}$ é $D=1,8\text{m}$, ajustou-se os parâmetros para que esta altura da seção do sifão, do ponto mais alto, também seja de 1,8m e não precisar de “achatamento” da tubulação neste ponto.

Para os outros sifões de $Q=28,0\text{m}^3/\text{s}$ e $Q=18,0\text{m}^3/\text{s}$, o procedimento é semelhante.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

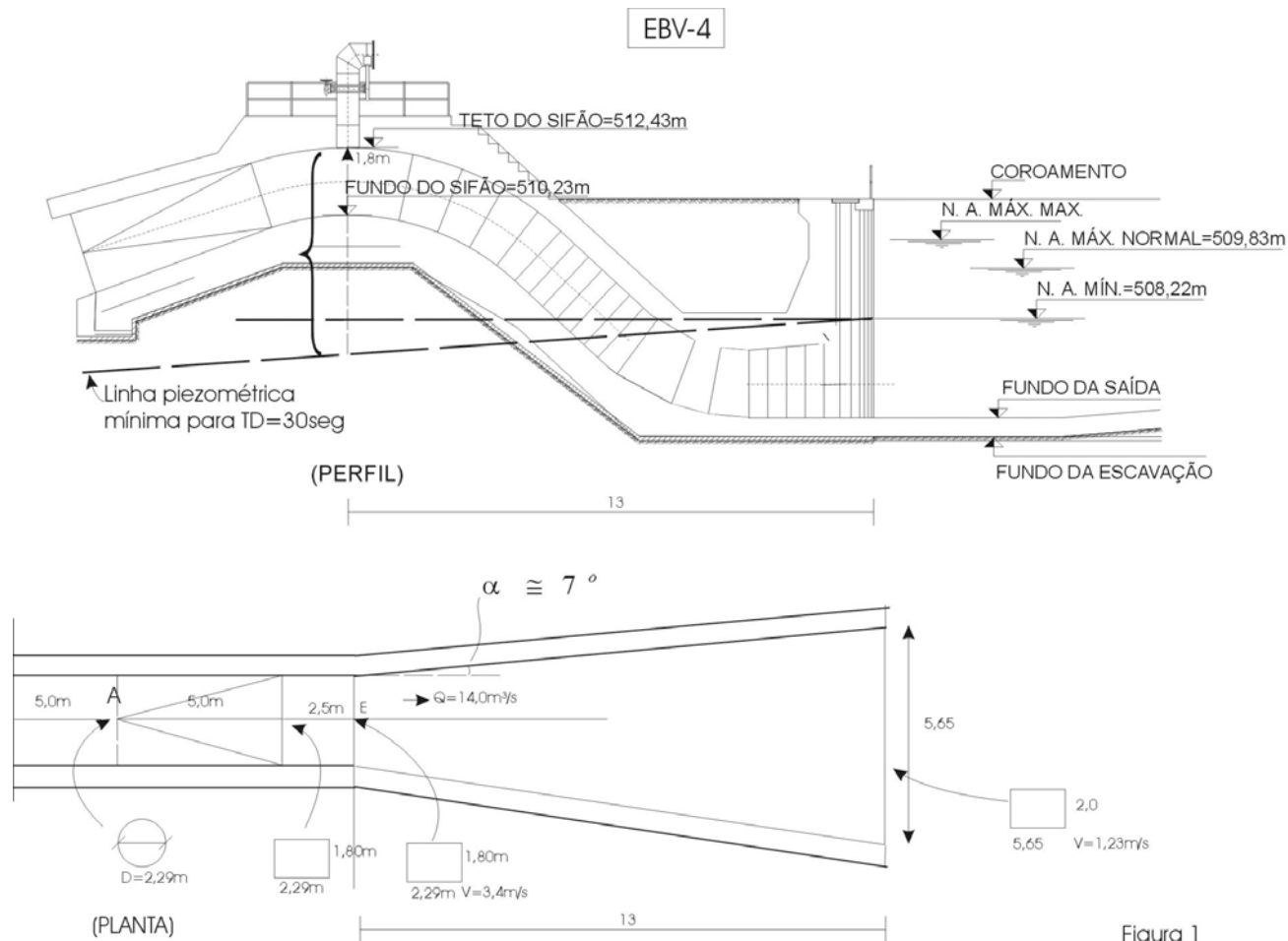


Figura 1
Dimensionamento hidráulico
do sifão descarregador da EBV-4



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

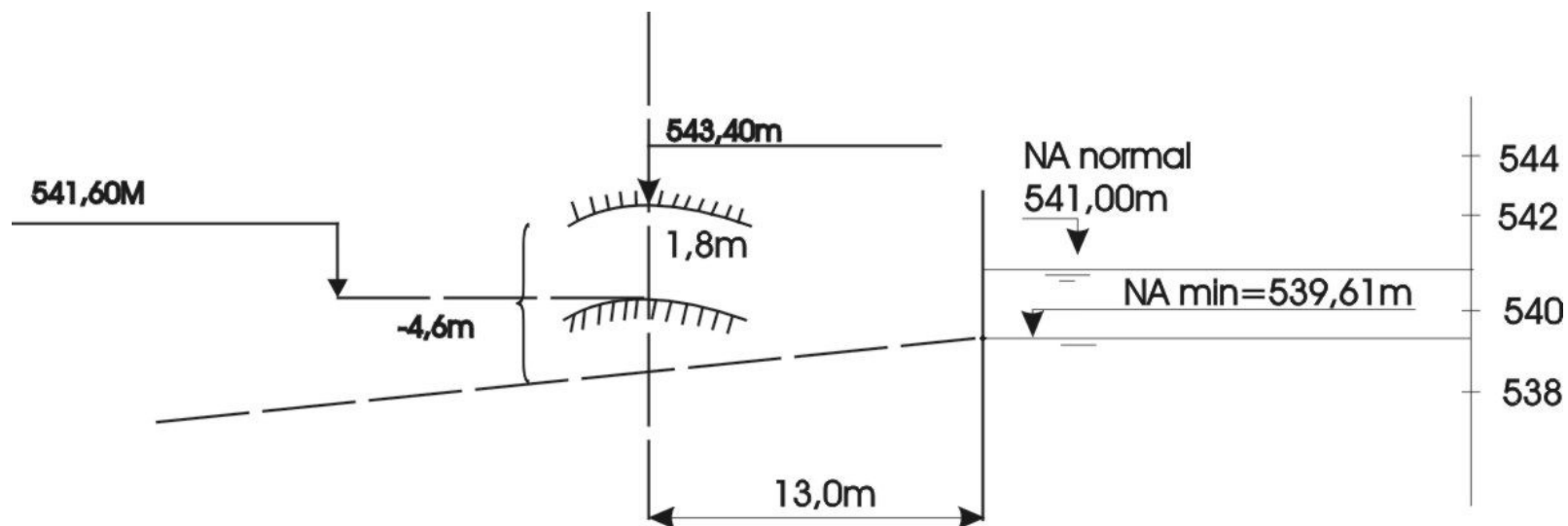


Figura 2

Dimensionamento hidráulico
do sifão descarregador da EBV-5
 $Q_B = 18,0 \text{ m}^3/\text{s}$

			TABELA : 1.1				
SUBTRECHO RESERVATÓRIO DE ITAPARICA ATÉ EBV-1 : CÁLCULO DAS LINHAS							
D'ÁGUA COM NA = 299.00 m NO RES. ITAPARICA E DEFINIÇÃO DA COTA DAS							
MARGENS .							
SEC	L	CF	NA	NA MÁX.	NA MÁX.	COTA	OBS
			NORMAL	NORMAL	MAXIMOR.	MARGEM	
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
82	5865	295,40	298,64	299,13	305,00	307,00	M - EBV-1
81	5665	295,40	298,64	299,13	305,00	307,00	
80	5594	295,41	298,64	299,13	305,00	307,00	
79	5523	295,41	298,65	299,13	305,00	307,00	
78	5453	295,42	298,65	299,12	305,00	307,00	
77	5382	295,43	298,65	299,12	305,00	307,00	
76	5311	295,44	298,66	299,12	305,00	307,00	
75	5240	295,44	298,66	299,12	305,00	307,00	
74	5169	295,45	298,67	299,12	305,00	307,00	
73	5099	295,46	298,67	299,12	305,00	307,00	
72	5028	295,46	298,67	299,12	305,00	307,00	
71	4957	295,47	298,68	299,11	305,00	307,00	
70	4886	295,48	298,68	299,11	305,00	307,00	
69	4815	295,49	298,68	299,11	305,00	307,00	
68	4744	295,49	298,69	299,11	305,00	307,00	
67	4674	295,50	298,69	299,11	305,00	307,00	
66	4603	295,51	298,70	299,11	305,00	307,00	
65	4532	295,51	298,70	299,10	305,00	307,00	
64	4461	295,52	298,70	299,10	305,00	307,00	
63	4390	295,53	298,71	299,10	305,00	307,00	
62	4320	295,53	298,71	299,10	305,00	307,00	
61	4249	295,54	298,72	299,10	305,00	307,00	
60	4178	295,55	298,72	299,10	305,00	307,00	
59	4107	295,56	298,72	299,10	305,00	307,00	
58	4036	295,56	298,73	299,09	305,00	307,00	
57	3966	295,57	298,73	299,09	305,00	307,00	
56	3895	295,58	298,74	299,09	305,00	307,00	
55	3824	295,58	298,74	299,09	305,00	307,00	
54	3753	295,59	298,74	299,09	305,00	307,00	
53	3682	295,60	298,75	299,09	305,00	307,00	
52	3611	295,61	298,75	299,08	305,00	307,00	
51	3541	295,61	298,76	299,08	305,00	307,00	
50	3470	295,62	298,76	299,08	305,00	307,00	
49	3399	295,63	298,76	299,08	305,00	307,00	
48	3328	295,63	298,77	299,08	305,00	307,00	
47	3257	295,64	298,77	299,08	305,00	307,00	
46	3187	295,65	298,78	299,08	305,00	307,00	
45	3116	295,65	298,78	299,08	305,00	307,00	
44	3045	295,66	298,78	299,07	305,00	307,00	
43	2974	295,67	298,79	299,07	305,00	307,00	
42	2903	295,68	298,79	299,07	305,00	307,00	
41	2833	295,68	298,80	299,07	305,00	307,00	
40	2762	295,69	298,80	299,07	305,00	307,00	
39	2691	295,70	298,81	299,07	305,00	307,00	
38	2620	295,70	298,81	299,07	305,00	307,00	
37	2549	295,71	298,81	299,06	305,00	307,00	
36	2478	295,72	298,82	299,06	305,00	307,00	
35	2408	295,73	298,82	299,06	305,00	307,00	
34	2337	295,73	298,83	299,06	305,00	307,00	

			TABELA : 1.1				
SUBTRECHO RESERVATÓRIO DE ITAPARICA ATÉ EBV-1 : CÁLCULO DAS LINHAS							
D'ÁGUA COM NA = 299.00 m NO RES. ITAPARICA E DEFINIÇÃO DA COTA DAS							
MARGENS .							
SEC	L	CF	NA	NA MÁX.	NA MÁX.	COTA	OBS
			NORMAL	NORMAL	MAXIMOR.	MARGEM	
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
33	2266	295,74	298,83	299,06	305,00	307,00	
32	2195	295,75	298,84	299,06	305,00	307,00	
31	2124	295,75	298,84	299,06	305,00	307,00	
30	2054	295,76	298,84	299,05	305,00	307,00	
29	1983	295,77	298,85	299,05	305,00	307,00	
28	1912	295,78	298,85	299,05	305,00	307,00	
27	1841	295,78	298,86	299,05	305,00	307,00	
26	1770	295,79	298,86	299,05	305,00	307,00	
25	1700	295,80	298,87	299,05	305,00	307,00	
24	1629	295,80	298,87	299,05	305,00	307,00	
23	1558	295,81	298,88	299,05	305,00	307,00	
22	1487	295,82	298,88	299,05	305,00	307,00	
21	1416	295,82	298,88	299,04	305,00	307,00	
20	1345	295,83	298,89	299,04	305,00	307,00	
19	1275	295,84	298,89	299,04	305,00	307,00	
18	1204	295,85	298,90	299,04	305,00	307,00	
17	1133	295,85	298,90	299,04	305,00	307,00	
16	1062	295,86	298,91	299,04	305,00	307,00	
15	991	295,87	298,91	299,04	305,00	307,00	
14	921	295,87	298,92	299,04	305,00	307,00	
13	850	295,88	298,92	299,04	305,00	307,00	
12	779	295,89	298,93	299,04	305,00	307,00	
11	708	295,90	298,93	299,04	305,00	307,00	
10	637	295,90	298,94	299,04	305,00	307,00	
9	567	295,91	298,94	299,04	305,00	307,00	
8	496	295,92	298,94	299,04	305,00	307,00	
7	425	295,92	298,95	299,04	305,00	307,00	
6	354	295,93	298,95	299,03	305,00	307,00	
5	283	295,94	298,96	299,03	305,00	307,00	
4	212	295,95	298,96	299,02	305,00	307,00	
3	142	295,95	298,97	299,01	305,00	307,00	
2	71	295,96	298,97	299,00	305,00	307,00	
1	0	295,97	299,00	299,00	305,00	307,00	RES. ITAPARICA
PROGRAMA : HTSF18.BAS							
ARQUIVO : LTSF18VB.XLS							
DIR : TSF3 (29 - 11- 2000)							

			TABELA :1.2				
SUBTRECHO RESERVATÓRIO DE ITAPARICA ATÉ EBV-1 : CÁLCULO DAS LINHAS							
D'ÁGUA COM NA= 304.00 m NO RESERV. DE ITAPARICA E DEFINIÇÃO DA COTA DAS							
MARGENS							
SEC.	L	CF	NA	NA MAX.	NA MÁX.	COTA	OBS
			NORMAL	NORMAL	MAXIMOR.	MARGEM	
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
82	5865,00	295,40	303,99	304,09	305,00	307,00	M - EBV-1
81	5665,00	295,40	303,99	304,09	305,00	307,00	
80	5594,19	295,41	303,99	304,09	305,00	307,00	
79	5523,38	295,41	303,99	304,09	305,00	307,00	
78	5452,56	295,42	303,99	304,09	305,00	307,00	
77	5381,75	295,43	303,99	304,08	305,00	307,00	
76	5310,94	295,44	303,99	304,08	305,00	307,00	
75	5240,13	295,44	303,99	304,08	305,00	307,00	
74	5169,31	295,45	303,99	304,08	305,00	307,00	
73	5098,50	295,46	303,99	304,08	305,00	307,00	
72	5027,69	295,46	303,99	304,08	305,00	307,00	
71	4956,88	295,47	303,99	304,08	305,00	307,00	
70	4886,06	295,48	303,99	304,08	305,00	307,00	
69	4815,25	295,49	303,99	304,08	305,00	307,00	
68	4744,44	295,49	303,99	304,08	305,00	307,00	
67	4673,63	295,50	303,99	304,08	305,00	307,00	
66	4602,81	295,51	303,99	304,08	305,00	307,00	
65	4532,00	295,51	303,99	304,08	305,00	307,00	
64	4461,19	295,52	303,99	304,08	305,00	307,00	
63	4390,38	295,53	303,99	304,08	305,00	307,00	
62	4319,56	295,53	303,99	304,08	305,00	307,00	
61	4248,75	295,54	303,99	304,08	305,00	307,00	
60	4177,94	295,55	303,99	304,08	305,00	307,00	
59	4107,13	295,56	303,99	304,08	305,00	307,00	
58	4036,31	295,56	303,99	304,08	305,00	307,00	
57	3965,50	295,57	303,99	304,08	305,00	307,00	
56	3894,69	295,58	303,99	304,08	305,00	307,00	
55	3823,88	295,58	303,99	304,08	305,00	307,00	
54	3753,06	295,59	303,99	304,08	305,00	307,00	
53	3682,25	295,60	303,99	304,08	305,00	307,00	
52	3611,44	295,61	303,99	304,08	305,00	307,00	
51	3540,63	295,61	303,99	304,08	305,00	307,00	
50	3469,81	295,62	303,99	304,08	305,00	307,00	
49	3399,00	295,63	303,99	304,08	305,00	307,00	
48	3328,19	295,63	303,99	304,08	305,00	307,00	
47	3257,38	295,64	303,99	304,08	305,00	307,00	
46	3186,56	295,65	303,99	304,08	305,00	307,00	
45	3115,75	295,65	303,99	304,08	305,00	307,00	
44	3044,94	295,66	303,99	304,08	305,00	307,00	
43	2974,13	295,67	303,99	304,08	305,00	307,00	
42	2903,31	295,68	303,99	304,08	305,00	307,00	
41	2832,50	295,68	303,99	304,08	305,00	307,00	
40	2761,69	295,69	303,99	304,08	305,00	307,00	
39	2690,88	295,70	304,00	304,08	305,00	307,00	
38	2620,06	295,70	304,00	304,08	305,00	307,00	
37	2549,25	295,71	304,00	304,08	305,00	307,00	
36	2478,44	295,72	304,00	304,08	305,00	307,00	
35	2407,63	295,73	304,00	304,08	305,00	307,00	

			TABELA : 1.2				
SUBTRECHO RESERVATÓRIO DE ITAPARICA ATÉ EBV-1 : CÁLCULO DAS LINHAS							
D'ÁGUA COM NA= 304.00 m NO RESERV. DE ITAPARICA E DEFINIÇÃO DA COTA DAS							
MARGENS							
SEC.	L	CF	NA	NA MAX.	NA MÁX.	COTA	OBS
			NORMAL	NORMAL	MAXIMOR.	MARGEM	
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
34	2336,81	295,73	304,00	304,08	305,00	307,00	
33	2266,00	295,74	304,00	304,08	305,00	307,00	
32	2195,19	295,75	304,00	304,08	305,00	307,00	
31	2124,38	295,75	304,00	304,08	305,00	307,00	
30	2053,56	295,76	304,00	304,08	305,00	307,00	
29	1982,75	295,77	304,00	304,08	305,00	307,00	
28	1911,94	295,78	304,00	304,08	305,00	307,00	
27	1841,13	295,78	304,00	304,08	305,00	307,00	
26	1770,31	295,79	304,00	304,08	305,00	307,00	
25	1699,50	295,80	304,00	304,08	305,00	307,00	
24	1628,69	295,80	304,00	304,08	305,00	307,00	
23	1557,88	295,81	304,00	304,08	305,00	307,00	
22	1487,06	295,82	304,00	304,08	305,00	307,00	
21	1416,25	295,82	304,00	304,08	305,00	307,00	
20	1345,44	295,83	304,00	304,08	305,00	307,00	
19	1274,63	295,84	304,00	304,08	305,00	307,00	
18	1203,81	295,85	304,00	304,08	305,00	307,00	
17	1133,00	295,85	304,00	304,08	305,00	307,00	
16	1062,19	295,86	304,00	304,08	305,00	307,00	
15	991,38	295,87	304,00	304,07	305,00	307,00	
14	920,56	295,87	304,00	304,07	305,00	307,00	
13	849,75	295,88	304,00	304,07	305,00	307,00	
12	778,94	295,89	304,00	304,07	305,00	307,00	
11	708,13	295,90	304,00	304,06	305,00	307,00	
10	637,31	295,90	304,00	304,06	305,00	307,00	
9	566,50	295,91	304,00	304,05	305,00	307,00	
8	495,69	295,92	304,00	304,05	305,00	307,00	
7	424,88	295,92	304,00	304,04	305,00	307,00	
6	354,06	295,93	304,00	304,03	305,00	307,00	
5	283,25	295,94	304,00	304,03	305,00	307,00	
4	212,44	295,95	304,00	304,02	305,00	307,00	
3	141,63	295,95	304,00	304,01	305,00	307,00	
2	70,81	295,96	304,00	304,01	305,00	307,00	
1	0,00	295,97	304,00	304,00	305,00	307,00	
PROGRAMA : HTSF18.BAS							
ARQUIVO : LTSF18VC.XLS							
DIR : TSF3 ; (29-11-2000)							

				TABELA : 2.2					
SUBTRECHO EBV-1 A EBV-2 : CÁLCULO DAS LINHAS D'ÁGUA NOS SUBTRECHOS ENTRE ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO E DEFINIÇÃO DAS COTAS DAS MARGENS									
SEC	L	CF	NA	NA MAX.	NA MAX.	ALTURA	COTA	OBS	OBS
			NORMAL	NORMAL	MAXIMOR	MURETA	MARGEM		
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
77	11108	358,10	361,21	361,80			362,10	M- EBV-2	
76	10908	358,10	361,21	361,80			362,10		
75	10802	358,11	361,23	361,79			362,09		
74	10696	358,12	361,24	361,78			362,08		
73	10590	358,13	361,25	361,77			362,07		
72	10485	358,14	361,26	361,77			362,07		
71	10379	358,15	361,28	361,76			362,06		
70	10273	358,16	361,29	361,74			362,04		
69	10167	358,17	361,30	361,73			362,03		
68	10061	358,18	361,31	361,71			362,01		
67	9955	358,20	361,32	361,69			361,99		
66	9849	358,21	361,34	361,67			361,97		
65	9744	358,22	361,35	361,64			361,94		
64	9638	358,23	361,36	361,60	361,60	0,04	361,90		MURETA-INIC.
63	9532	358,24	361,37	361,54	361,60	0,03	361,90		
62	9426	358,25	361,38	361,50	361,60	0,02	361,90	J-RES.AREIAS	MURETA-FIM
61	6738	358,25	361,47	361,50	361,60		361,97	M-RES.AREIAS	
60	6629	358,26	361,48	361,58	361,60		361,98		
59	6520	358,27	361,49	361,65			361,99		
58	6411	358,28	361,50	361,70			362,00		
57	6302	358,29	361,51	361,72			362,02		
56	6193	358,30	361,52	361,73			362,03		
55	6084	358,32	361,53	361,74			362,04		
54	5975	358,33	361,54	361,74			362,04		
53	5866	358,34	361,55	361,76			362,06		
52	5757	358,35	361,56	361,77			362,07		
51	5648	358,36	361,57	361,77			362,07		
50	5539	358,37	361,58	361,78			362,08		
49	5430	358,38	361,59	361,79			362,09		
48	5321	358,39	361,61	361,80			362,11		
47	5212	358,40	361,62	361,81			362,12		
46	5103	358,41	361,63	361,82			362,13		
45	4995	358,42	361,64	361,83			362,14		
44	4886	358,44	361,65	361,84			362,15		
43	4777	358,45	361,66	361,84			362,16		
42	4668	358,46	361,67	361,85			362,17		
41	4559	358,47	361,68	361,86			362,18		
40	4450	358,48	361,69	361,87			362,19		
39	4341	358,49	361,70	361,88			362,20		
38	4232	358,50	361,71	361,89			362,21		
37	4123	358,51	361,72	361,89			362,22		
36	4014	358,52	361,73	361,90			362,23		
35	3905	358,53	361,75	361,91			362,25		
34	3796	358,54	361,76	361,92			362,26		
33	3687	358,56	361,77	361,93			362,27		
32	3578	358,57	361,78	361,94			362,28		
31	3469	358,58	361,79	361,95			362,29		
30	3360	358,59	361,80	361,96			362,30		
29	3251	358,60	361,81	361,97			362,31		
28	3142	358,61	361,82	361,97			362,32		
27	3033	358,62	361,83	361,98			362,33		
26	2924	358,63	361,84	361,99			362,34		
25	2815	358,64	361,85	362,00			362,35		

[illegible]

TABELA : 3.3									
SUBTRECHO EBV-2 A EBV-3 : CÁLCULO DAS LINHAS D'ÁGUA ENTRE AS ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO									
COM DEFINIÇÃO DAS COTAS DAS MARGENS E MURETAS									
SEC	L	CF	NA	NA MAX.	NA MAX.	ALTURA	COTA	OBS	OBS
			NORMAL	NORMAL	MAXIMOR	MURETA	MARGEM		
	(m)	(m)	(m)	(m)		(m)	(m)		
105	18410	396,44	399,54	400,14	400,48	0,74	400,78	M - EBV-3	INÍCIO
104	18210	396,44	399,54	400,14	400,48	0,74	400,78		MURETA
103	18075	396,45	399,55	400,14	400,49	0,73	400,79		
102	17941	396,47	399,57	400,14	400,49	0,72	400,79		
101	17806	396,48	399,59	400,14	400,50	0,71	400,80		
100	17672	396,49	399,60	400,14	400,50	0,70	400,80		
99	17537	396,51	399,62	400,14	400,51	0,69	400,81		
98	17403	396,52	399,63	400,13	400,51	0,68	400,81		
97	17268	396,53	399,65	400,12	400,52	0,67	400,82		
96	17134	396,55	399,66	400,12	400,52	0,66	400,82		
95	16999	396,56	399,68	400,11	400,56	0,69	400,86	J-RES. MAND.	
94	14890	396,56	399,76	400,12	400,56	0,61	400,86	M-RES.MAND.	
93	14755	396,57	399,77	400,12	400,57	0,60	400,87		
92	14620	396,59	399,79	400,13	400,58	0,59	400,88		
91	14485	396,60	399,80	400,13	400,58	0,58	400,88		
90	14351	396,61	399,81	400,14	400,59	0,57	400,89		
89	14216	396,63	399,83	400,14	400,59	0,56	400,89		
88	14081	396,64	399,84	400,15	400,60	0,55	400,90		
87	13946	396,65	399,85	400,15	400,60	0,55	400,90		
86	13811	396,67	399,87	400,16	400,61	0,54	400,91		
85	13676	396,68	399,88	400,16	400,61	0,53	400,91		
84	13542	396,69	399,90	400,17	400,62	0,52	400,92		
83	13407	396,71	399,91	400,17	400,62	0,51	400,92		
82	13272	396,72	399,92	400,18	400,63	0,51	400,93		
81	13137	396,74	399,94	400,18	400,64	0,50	400,94		
80	13002	396,75	399,95	400,19	400,64	0,49	400,94		
79	12867	396,76	399,96	400,19	400,65	0,48	400,95		
78	12733	396,78	399,98	400,20	400,65	0,48	400,95		
77	12598	396,79	399,99	400,20	400,66	0,47	400,96		
76	12463	396,80	400,00	400,21	400,66	0,46	400,96		
75	12328	396,82	400,02	400,22	400,67	0,45	400,97		
74	12193	396,83	400,03	400,22	400,68	0,44	400,98		
73	12058	396,84	400,04	400,23	400,68	0,44	400,98		
72	11924	396,86	400,06	400,23	400,69	0,43	400,99		
71	11789	396,87	400,07	400,24	400,69	0,42	400,99		
70	11654	396,88	400,09	400,24	400,70	0,42	401,00		
69	11519	396,90	400,10	400,25	400,71	0,41	401,01		
68	11384	396,91	400,11	400,26	400,71	0,40	401,01		
67	11249	396,92	400,13	400,26	400,72	0,39	401,02		
66	11115	396,94	400,14	400,27	400,73	0,39	401,03		
65	10980	396,95	400,15	400,27	400,73	0,38	401,03		
64	10845	396,96	400,17	400,28	400,74	0,37	401,04		
63	10710	396,98	400,18	400,30	400,75	0,37	401,05		
62	10575	396,99	400,19	400,31	400,75	0,36	401,05		
61	10440	397,01	400,21	400,32	400,76	0,35	401,06		
60	10306	397,02	400,22	400,33	400,77	0,35	401,07		
59	10171	397,03	400,23	400,34	400,77	0,34	401,07		
58	10036	397,05	400,25	400,35	400,78	0,33	401,08		
57	9901	397,06	400,26	400,36	400,79	0,33	401,09		
56	9766	397,07	400,28	400,38	400,79	0,32	401,09		
55	9631	397,09	400,29	400,39	400,80	0,31	401,10		
54	9496	397,10	400,30	400,40	400,81	0,31	401,11		
53	9362	397,11	400,32	400,41	400,82	0,30	401,12		
52	9227	397,13	400,33	400,42	400,82	0,29	401,12		

			TABELA : 3.3						
SUBTRECHO EBV-2 A EBV-3 :			CÁLCULO DAS LINHAS D'ÁGUA ENTRE ASS ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO						
COM DEFINIÇÃO DAS COTAS D			DAS MARGENS E MURETAS						
SEC	L	CF	NA	NA MAX.	NA MAX.	ALTURA	COTA	OBS	OBS
			NORMAL	NORMAL	MAXIMOR	MURETA	MARGEM		
	(m)	(m)	(m)	(m)		(m)	(m)		
51	9092	397,14	400,34	400,43	400,83	0,29	401,13		
50	8957	397,15	400,36	400,45	400,84	0,28	401,14		
49	8822	397,17	400,37	400,46	400,84	0,27	401,14		
48	8687	397,18	400,38	400,47	400,85	0,27	401,15		
47	8553	397,19	400,40	400,48	400,86	0,26	401,16		
46	8418	397,21	400,41	400,49	400,87	0,26	401,17		
45	8283	397,22	400,42	400,51	400,87	0,25	401,17		
44	8148	397,23	400,44	400,52	400,88	0,24	401,18		
43	8013	397,25	400,45	400,53	400,89	0,24	401,19		
42	7878	397,26	400,46	400,54	400,90	0,23	401,20		
41	7744	397,27	400,48	400,55	400,91	0,23	401,21		
40	7609	397,29	400,49	400,57	400,91	0,22	401,21		
39	7474	397,30	400,51	400,58	400,92	0,22	401,22		
38	7339	397,32	400,52	400,59	400,93	0,21	401,23		
37	7204	397,33	400,53	400,60	400,94	0,20	401,24		
36	7069	397,34	400,55	400,61	400,95	0,20	401,25		
35	6935	397,36	400,56	400,63	400,95	0,19	401,25		
34	6800	397,37	400,57	400,64	400,96	0,19	401,26		
33	6665	397,38	400,59	400,65	400,97	0,18	401,27		
32	6530	397,40	400,60	400,66	400,98	0,18	401,28		
31	6395	397,41	400,61	400,68	400,99	0,17	401,29		
30	6260	397,42	400,63	400,69	401,00	0,17	401,30		
29	6126	397,44	400,64	400,70	401,00	0,16	401,30		
28	5991	397,45	400,65	400,71	401,01	0,16	401,31		
27	5856	397,46	400,67	400,72	401,02	0,15	401,32		
26	5721	397,48	400,68	400,74	401,03	0,15	401,33		
25	5586	397,49	400,69	400,75	401,04	0,14	401,34		
24	5451	397,50	400,71	400,76	401,05	0,14	401,35		
23	5317	397,52	400,72	400,77	401,06	0,13	401,36		
22	5182	397,53	400,74	400,79	401,06	0,13	401,36		
21	5047	397,54	400,75	400,80	401,07	0,12	401,37		
20	4912	397,56	400,76	400,81	401,08	0,12	401,38		
19	4777	397,57	400,78	400,82	401,09	0,11	401,39		
18	4642	397,59	400,79	400,84	401,10	0,11	401,40		
17	4508	397,60	400,80	400,85	401,11	0,11	401,41		
16	4373	397,61	400,82	400,86	401,12	0,10	401,42		
15	4238	397,63	400,83	400,87	401,13	0,10	401,43		
14	4103	397,64	400,84	400,89	401,14	0,09	401,44	J-RES.BRAÚN.	
13	1840	397,64	400,92	400,96	401,14	0,02	401,44	M-RES.BRAÚN.	
12	1703	397,65	400,93	400,97	401,14	0,01	401,44		
11	1567	397,67	400,94	400,98	401,14	0,00	401,44		FIM
10	1430	397,68	400,96	401,00	401,14	0,00	401,46		MURETA
9	1293	397,69	400,97	401,03	401,14	0,00	401,47		
8	1157	397,71	400,98	401,07	401,14	0,00	401,48		
7	1020	397,72	400,99	401,10	401,14	0,00	401,49		
6	883	397,73	401,00	401,13	401,14	0,00	401,50		
5	747	397,75	401,02	401,15	401,15	0,00	401,52		
4	610	397,76	401,03	401,17	401,17	0,00	401,53		
3	473	397,78	401,04	401,18	401,18	0,00	401,54		
2	337	397,79	401,05	401,20	401,20	0,00	401,55		
1	200	397,80	401,07	401,21	401,21	0,00	401,57		
0	0	397,80	401,06	401,21	401,21	0,00	401,56	J-EBV-2	
PROGRAMA : HTSF16.BAS									
ARQUIVO : LTSF16VB.XLS									
DIR : TSF3		(02-dez-2000)							

				TABELA :	4.4				
SUBTRECHO EBV-3 A EBV-4 : CÁLCULO DAS LINHAS D'ÁGUA NOS SUBTRECHOS ENTRE ESTAÇÕES									
DE BOMBAMENTO E DEFINIÇÃO DAS COTAS DAS MURETAS . MARGENS E MURETAS.									
SEC	L	CF	NA	NA MÁX.	NA MÁX.	ALTURA	COTA	OBS	OBS
			NORMAL	NORMAL	MAXIMOR	MURETA	MARG.		
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
270	60606	450,98	454,22	454,73	455,47	1,05	455,77	M -EBV-4	INÍCIO DA
269	60406	450,98	454,22	454,73	455,47	1,05	455,77		MURETA
268	60229	451,00	454,24	454,73	455,47	1,03	455,77		
267	60052	451,02	454,26	454,72	455,47	1,01	455,77		
266	59874	451,03	454,28	454,71	455,47	0,99	455,77		
265	59697	451,05	454,30	454,70	455,47	0,97	455,77		
264	59520	451,07	454,32	454,71	455,47	0,95	455,77	J - Res.Cac.Nova	
263	54550	451,07	454,37	454,72	455,47	0,90	455,77	M- Res. Cac.Nova	
262	54351	451,09	454,39	454,73	455,48	0,88	455,78		
261	54151	451,11	454,41	454,74	455,48	0,87	455,78		
260	53952	451,13	454,43	454,75	455,49	0,86	455,79		
259	53752	451,15	454,45	454,76	455,49	0,85	455,79		
258	53553	451,17	454,46	454,77	455,50	0,83	455,80		
257	53354	451,19	454,48	454,78	455,50	0,82	455,80		
256	53154	451,21	454,50	454,79	455,51	0,81	455,81		
255	52955	451,23	454,52	454,80	455,51	0,79	455,81		
254	52755	451,25	454,54	454,81	455,52	0,78	455,82		
253	52556	451,27	454,55	454,83	455,52	0,77	455,82		
252	52357	451,29	454,57	454,84	455,53	0,76	455,83		
251	52157	451,31	454,59	454,85	455,54	0,74	455,84		
250	51958	451,33	454,61	454,86	455,54	0,73	455,84		
249	51758	451,35	454,63	454,88	455,55	0,72	455,85		
248	51559	451,37	454,65	454,89	455,55	0,71	455,85		
247	51360	451,39	454,67	454,90	455,56	0,69	455,86		
246	51160	451,41	454,68	454,92	455,57	0,68	455,87		
245	50961	451,43	454,70	454,93	455,57	0,67	455,87		
244	50761	451,45	454,72	454,94	455,58	0,66	455,88		
243	50562	451,47	454,74	454,96	455,59	0,65	455,89		
242	50362	451,49	454,76	454,97	455,59	0,63	455,89		
241	50163	451,51	454,78	454,98	455,60	0,62	455,90		
240	49964	451,53	454,80	455,00	455,61	0,61	455,91		
239	49764	451,56	454,82	455,01	455,61	0,60	455,91		
238	49565	451,58	454,83	455,02	455,62	0,59	455,92		
237	49365	451,60	454,85	455,04	455,63	0,57	455,93		
236	49166	451,62	454,87	455,05	455,64	0,56	455,94		
235	48967	451,64	454,89	455,07	455,64	0,55	455,94		
234	48767	451,66	454,91	455,08	455,65	0,54	455,95		
233	48568	451,68	454,93	455,10	455,66	0,53	455,96		
232	48368	451,70	454,95	455,11	455,67	0,52	455,97		
231	48169	451,72	454,97	455,13	455,67	0,51	455,97		
230	47970	451,74	454,99	455,14	455,68	0,49	455,98		
229	47770	451,76	455,01	455,16	455,69	0,48	455,99		
228	47571	451,78	455,03	455,17	455,70	0,47	456,00		
227	47371	451,80	455,05	455,19	455,71	0,46	456,01		
226	47172	451,82	455,06	455,20	455,71	0,45	456,01		
225	46973	451,84	455,08	455,22	455,72	0,44	456,02		
224	46773	451,86	455,10	455,23	455,73	0,43	456,03		
223	46574	451,88	455,12	455,25	455,74	0,42	456,04		
222	46374	451,90	455,14	455,27	455,75	0,41	456,05		
221	46175	451,92	455,16	455,28	455,76	0,40	456,06		
220	45976	451,94	455,18	455,30	455,77	0,39	456,07		
219	45776	451,96	455,20	455,31	455,78	0,38	456,08		
218	45577	451,98	455,22	455,33	455,79	0,37	456,09		
217	45377	452,00	455,24	455,35	455,80	0,36	456,10		
216	45178	452,02	455,26	455,36	455,81	0,35	456,11		
215	44979	452,04	455,28	455,38	455,82	0,34	456,12		
214	44779	452,06	455,30	455,39	455,83	0,33	456,13		
213	44580	452,08	455,34	455,41	455,84	0,30	456,14	M-AQUE.JACAR.	
212	44380	452,10	455,34	455,43	455,85	0,31	456,15		
211	44181	452,12	455,36	455,44	455,86	0,30	456,16		
210	43981	452,14	455,38	455,46	455,87	0,29	456,17		

				TABELA : 4.4					
SUBTRECHO EBV-3 A EBV-4 : CÁLCULO DAS LINHAS D'ÁGUA NOS SUBTRECHOS ENTRE ESTACÕES ENTRE ESTAÇÕES									
DE BOMBEAMENTO E DEFINIÇÃO DAS COTAS DAS MURETAS .				MARGENS E MURETAS.					
SEC	L	CF	NA	NA MÁX.	NA MÁX.	ALTURA	COTA	OBS	OBS
			NORMAL	NORMAL	MAXIMOR	MURETA	MARG.		
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
209	43782	452,16	455,40	455,48	455,88	0,28	456,18		
208	43583	452,18	455,42	455,49	455,89	0,27	456,19		
207	43383	452,20	455,44	455,51	455,90	0,26	456,20		
206	43184	452,22	455,46	455,53	455,91	0,25	456,21		
205	42984	452,24	455,48	455,55	455,92	0,24	456,22		
204	42785	452,26	455,50	455,56	455,93	0,23	456,23		
203	42586	452,28	455,52	455,58	455,94	0,23	456,24		
202	42386	452,30	455,54	455,60	455,95	0,22	456,25		
201	42187	452,33	455,56	455,62	455,96	0,21	456,26		
200	41987	452,35	455,58	455,63	455,98	0,20	456,28		
199	41788	452,37	455,59	455,65	455,99	0,19	456,29		
198	41589	452,39	455,61	455,67	456,00	0,18	456,30		
197	41389	452,41	455,63	455,69	456,01	0,18	456,31		
196	41190	452,43	455,65	455,70	456,02	0,17	456,32		
195	40990	452,45	455,67	455,72	456,03	0,16	456,33		
194	40791	452,47	455,69	455,74	456,05	0,15	456,35		
193	40592	452,49	455,71	455,76	456,06	0,14	456,36		
192	40392	452,51	455,73	455,77	456,07	0,14	456,37		
191	40193	452,53	455,75	455,79	456,08	0,13	456,38		
190	39993	452,55	455,77	455,81	456,10	0,12	456,40		
189	39794	452,57	455,79	455,83	456,11	0,12	456,41		
188	39595	452,59	455,81	455,85	456,12	0,11	456,42		
187	39395	452,61	455,83	455,87	456,14	0,10	456,44		
186	39196	452,63	455,85	455,88	456,15	0,09	456,45		
185	38996	452,65	455,87	455,90	456,16	0,09	456,46		
184	38797	452,67	455,89	455,92	456,18	0,08	456,48		
183	38598	452,69	455,91	455,94	456,19	0,07	456,49		
182	38398	452,71	455,93	455,96	456,20	0,07	456,50		
181	38199	452,73	455,95	455,98	456,22	0,06	456,52		
180	37999	452,75	455,97	456,00	456,23	0,06	456,53		
179	37800	452,77	455,99	456,01	456,24	0,05	456,54		
178	37600	452,79	456,01	456,03	456,26	0,04	456,56		
177	37401	452,81	456,03	456,05	456,27	0,04	456,57		
176	37202	452,83	456,05	456,07	456,29	0,03	456,59		
175	37002	452,85	456,07	456,09	456,30	0,03	456,60		
174	36803	452,87	456,09	456,11	456,32	0,02	456,62		
173	36603	452,89	456,11	456,13	456,33	0,02	456,63		
172	36404	452,91	456,13	456,15	456,35	0,01	456,65		
171	36205	452,93	456,15	456,17	456,36	0,01	456,66		FIM DA
170	36005	452,95	456,18	456,19	456,37	0,00	456,68		MURETA
169	35806	452,97	456,20	456,21	456,39	0,00	456,70		
168	35606	452,99	456,22	456,23	456,41	0,00	456,72		
167	35407	453,01	456,24	456,25	456,42	0,00	456,74		
166	35208	453,03	456,26	456,27	456,44	0,00	456,76		
165	35008	453,05	456,28	456,29	456,45	0,00	456,78		
164	34809	453,07	456,30	456,31	456,47	0,00	456,80		
163	34609	453,10	456,32	456,33	456,48	0,00	456,82		
162	34410	453,12	456,34	456,35	457,21	0,67	457,51	J-RES. MUQUEM	INÍCIO DA
161	33220	453,12	456,40	456,41	457,21	0,61	457,51	M-RES.MUQUEM	MURETA
160	33020	453,14	456,42	456,43	457,22	0,60	457,52		
159	32820	453,16	456,43	456,45	457,22	0,59	457,52		
158	32621	453,18	456,45	456,46	457,23	0,58	457,53		
157	32421	453,20	456,47	456,48	457,24	0,57	457,54		
156	32221	453,22	456,49	456,50	457,25	0,56	457,55		
155	32021	453,24	456,51	456,52	457,25	0,55	457,55		
154	31821	453,26	456,53	456,54	457,26	0,53	457,56		
153	31622	453,28	456,55	456,55	457,27	0,52	457,57		
152	31422	453,30	456,56	456,57	457,28	0,51	457,58		
151	31222	453,32	456,58	456,59	457,28	0,50	457,58		
150	31022	453,34	456,60	456,61	457,29	0,49	457,59		
149	30822	453,36	456,62	456,63	457,30	0,48	457,60		
148	30623	453,38	456,64	456,65	457,31	0,47	457,61		
147	30423	453,40	456,66	456,67	457,32	0,46	457,62		

				TABELA :		4.4				
SUBTRECHO EBV-3 A EBV-4			: CÁLCULO DAS LINHAS D'ÁGUA NOS SUBTRECHOS ENTRE ESTACÕES					OS ENTRE ESTAÇÕES		
DE BOMBEAMENTO E DEFINIÇÃO DAS COTAS DAS MURETAS			MARGENS E MURETAS.							
SEC	L	CF	NA	NA MÁX.	NA MÁX.	ALTURA	COTA	OBS	OBS	
			NORMAL	NORMAL	MAXIMOR	MURETA	MARG.			
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)			
146	30223	453,42	456,68	456,68	457,32	0,45	457,62			
145	30023	453,44	456,70	456,70	457,33	0,44	457,63			
144	29823	453,46	456,71	456,72	457,34	0,43	457,64			
143	29624	453,48	456,73	456,74	457,35	0,42	457,65			
142	29424	453,50	456,75	456,76	457,36	0,41	457,66			
141	29224	453,52	456,77	456,78	457,37	0,40	457,67			
140	29024	453,54	456,79	456,80	457,38	0,39	457,68			
139	28824	453,56	456,81	456,82	457,39	0,38	457,69			
138	28625	453,58	456,83	456,83	457,40	0,37	457,70			
137	28425	453,60	456,85	456,85	457,40	0,36	457,70			
136	28225	453,62	456,87	456,87	457,41	0,35	457,71			
135	28025	453,64	456,89	456,89	457,42	0,34	457,72			
134	27825	453,66	456,90	456,91	457,43	0,33	457,73			
133	27626	453,68	456,92	456,93	457,44	0,32	457,74			
132	27426	453,70	456,94	456,95	457,45	0,31	457,75			
131	27226	453,72	456,96	456,97	457,46	0,30	457,76			
130	27026	453,74	456,98	456,99	457,47	0,29	457,77			
129	26826	453,75	457,00	457,01	457,48	0,28	457,78			
128	26626	453,77	457,02	457,03	457,49	0,27	457,79			
127	26427	453,79	457,04	457,04	457,50	0,27	457,80			
126	26227	453,81	457,06	457,06	457,52	0,26	457,82			
125	26027	453,83	457,08	457,08	457,53	0,25	457,83			
124	25827	453,85	457,10	457,10	457,54	0,24	457,84			
123	25627	453,87	457,12	457,12	457,55	0,23	457,85			
122	25428	453,89	457,14	457,14	457,56	0,22	457,86			
121	25228	453,91	457,16	457,16	457,57	0,21	457,87			
120	25028	453,93	457,17	457,18	457,58	0,21	457,88			
119	24828	453,95	457,19	457,20	457,59	0,20	457,89			
118	24628	453,97	457,21	457,22	457,60	0,19	457,90			
117	24429	453,99	457,23	457,24	457,62	0,18	457,92			
116	24229	454,01	457,25	457,26	457,63	0,18	457,93			
115	24029	454,03	457,27	457,28	457,64	0,17	457,94			
114	23829	454,05	457,29	457,30	457,65	0,16	457,95			
113	23629	454,07	457,31	457,31	457,66	0,15	457,96			
112	23430	454,09	457,33	457,33	457,68	0,15	457,98			
111	23230	454,11	457,35	457,35	457,69	0,14	457,99			
110	23030	454,13	457,37	457,37	457,70	0,13	458,00			
109	22830	454,15	457,39	457,39	457,71	0,12	458,01			
108	22630	454,17	457,41	457,41	457,73	0,12	458,03			
107	22431	454,19	457,43	457,43	457,74	0,11	458,04			
106	22231	454,21	457,45	457,45	457,75	0,10	458,05			
105	22031	454,23	457,47	457,47	457,77	0,10	458,07			
104	21831	454,25	457,49	457,49	457,78	0,09	458,08			
103	21631	454,27	457,51	457,51	457,79	0,08	458,09			
102	21432	454,29	457,53	457,53	457,81	0,08	458,11			
101	21232	454,31	457,55	457,55	457,82	0,07	458,12			
100	21032	454,33	457,57	457,57	457,83	0,07	458,13			
99	20832	454,35	457,59	457,59	457,85	0,06	458,15			
98	20632	454,37	457,61	457,61	457,86	0,05	458,16			
97	20433	454,39	457,63	457,63	457,87	0,05	458,17			
96	20233	454,41	457,64	457,65	457,89	0,04	458,19			
95	20033	454,43	457,66	457,67	457,90	0,04	458,20			
94	19833	454,45	457,68	457,69	457,92	0,03	458,22			
93	19633	454,47	457,70	457,71	457,93	0,03	458,23			
92	19434	454,49	457,72	457,73	457,95	0,02	458,25			
91	19234	454,51	457,74	457,74	457,96	0,02	458,26			
90	19034	454,53	457,76	457,76	457,97	0,01	458,27			
89	18834	454,55	457,78	457,78	457,99	0,01	458,29		FIM DA	
88	18634	454,57	457,80	457,80	458,00	0,00	458,30		MURETA	
87	18435	454,59	457,82	457,82	458,02	0,00	458,32			
86	18235	454,61	457,84	457,84	458,03	0,00	458,34			
85	18035	454,63	457,86	457,86	458,05	0,00	458,36			
84	17835	454,65	457,88	457,88	458,06	0,00	458,38			

				TABELA : 4.4					
SUBTRECHO EBV-3 A EBV-4			: CÁLCULO DAS LINHAS D'ÁGUA NOS SUBTRECHOS ENTRE ESTACÕES						
DE BOMBAMENTO E DEFINIÇÃO DAS COTAS DAS MURETAS			MARGENS E MURETAS.						
SEC	L	CF	NA	NA MÁX.	NA MÁX.	ALTURA	COTA	OBS	OBS
			NORMAL	NORMAL	MAXIMOR	MURETA	MARG.		
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
83	17635	454,67	457,90	457,90	458,08	0,00	458,40		
82	17436	454,69	457,92	457,92	458,09	0,00	458,42		
81	17236	454,71	457,94	457,94	458,11	0,00	458,44		
80	17036	454,73	457,96	457,96	458,13	0,00	458,46		
79	16836	454,75	457,98	457,98	458,14	0,00	458,48		
78	16636	454,77	458,00	458,00	458,16	0,00	458,50		
77	16437	454,79	458,02	458,02	458,17	0,00	458,52		
76	16237	454,81	458,04	458,04	458,19	0,00	458,54		
75	16037	454,83	458,06	458,06	458,21	0,00	458,56		
74	15837	454,85	458,08	458,08	458,22	0,00	458,58		
73	15637	454,87	458,10	458,10	458,24	0,00	458,60		
72	15438	454,89	458,12	458,12	458,25	0,00	458,62		
71	15238	454,91	458,14	458,14	458,27	0,00	458,64		
70	15038	454,93	458,16	458,16	458,29	0,00	458,66		
69	14838	454,95	458,18	458,18	458,30	0,00	458,68		
68	14638	454,97	458,20	458,20	458,32	0,00	458,70		
67	14439	454,99	458,22	458,22	458,34	0,00	458,72		
66	14239	455,01	458,24	458,24	458,35	0,00	458,74		
65	14039	455,03	458,26	458,26	458,37	0,00	458,76		
64	13839	455,05	458,28	458,28	458,39	0,00	458,78		
63	13639	455,07	458,30	458,30	458,40	0,00	458,80		
62	13440	455,09	458,32	458,32	458,42	0,00	458,82		
61	13240	455,11	458,34	458,34	458,44	0,00	458,84		
60	13040	455,13	458,36	458,36	458,45	0,00	458,86		
59	12840	455,15	458,38	458,38	458,47	0,00	458,88		
58	12640	455,17	458,40	458,40	458,49	0,00	458,90		
57	12440	455,19	458,42	458,42	458,51	0,00	458,92		
56	12241	455,21	458,44	458,44	458,52	0,00	458,94		
55	12041	455,23	458,46	458,46	458,54	0,00	458,96		
54	11841	455,25	458,48	458,48	458,56	0,00	458,98		
53	11641	455,27	458,50	458,50	458,58	0,00	459,00		
52	11441	455,29	458,52	458,52	458,59	0,00	459,02		
51	11242	455,31	458,54	458,54	458,61	0,00	459,04		
50	11042	455,33	458,56	458,56	458,63	0,00	459,06		
49	10842	455,35	458,58	458,58	458,65	0,00	459,08		
48	10642	455,37	458,60	458,60	458,66	0,00	459,10		
47	10442	455,39	458,62	458,62	458,68	0,00	459,12		
46	10243	455,41	458,64	458,64	458,70	0,00	459,14		
45	10043	455,43	458,66	458,66	458,72	0,00	459,16		
44	9843	455,45	458,68	458,68	458,74	0,00	459,18		
43	9643	455,47	458,70	458,70	458,75	0,00	459,20		
42	9443	455,49	458,72	458,72	458,77	0,00	459,22		
41	9244	455,51	458,74	458,74	458,79	0,00	459,24		
40	9044	455,53	458,76	458,76	458,81	0,00	459,26		
39	8844	455,55	458,78	458,78	458,83	0,00	459,28		
38	8644	455,57	458,80	458,80	458,85	0,00	459,30		
37	8444	455,59	458,82	458,82	458,86	0,00	459,32		
36	8245	455,61	458,84	458,84	458,88	0,00	459,34		
35	8045	455,63	458,86	458,86	458,90	0,00	459,36		
34	7845	455,65	458,88	458,88	458,92	0,00	459,38		
33	7645	455,67	458,90	458,90	458,94	0,00	459,40		
32	7445	455,69	458,92	458,92	458,96	0,00	459,42		
31	7246	455,71	458,94	458,94	458,97	0,00	459,44		
30	7046	455,73	458,96	458,96	458,99	0,00	459,46		
29	6846	455,75	458,98	458,98	459,01	0,00	459,48		
28	6646	455,77	459,00	459,00	459,03	0,00	459,50		
27	6446	455,79	459,02	459,02	459,05	0,00	459,52		
26	6247	455,81	459,04	459,04	459,07	0,00	459,54		
25	6047	455,83	459,06	459,06	459,09	0,00	459,56		
24	5847	455,85	459,08	459,08	459,11	0,00	459,58		
23	5647	455,87	459,10	459,10	459,12	0,00	459,60		
22	5447	455,89	459,12	459,11	459,14	0,00	459,62		

				TABELA :	4.4				
SUBTRECHO EBV-3 A EBV-4		: CÁLCULO DAS LINHAS D'ÁGUA NOS SUBTRECHOS ENTRE ESTACÕES							
DE BOMBEAMENTO E DEFINIÇÃO DAS COTAS DAS MURETAS				MARGENS E MURETAS.					
SEC	L	CF	NA	NA MÁX.	NA MÁX.	ALTURA	COTA	OBS	OBS
			NORMAL	NORMAL	MAXIMOR	MURETA	MARG.		
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
21	5248	455,91	459,13	459,13	459,16	0,00	459,63		
20	5048	455,93	459,15	459,15	459,18	0,00	459,65		
19	4848	455,95	459,17	459,17	459,20	0,00	459,67		
18	4648	455,97	459,19	459,19	459,22	0,00	459,69		
17	4448	455,99	459,21	459,21	459,24	0,00	459,71		
16	4249	456,01	459,23	459,23	459,26	0,00	459,73		
15	4049	456,03	459,25	459,25	459,28	0,00	459,75		
14	3849	456,05	459,27	459,27	459,29	0,00	459,77		
13	3649	456,07	459,29	459,29	459,31	0,00	459,79		
12	3449	456,09	459,31	459,31	459,33	0,00	459,81		
11	3250	456,11	459,33	459,33	459,35	0,00	459,83		
10	3050	456,13	459,35	459,35	459,37	0,00	459,85		
9	2850	456,15	459,37	459,37	459,60	0,00	459,87	J-RES.SALGUEI.	
8	1590	456,15	459,43	459,43	459,60	0,00	459,93	M-RES.SALGUEI.	
7	1391	456,17	459,45	459,47	459,61	0,00	459,95		
6	1193	456,19	459,47	459,52	459,63	0,00	459,97		
5	994	456,21	459,49	459,56	459,64	0,00	459,99		
4	796	456,23	459,51	459,59	459,66	0,00	460,01		
3	597	456,25	459,53	459,61	459,67	0,00	460,03		
2	399	456,27	459,55	459,63	459,69	0,00	460,05		
1	200	456,29	459,56	459,65	459,70	0,00	460,06		
0	0	456,29	459,56	459,65	459,70	0,00	460,06	J - EBV- 3	
PROGRAMA : HTSF11A.BAS									
ARQUIVO : LTSF11VB.XLS									
DIR : TSF3 (07-dez-2000)									

TABELA :5.4									
SUBTRECHO EBV-4 A EBV-5 : CÁLCULO DAS LINHAS D'ÁGUA NOS SUBTRECHOS ENTRE ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO COM DEFINIÇÃO DAS COTAS DAS MARGENS E DAS MURETAS :									
SEC	L	CF	NA	NA MAX.	NA MAX.	ALTURA	COTA	OBS	OBS
	(m)	(m)	NORMAL	NORMAL	MAXIMOR	MURETA	MARG.		
232	66881	501,02	503,81	504,42	504,44	0,43	504,74	M- EBV-5	INÍCIO
231	66731	501,02	503,82	504,42	504,45	0,44	504,75		MURETA
230	66468	501,05	503,84	504,42	504,46	0,42	504,76		
229	66205	501,07	503,87	504,42	504,47	0,41	504,77		
228	65943	501,10	503,89	504,42	504,49	0,39	504,79		
227	65680	501,13	503,92	504,42	504,50	0,38	504,80		
226	65417	501,15	503,95	504,41	504,51	0,36	504,81		
225	65154	501,18	503,97	504,41	504,52	0,35	504,82		
224	64892	501,21	504,00	504,40	504,53	0,34	504,83		
223	64629	501,23	504,03	504,39	504,57	0,34	504,87		
222	64366	501,26	504,05	504,39	504,58	0,33	504,88	J-RES. MOXOTÓ	
221	60626	501,26	504,11	504,41	504,58	0,27	504,88	M-RES. MOXOTÓ	
220	60369	501,29	504,14	504,42	504,62	0,28	504,92		
219	60112	501,31	504,16	504,44	504,63	0,27	504,93		
218	59856	501,34	504,18	504,46	504,65	0,27	504,95		
217	59599	501,36	504,21	504,47	504,67	0,26	504,97		
216	59342	501,39	504,23	504,49	504,68	0,25	504,98		
215	59085	501,42	504,25	504,51	504,70	0,25	505,00		
214	58828	501,44	504,28	504,52	504,72	0,24	505,02		
213	58571	501,47	504,30	504,54	504,73	0,23	505,03		
212	58315	501,50	504,33	504,56	504,75	0,23	505,05		
211	58058	501,52	504,35	504,57	504,77	0,22	505,07		
210	57801	501,55	504,37	504,59	504,79	0,21	505,09		
209	57544	501,58	504,40	504,61	504,81	0,21	505,11		
208	57287	501,60	504,42	504,63	504,83	0,20	505,13		
207	57030	501,63	504,45	504,65	504,84	0,20	505,14		
206	56774	501,65	504,47	504,67	504,86	0,19	505,16		
205	56517	501,68	504,50	504,69	504,88	0,19	505,18		
204	56260	501,71	504,52	504,71	504,90	0,18	505,20		
203	56003	501,73	504,55	504,73	504,92	0,17	505,22		
202	55746	501,76	504,57	504,75	504,94	0,17	505,24		
201	55489	501,79	504,60	504,77	504,96	0,16	505,26		
200	55233	501,81	504,62	504,79	504,98	0,16	505,28		
199	54976	501,84	504,65	504,81	505,00	0,16	505,30		
198	54719	501,86	504,67	504,83	505,02	0,15	505,32		
197	54462	501,89	504,70	504,85	505,04	0,15	505,34		
196	54205	501,92	504,72	504,88	505,06	0,14	505,36		
195	53948	501,94	504,75	504,90	505,08	0,14	505,38	M - AQUED. 1	
194	53692	501,97	504,77	504,92	505,10	0,13	505,40		
193	53435	502,00	504,80	504,94	505,13	0,13	505,43		
192	53178	502,02	504,82	504,96	505,15	0,13	505,45		
191	52921	502,05	504,85	504,99	505,17	0,12	505,47		
190	52664	502,08	504,87	505,01	505,19	0,12	505,49		
189	52407	502,10	504,90	505,03	505,21	0,11	505,51		
188	52151	502,13	504,92	505,05	505,23	0,11	505,53		
187	51894	502,15	504,95	505,08	505,26	0,11	505,56		
186	51637	502,18	504,97	505,10	505,28	0,10	505,58		
185	51380	502,21	505,00	505,12	505,30	0,10	505,60		
184	51123	502,23	505,03	505,15	505,32	0,10	505,62		
183	50866	502,26	505,05	505,17	505,35	0,09	505,65		
182	50610	502,29	505,08	505,19	505,37	0,09	505,67	M - AQUED. 2	
181	50353	502,31	505,10	505,22	505,39	0,09	505,69		
180	50096	502,34	505,13	505,24	505,42	0,09	505,72		
179	49839	502,37	505,15	505,26	505,44	0,08	505,74		

			TABELA : 5.4						
SUBTRECHO EBV-4 A EBV-5 : CÁLCULO DAS LINHAS D'ÁGUA NOS SUBTRECHOS ENTRE ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO COM DEFINIÇÃO DAS COTAS DAS MARGENS E DAS MURETAS :									
SEC	L	CF	NA	NA MAX.	NA MAX.	ALTURA	COTA	OBS	OBS
			NORMAL	NORMAL	MAXIMOR	MURETA	MARG.		
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
178	49582	502,39	505,18	505,29	505,46	0,08	505,76		
177	49325	502,42	505,21	505,31	505,48	0,08	505,78		
176	49069	502,44	505,23	505,34	505,51	0,08	505,81		
175	48812	502,47	505,26	505,36	505,53	0,07	505,83		
174	48555	502,50	505,28	505,38	505,56	0,07	505,86		
173	48298	502,52	505,31	505,41	505,58	0,07	505,88		
172	48041	502,55	505,34	505,43	505,60	0,07	505,90		
171	47784	502,58	505,36	505,46	505,63	0,06	505,93		
170	47528	502,60	505,39	505,48	505,65	0,06	505,95		
169	47271	502,63	505,41	505,51	505,67	0,06	505,97		
168	47014	502,65	505,44	505,53	505,70	0,06	506,00		
167	46757	502,68	505,47	505,56	505,72	0,06	506,02		
166	46500	502,71	505,49	505,58	505,75	0,05	506,05		
165	46243	502,73	505,52	505,61	505,77	0,05	506,07		
164	45987	502,76	505,54	505,63	505,80	0,05	506,10		
163	45730	502,79	505,57	505,66	505,82	0,05	506,12		
162	45473	502,81	505,60	505,68	505,84	0,05	506,14		
161	45216	502,84	505,62	505,71	505,87	0,05	506,17		
160	44959	502,87	505,65	505,73	505,89	0,05	506,19		
159	44702	502,89	505,68	505,76	505,92	0,04	506,22		
158	44446	502,92	505,70	505,78	505,94	0,04	506,24		
157	44189	502,94	505,73	505,81	505,97	0,04	506,27		
156	43932	502,97	505,75	505,83	505,99	0,04	506,29		
155	43675	503,00	505,78	505,86	506,02	0,04	506,32		
154	43418	503,02	505,81	505,88	506,04	0,04	506,34		
153	43161	503,05	505,83	505,91	506,07	0,04	506,37		
152	42905	503,08	505,86	505,94	506,09	0,03	506,39		
151	42648	503,10	505,88	505,96	506,12	0,03	506,42		
150	42391	503,13	505,91	505,99	506,14	0,03	506,44		
149	42134	503,16	505,94	506,01	506,17	0,03	506,47		
148	41877	503,18	505,96	506,04	506,19	0,03	506,49		
147	41620	503,21	505,99	506,06	506,22	0,03	506,52		
146	41364	503,23	506,02	506,09	506,25	0,03	506,55		
145	41107	503,26	506,04	506,12	506,27	0,03	506,57		
144	40850	503,29	506,07	506,14	506,30	0,03	506,60		
143	40593	503,31	506,10	506,17	506,32	0,03	506,62		
142	40336	503,34	506,12	506,19	506,35	0,03	506,65		
141	40079	503,37	506,15	506,22	506,37	0,02	506,67		
140	39823	503,39	506,17	506,25	506,40	0,02	506,70		
139	39566	503,42	506,20	506,27	506,42	0,02	506,72		
138	39309	503,44	506,23	506,30	506,45	0,02	506,75		
137	39052	503,47	506,25	506,32	506,47	0,02	506,77		
136	38795	503,50	506,28	506,35	506,50	0,02	506,80		
135	38538	503,52	506,31	506,38	506,53	0,02	506,83		
134	38282	503,55	506,33	506,40	506,55	0,02	506,85		
133	38025	503,58	506,36	506,43	506,58	0,02	506,88		
132	37768	503,60	506,39	506,46	506,60	0,02	506,90		
131	37511	503,63	506,41	506,48	506,63	0,02	506,93		
130	37254	503,66	506,44	506,51	506,65	0,02	506,95		
129	36997	503,68	506,46	506,54	506,68	0,02	506,98		
128	36741	503,71	506,49	506,56	506,71	0,02	507,01		
127	36484	503,73	506,52	506,59	506,73	0,02	507,03		
126	36227	503,76	506,54	506,61	506,76	0,01	507,06		
125	35970	503,79	506,57	506,64	506,78	0,01	507,08		

			TABELA : 5.4						
SUBTRECHO EBV-4 A EBV-5 : CÁLCULO DAS LINHAS D'ÁGUA NOS SUBTRECHOS ENTRE ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO COM DEFINIÇÃO DAS COTAS DAS MARGENS E DAS MURETAS :									
SEC	L	CF	NA	NA MAX.	NA MAX.	ALTURA	COTA	OBS	OBS
			NORMAL	NORMAL	MAXIMOR	MURETA	MARG.		
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
124	35713	503,81	506,60	506,67	506,81	0,01	507,11		
123	35456	503,84	506,62	506,69	506,84	0,01	507,14		
122	35200	503,87	506,65	506,72	506,86	0,01	507,16		
121	34943	503,89	506,68	506,75	506,89	0,01	507,19		
120	34686	503,92	506,70	506,77	506,91	0,01	507,21		
119	34429	503,95	506,73	506,80	506,94	0,01	507,24		
118	34172	503,97	506,75	506,83	506,97	0,01	507,27		
117	33915	504,00	506,78	506,85	506,99	0,01	507,29		
116	33659	504,02	506,81	506,88	507,02	0,01	507,32		
115	33402	504,05	506,83	506,91	507,04	0,01	507,34		
114	33145	504,08	506,86	506,93	507,07	0,01	507,37		
113	32888	504,10	506,89	506,96	507,10	0,01	507,40		
112	32631	504,13	506,91	506,99	507,12	0,01	507,42		
111	32375	504,16	506,94	507,02	507,15	0,01	507,45		
110	32118	504,18	506,97	507,04	507,17	0,01	507,47		
109	31861	504,21	506,99	507,07	507,20	0,01	507,50		
108	31604	504,24	507,02	507,10	507,23	0,01	507,53		
107	31347	504,26	507,05	507,12	507,25	0,01	507,55		
106	31090	504,29	507,07	507,15	507,28	0,01	507,58		
105	30834	504,31	507,10	507,18	507,31	0,01	507,61		
104	30577	504,34	507,12	507,20	507,33	0,01	507,63		
103	30320	504,37	507,15	507,23	507,36	0,01	507,66		
102	30063	504,39	507,18	507,26	507,38	0,01	507,68		
101	29806	504,42	507,20	507,28	507,41	0,01	507,71		
100	29549	504,45	507,23	507,31	507,44	0,01	507,74		
99	29293	504,47	507,26	507,34	507,46	0,01	507,76		FIM
98	29036	504,50	507,28	507,36	507,49	0,00	507,79		MURETA
97	28779	504,52	507,31	507,39	507,51	0,00	507,81		
96	28522	504,55	507,34	507,42	507,54	0,00	507,84		
95	28265	504,58	507,36	507,45	507,57	0,00	507,87		
94	28008	504,60	507,39	507,47	507,59	0,00	507,89		
93	27752	504,63	507,42	507,50	507,62	0,00	507,92		
92	27495	504,66	507,44	507,53	507,65	0,00	507,95		
91	27238	504,68	507,47	507,55	507,67	0,00	507,97		
90	26981	504,71	507,49	507,58	507,70	0,00	508,00		
89	26724	504,74	507,52	507,61	507,72	0,00	508,02		
88	26467	504,76	507,55	507,64	507,75	0,00	508,05		
87	26211	504,79	507,57	507,66	507,78	0,00	508,08		
86	25954	504,81	507,60	507,69	507,80	0,00	508,10		
85	25697	504,84	507,63	507,72	507,83	0,00	508,13		
84	25440	504,87	507,65	507,74	507,86	0,00	508,16		
83	25183	504,89	507,68	507,77	507,88	0,00	508,18		
82	24926	504,92	507,71	507,80	507,91	0,00	508,21		
81	24670	504,95	507,73	507,83	507,93	0,00	508,23		
80	24413	504,97	507,76	507,85	507,96	0,00	508,26		
79	24156	505,00	507,79	507,88	507,99	0,00	508,29		
78	23899	505,03	507,81	507,91	508,01	0,00	508,31		
77	23642	505,05	507,84	507,94	508,04	0,00	508,34		
76	23385	505,08	507,86	507,96	508,07	0,00	508,37		
75	23129	505,10	507,89	507,99	508,09	0,00	508,39		
74	22872	505,13	507,92	508,02	508,12	0,00	508,42		
73	22615	505,16	507,94	508,04	508,14	0,00	508,44		
72	22358	505,18	507,97	508,07	508,17	0,00	508,47		

TABELA :5.4									
SUBTRECHO EBV-4 A EBV-5 : CÁLCULO DAS LINHAS D'ÁGUA NOS SUBTRECHOS ENTRE ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO COM DEFINIÇÃO DAS COTAS DAS MARGENS E DAS MURETAS :									
SEC	L	CF	NA	NA MAX.	NA MAX.	ALTURA	COTA	OBS	OBS
	(m)	(m)	NORMAL	NORMAL	MAXIMOR	MURETA	MARG.		
71	22101	505,21	508,00	508,10	508,63	0,43	508,93	J-RES. COPITI	INÍCIO
70	19746	504,82	508,06	508,17	508,63	0,37	508,93	M-RES. COPITI	MURETA
69	19487	504,85	508,08	508,18	508,64	0,36	508,94		
68	19227	504,87	508,11	508,19	508,65	0,35	508,95		
67	18967	504,90	508,13	508,21	508,67	0,34	508,97		
66	18708	504,93	508,16	508,22	508,68	0,32	508,98		
65	18448	504,95	508,18	508,24	508,69	0,31	508,99		
64	18188	504,98	508,21	508,25	508,71	0,30	509,01		
63	17929	505,01	508,23	508,27	508,72	0,29	509,02		
62	17669	505,03	508,25	508,29	508,73	0,28	509,03		
61	17409	505,06	508,28	508,30	508,75	0,27	509,05		
60	17150	505,09	508,30	508,32	508,76	0,26	509,06		
59	16890	505,11	508,33	508,35	508,78	0,25	509,08	M - AQUED . 3	
58	16630	505,14	508,35	508,37	508,79	0,24	509,09		
57	16371	505,17	508,38	508,39	508,81	0,23	509,11		
56	16111	505,19	508,40	508,42	508,82	0,22	509,12		
55	15851	505,22	508,43	508,44	508,84	0,21	509,14		
54	15592	505,25	508,45	508,46	508,85	0,20	509,15		
53	15332	505,27	508,48	508,49	508,87	0,19	509,17		
52	15072	505,30	508,51	508,51	508,88	0,18	509,18		
51	14813	505,33	508,53	508,54	508,90	0,17	509,20		
50	14553	505,35	508,56	508,56	508,92	0,16	509,22		
49	14293	505,38	508,58	508,58	508,93	0,15	509,23		
48	14034	505,41	508,61	508,61	508,95	0,14	509,25		
47	13774	505,43	508,63	508,63	508,97	0,13	509,27		
46	13514	505,46	508,66	508,66	508,98	0,13	509,28		
45	13255	505,49	508,68	508,68	509,00	0,12	509,30		
44	12995	505,51	508,71	508,71	509,02	0,11	509,32		
43	12735	505,54	508,73	508,73	509,03	0,10	509,33		
42	12476	505,57	508,76	508,76	509,05	0,09	509,35		
41	12216	505,59	508,79	508,79	509,07	0,09	509,37		
40	11956	505,62	508,81	508,81	509,09	0,08	509,39		
39	11697	505,65	508,84	508,84	509,11	0,07	509,41		
38	11437	505,67	508,86	508,86	509,13	0,06	509,43		
37	11177	505,70	508,89	508,89	509,15	0,06	509,45		
36	10918	505,73	508,91	508,91	509,16	0,05	509,46		
35	10658	505,75	508,94	508,94	509,18	0,04	509,48		
34	10398	505,78	508,97	508,97	509,20	0,04	509,50		
33	10139	505,81	508,99	508,99	509,22	0,03	509,52		
32	9879	505,83	509,02	509,02	509,24	0,02	509,54		
31	9619	505,86	509,04	509,04	509,26	0,02	509,56		
30	9360	505,89	509,07	509,07	509,28	0,01	509,58		
29	9100	505,91	509,10	509,10	509,30	0,01	509,60		FIM
28	8840	505,94	509,12	509,12	509,32	0,00	509,62		MURETA
27	8581	505,97	509,15	509,15	509,34	0,00	509,65		
26	8321	505,99	509,17	509,17	509,36	0,00	509,67		
25	8061	506,02	509,20	509,20	509,38	0,00	509,70		
24	7802	506,05	509,23	509,23	509,41	0,00	509,73		
23	7542	506,07	509,25	509,25	509,43	0,00	509,75		
22	7282	506,10	509,28	509,28	509,51	0,00	509,78	J -RES.BAGRES	
21	5530	506,10	509,35	509,35	509,51	0,00	509,85	M -RES.BAGRES	
20	5264	506,13	509,38	509,38	509,53	0,00	509,88		
19	4997	506,15	509,40	509,40	509,55	0,00	509,90		

			TABELA : 5.4						
SUBTRECHO EBV-4 A EBV-5 : CÁLCULO DAS LINHAS D'ÁGUA NOS SUBTRECHOS ENTRE ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO COM DEFINIÇÃO DAS COTAS DAS MARGENS E DAS MURETAS :									
SEC	L	CF	NA	NA MAX.	NA MAX.	ALTURA	COTA	OBS	OBS
			NORMAL	NORMAL	MAXIMOR	MURETA	MARG.		
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
18	4731	506,18	509,43	509,43	509,58	0,00	509,93		
17	4464	506,20	509,45	509,45	509,60	0,00	509,95		
16	4198	506,23	509,47	509,47	509,62	0,00	509,97		
15	3932	506,26	509,50	509,50	509,64	0,00	510,00		
14	3665	506,28	509,52	509,52	509,66	0,00	510,02		
13	3399	506,31	509,55	509,55	509,68	0,00	510,05		
12	3132	506,34	509,57	509,57	509,70	0,00	510,07		
11	2866	506,36	509,60	509,60	509,72	0,00	510,10		
10	2599	506,39	509,62	509,62	509,75	0,00	510,12		
9	2333	506,42	509,64	509,64	509,77	0,00	510,14		
8	2066	506,44	509,67	509,67	509,79	0,00	510,17		
7	1800	506,47	509,69	509,69	509,81	0,00	510,19		
6	1533	506,50	509,72	509,72	509,83	0,00	510,22		
5	1267	506,52	509,74	509,74	509,86	0,00	510,24		
4	1001	506,55	509,77	509,77	509,88	0,00	510,27		
3	734	506,58	509,79	509,79	509,90	0,00	510,29		
2	468	506,60	509,82	509,82	509,92	0,00	510,32		
1	201	506,63	509,84	509,84	510,01	0,00	510,34		
0	0	506,63	509,84	509,84	510,01	0,00	510,34	J - EBV-4	
PROGRAMA : HTSF14.BAS									
ARQUIVO : LTSF14VB.XLS									
DIR : TSF3		(29-11-2000)							

			TABELA : 6						
SUBTRECHO EBV-5 A EBV-6 : CÁLCULO DAS LINHAS D'ÁGUA ENTRE AS ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO COM DEFIÇÃO DAS COTAS DAS MURETAS .									
SEC	L	CF	NA	NA MÁX.	NA MÁX.	ALTURA	COTA	OBS	OBS
			NORMAL	NORMAL	MAXIMOR	MURETA	MARGEM		
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
56	6022	537,74	540,44	541,01	541,21	0,57	541,51	M - EBV-6	INÍCIO
55	5872	537,74	540,44	541,01	541,21	0,57	541,51		MURETA
54	5785	537,75	540,45	541,00	541,21	0,56	541,51		
53	5698	537,76	540,46	541,00	541,21	0,56	541,51		
52	5610	537,77	540,47	540,99	541,22	0,55	541,52		
51	5523	537,77	540,48	540,99	541,22	0,54	541,52		
50	5436	537,78	540,49	540,98	541,22	0,53	541,52		
49	5349	537,79	540,50	540,98	541,23	0,53	541,53		
48	5262	537,80	540,51	540,97	541,23	0,52	541,53		
47	5174	537,81	540,52	540,97	541,23	0,51	541,53		
46	5087	537,82	540,53	540,96	541,24	0,51	541,54		
45	5000	537,83	540,54	540,96	541,24	0,50	541,54		
44	4913	537,84	540,55	540,95	541,25	0,50	541,55		
43	4826	537,84	540,56	540,94	541,25	0,49	541,55		
42	4738	537,85	540,57	540,93	541,25	0,48	541,55		
41	4651	537,86	540,58	540,92	541,26	0,48	541,56		
40	4564	537,87	540,59	540,91	541,26	0,47	541,56		
39	4477	537,88	540,60	540,89	541,26	0,46	541,56		
38	4390	537,89	540,61	540,87	541,27	0,46	541,57		
37	4302	537,90	540,62	540,83	541,27	0,45	541,57		
36	4215	537,91	540,63	540,78	541,28	0,44	541,58		
35	4128	537,91	540,64	540,75	541,31	0,47	541,61	J-R.BARREIROS	
34	3028	537,91	540,69	540,75	541,31	0,41	541,61	M-R.BARREIROS	
33	2941	537,92	540,70	540,82	541,31	0,40	541,61		
32	2854	537,93	540,71	540,88	541,31	0,40	541,61		
31	2766	537,94	540,72	540,93	541,31	0,39	541,61		
30	2679	537,95	540,73	540,96	541,32	0,39	541,62		
29	2592	537,96	540,74	540,99	541,32	0,38	541,62		
28	2505	537,97	540,75	541,00	541,33	0,38	541,63		
27	2418	537,98	540,76	541,02	541,33	0,37	541,63		
26	2330	537,98	540,77	541,03	541,33	0,37	541,63		
25	2243	537,99	540,78	541,04	541,34	0,36	541,64		
24	2156	538,00	540,78	541,06	541,34	0,36	541,64		
23	2069	538,01	540,79	541,07	541,34	0,35	541,64		
22	1982	538,02	540,80	541,07	541,35	0,35	541,65		
21	1894	538,03	540,81	541,08	541,35	0,34	541,65		
20	1807	538,04	540,82	541,09	541,36	0,34	541,66		

			TABELA :		6				
SUBTRECHO EBV-5 A EBV-6 : CÁLCULO DAS LINHAS D'ÁGUA ENTRE AS ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO COM DEFIÇÃO DAS COTAS DAS MURETAS .									
SEC	L	CF	NA	NA MÁX.	NA MÁX.	ALTURA	COTA	OBS	OBS
			NORMAL	NORMAL	MAXIMOR	MURETA	MARGEM		
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
19	1720	538,05	540,83	541,10	541,36	0,33	541,66		
18	1633	538,05	540,84	541,11	541,37	0,33	541,67		
17	1546	538,06	540,85	541,12	541,37	0,32	541,67		
16	1458	538,07	540,86	541,12	541,37	0,32	541,67		
15	1371	538,08	540,87	541,13	541,38	0,31	541,68		
14	1284	538,09	540,87	541,14	541,38	0,31	541,68		
13	1197	538,10	540,88	541,14	541,39	0,30	541,69		
12	1110	538,11	540,89	541,15	541,39	0,30	541,69		
11	1022	538,12	540,90	541,16	541,40	0,29	541,70		
10	935	538,12	540,91	541,17	541,40	0,29	541,70		
9	848	538,13	540,92	541,17	541,40	0,28	541,70		
8	761	538,14	540,93	541,18	541,41	0,28	541,71		
7	674	538,15	540,94	541,19	541,41	0,27	541,71		
6	586	538,16	540,95	541,19	541,42	0,27	541,72		
5	499	538,17	540,96	541,20	541,42	0,27	541,72		
4	412	538,18	540,96	541,21	541,43	0,26	541,73		
3	325	538,19	540,97	541,22	541,43	0,26	541,73		
2	238	538,19	540,98	541,22	541,44	0,25	541,74		
1	150	538,20	540,99	541,23	541,47	0,28	541,77		FIM
0	0	538,20	540,99	541,23	541,47	0,28	541,77	J - EBV-5	MURETA
PROGRAMA: HTSF13.BAS									
ARQUIVO : LTSF13VB.XLS									
DIR : TSF3 (29 -11-2000)									

		TABELA :	7.2						
SUBTRECHO EBV-6 ATÉ A TOMADA D'ÁGUA DA TUBULAÇÃO FORÇADA P/ PARA O AÇUDE POÇÕES									
CÁLCULO DE LINHAS D'ÁGUA ENTRE AS ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO COM DEFINIÇÃO DAS								COTAS DAS	
MARGENS									
SEC	L	CF	NA	NA MÁX.	NA MÁX.	ALTURA	COTAS	OBS	OBS
			NORM	NORM	MAXIMOR.	MURETA	MARGENS		
	(m)	((m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
131	33900	590,82	593,64	593,64			594,14	M - CC TOMADA	
130	33639	590,85	593,66	593,66			594,16		
129	33377	590,87	593,69	593,69			594,19		
128	33116	590,90	593,72	593,72			594,22		
127	32855	590,92	593,74	593,74			594,24		
126	32594	590,95	593,77	593,77			594,27		
125	32332	590,98	593,80	593,80			594,30		
124	32071	591,00	593,82	593,82			594,32		
123	31810	591,03	593,85	593,85			594,35		
122	31549	591,06	593,87	593,87			594,37		
121	31287	591,08	593,90	593,90			594,40		
120	31026	591,11	593,93	593,93			594,43		
119	30765	591,13	593,96	593,96			594,46		
118	30503	591,16	593,97	593,97			594,47		
117	30242	591,19	594,02	594,02			594,52		
116	29981	591,21	593,98	593,98			594,48		
115	29720	591,24	594,18	594,18			594,68		
114	29458	591,26	593,74	593,74			594,24		
113	29197	591,29	593,37	593,37			593,87	J - TÚNEL	
112	29197	590,19	593,40	593,40			593,90	J - TÚNEL	
111	28937	590,29	593,59	593,59			594,09		
110	28678	590,40	593,77	593,77			594,27		
109	28418	590,50	593,93	593,93			594,43		
108	28159	590,61	594,10	594,10			594,60		
107	27899	590,71	594,25	594,25			594,75		
106	27640	590,81	594,40	594,40			594,90		
105	27380	590,92	594,54	594,54			595,04		
104	27121	591,02	594,68	594,68			595,18		
103	26861	591,12	594,82	594,82			595,32		
102	26602	591,23	594,95	594,95			595,45		
101	26342	591,33	595,08	595,08			595,58		
100	26083	591,44	595,21	595,21			595,71		
99	25823	591,54	595,34	595,34			595,84		
98	25564	591,64	595,47	595,47			595,97		
97	25304	591,75	595,59	595,59			596,09		
96	25045	591,85	595,71	595,71			596,21		
95	24785	591,96	595,83	595,83			596,33		
94	24526	592,06	595,95	595,95			596,45		
93	24266	592,16	596,07	596,07			596,57		
92	24007	592,27	596,18	596,18			596,68		
91	23747	592,37	596,30	596,30			596,80		
90	23488	592,47	596,41	596,41			596,91		
89	23228	592,58	596,53	596,53			597,03		
88	22969	592,68	596,64	596,64			597,14		
87	22709	592,79	596,75	596,75			597,25	M - TÚNEL	
86	22709	593,88	596,78	596,78			597,28	M - TÚNEL	
85	22451	593,91	596,80	596,80			597,30		
84	22193	593,93	596,83	596,83			597,33		
83	21934	593,96	596,85	596,85			597,35		
82	21676	593,98	596,87	596,87			597,37		
81	21418	594,01	596,89	596,89			597,39		

		TABELA :	7.2						
SUBTRECHO EBV-6 ATÉ A TOMADA D'ÁGUA DA TUBULAÇÃO FORÇADA P/ PARA O AÇUDE POÇÕES CÁLCULO DE LINHAS D'ÁGUA ENTRE AS ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO COM DEFINIÇÃO DAS COTAS DAS MARGENS									
SEC	L	CF	NA NORM	NA MÁX. NORM	NA MÁX. MAXIMOR.	ALTURA MURETA	COTAS MARGENS	OBS	OBS
	(m)	((m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
80	21160	594,03	596,92	596,92			597,42		
79	20902	594,06	596,94	596,94			597,44		
78	20643	594,09	596,96	596,96			597,46		
77	20385	594,11	596,99	596,99			597,49		
76	20127	594,14	597,01	597,01			597,51		
75	19869	594,16	597,03	597,03			597,53		
74	19611	594,19	597,06	597,06			597,56		
73	19352	594,22	597,08	597,08			597,58		
72	19094	594,24	597,10	597,10			597,60		
71	18836	594,27	597,13	597,13			597,63		
70	18578	594,29	597,15	597,15			597,65		
69	18320	594,32	597,17	597,17			597,67		
68	18061	594,34	597,20	597,20			597,70		
67	17803	594,37	597,22	597,22			597,72		
66	17545	594,40	597,25	597,25			597,75		
65	17287	594,42	597,27	597,27			597,77		
64	17029	594,45	597,30	597,30			597,80		
63	16770	594,47	597,32	597,32			597,82		
62	16512	594,50	597,34	597,34			597,84		
61	16254	594,53	597,37	597,37			597,87		
60	15996	594,55	597,39	597,39			597,89		
59	15738	594,58	597,42	597,42			597,92		
58	15479	594,60	597,44	597,44			597,94		
57	15221	594,63	597,47	597,47			597,97		
56	14963	594,65	597,49	597,49			597,99		
55	14705	594,68	597,52	597,52			598,02		
54	14447	594,71	597,54	597,54			598,04		
53	14188	594,73	597,57	597,57			598,07		
52	13930	594,76	597,59	597,59			598,09		
51	13672	594,78	597,62	597,62			598,12		
50	13414	594,81	597,64	597,64			598,14		
49	13156	594,84	597,66	597,66			598,16		
48	12897	594,86	597,69	597,69			598,19		
47	12639	594,89	597,71	597,71			598,21		
46	12381	594,91	597,74	597,74			598,24		
45	12123	594,94	597,76	597,76			598,26		
44	11865	594,96	597,79	597,79			598,29		
43	11606	594,99	597,82	597,82			598,32		
42	11348	595,02	597,84	597,84			598,34		
41	11090	595,04	597,87	597,87			598,37		
40	10832	595,07	597,89	597,89			598,39		
39	10574	595,09	597,92	597,92			598,42		
38	10315	595,12	597,94	597,94			598,44		
37	10057	595,15	597,97	597,97			598,47		
36	9799	595,17	597,99	597,99			598,49		
35	9541	595,20	598,02	598,02			598,52		
34	9283	595,22	598,04	598,04			598,54		
33	9024	595,25	598,07	598,07			598,57		
32	8766	595,27	598,09	598,09			598,59		
31	8508	595,30	598,12	598,12			598,62		
30	8250	595,33	598,14	598,14			598,64		
29	7992	595,35	598,17	598,17			598,67		
28	7733	595,38	598,19	598,19			598,69		

		TABELA :	7.2						
SUBTRECHO EBV-6 ATÉ A TOMADA D'ÁGUA DA TUBULAÇÃO FORÇADA P/ PARA O AÇUDE POÇÕES									
CÁLCULO DE LINHAS D'ÁGUA ENTRE AS ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO COM DEFINIÇÃO DAS								COTAS DAS	
MARGENS									
SEC	L	CF	NA	NA MÁX.	NA MÁX.	ALTURA	COTAS	OBS	OBS
			NORM	NORM	MAXIMOR.	MURETA	MARGENS		
	(m)	((m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
27	7475	595,40	598,22	598,22			598,72		
26	7217	595,43	598,25	598,25	598,58	0,13	598,88	J-RES.CAMPOS	INÍCIO
25	6420	595,43	598,31	598,31	598,58	0,07	598,88	M-RES.CAMPOS	MURETA
24	6159	595,46	598,33	598,33	598,60	0,07	598,90		
23	5898	595,48	598,35	598,35	598,61	0,06	598,91		
22	5636	595,51	598,38	598,38	598,63	0,05	598,93		
21	5375	595,53	598,40	598,40	598,64	0,05	598,94		
20	5114	595,56	598,42	598,42	598,66	0,04	598,96		
19	4853	595,59	598,45	598,45	598,68	0,03	598,98		
18	4591	595,61	598,47	598,47	598,70	0,03	599,00		
17	4330	595,64	598,49	598,49	598,71	0,02	599,01		
16	4069	595,66	598,52	598,52	598,73	0,01	599,03		
15	3808	595,69	598,54	598,54	598,75	0,01	599,05		FIM
14	3546	595,72	598,57	598,57	598,77	0,00	599,07		MURETA
13	3285	595,74	598,59	598,59	598,78		599,09		
12	3024	595,77	598,61	598,61	598,80		599,11		
11	2763	595,79	598,64	598,64	598,82		599,14		
10	2501	595,82	598,66	598,66	598,84		599,16		
9	2240	595,85	598,69	598,69	598,86		599,19		
8	1979	595,87	598,71	598,71	598,88		599,21		
7	1718	595,90	598,74	598,74	598,90		599,24		
6	1456	595,93	598,76	598,76	598,92		599,26		
5	1195	595,95	598,79	598,79	598,94		599,29		
4	934	595,98	598,81	598,81	598,96		599,31		
3	673	596,00	598,84	598,84	598,98		599,34		
2	411	596,03	598,86	598,86	599,00		599,36		
1	150	596,06	598,89	598,89	599,02		599,39		
0	0	596,06	598,89	598,89	599,07		599,39	J - CC EBV-6	
PROGRAMA : HTSF15.BAS									
ARQUIVO : LTSF15VC.XLS			;DIR : TSF3 (28 - 11-2000)						



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

ÍNDICE	PG
1. DIMENSIONAMENTO DO CANAL DE APROXIMAÇÃO	1
2. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA ENTRE O CANAL E AÇUDE POÇÕES.....	2
3. DIMENSIONAMENTO DO TÚNEL MONTEIRO	13
4. DIMENSIONAMENTO DAS COMPORTAS NA ENTRADA DOS CANAIS.....	20
5. COMPORTA PARA 18,0 M ³ /S.....	35
6. DERIVAÇÃO DO TRECHO V EIXO LESTE PARA O RIO IPOJUCA - AÇUDE PÃO DE AÇÚCAR	41

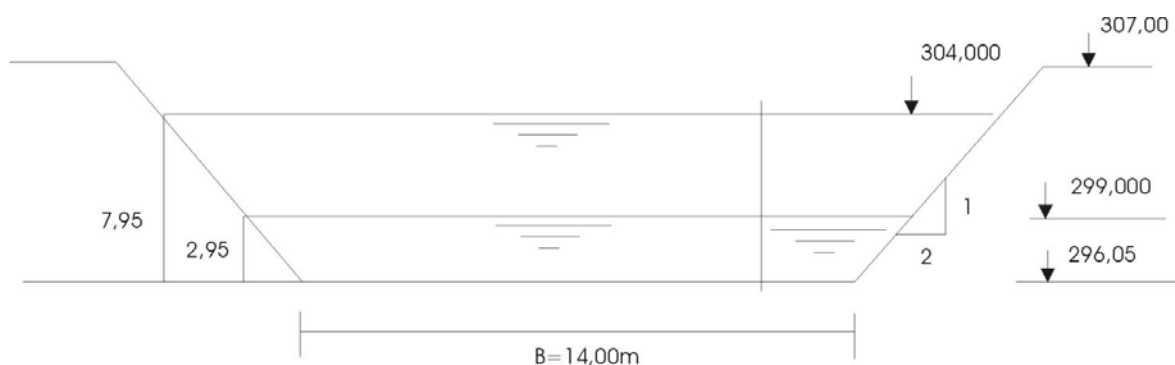


Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

1. DIMENSIONAMENTO DO CANAL DE APROXIMAÇÃO

A vazão máxima que operará o canal de adução é 28,0 m³/s, que corresponde a 4 bombas em funcionamento e a vazão mínima será de 7,0 m³/s, que corresponde a uma bomba funcionando. O canal terá as seguintes dimensões e características:

Vazão máxima	28,0 m³/s
Vazão mínima	7,0 m³/s
Rugosidade de manning	$n=0,035 \text{ s/m}^{1/3}$
Declividade do canal	0,0001 m/m
Declividade do talude	1:2
Largura ou base	14,0m



Com o nível d'água no canal na cota 299,000m e a vazão de 28,0 m³/s

Altura d'água $h=2,95 \text{ m}$
 $V=0,48 \text{ m/s}$

Para adução 7,0 m³/s na cota mínima de reservatório teremos:
Cálculo da área para estas condições

$$S = h(b + 2h) = 2,95(14,00 + 2 \times 2,95) =$$

$$S = 58,7 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{7,00}{58,71} = 0,12 \text{ m/s}$$

Para adução 28,0 m³/s, com a cota no reservatório 304,000m, nível d'água máximo normal teremos:

Cálculo da área para estas condições

$$S = h(b + 2h) = 7,95(14,00 + 2 \times 7,95) = 237,71 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{28,0}{237,715} = 0,12 \text{ m/s}$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Para o NA no reservatório de Itaparica igual a 301,500m a velocidade no canal seria respectivamente:

Para $7,0m^3 / s \therefore h = 2,95 + 2,500 = 5,45m$

$$S = h(b + 2h) = 5,45(14,00 + 2 \times 5,45) = 137,71m^2$$

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{7,0}{137,71} 0,05m / s$$

Para $28,0m^3 / s \therefore h = 5,45m$

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{28,0}{137,71} = 0,20m / s$$

2. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA ENTRE O CANAL E AÇUDE POÇÕES

- Determinação das perdas de carga na adutora

D=2,80m

Q=18,0m³/s

n=0,011 rugosidade de Manning adotada

A velocidade na adutora será

$$V = \pi^2 = \frac{4 \times 18,0}{\pi \cdot 2,80^2}$$

A perda de carga unitária será:

$$i = \frac{n^2 v^2}{R_h^{4/3}} = \frac{0,011^2 \times 2,92^2}{\left(\frac{2,8}{4}\right)^{4/3}} 0,00166m / m$$

Perda de carga na entrada e saída de tubulação e por atrito será:

$$\Delta H_1 = 1,5 \cdot \frac{V^2}{2g} + i \cdot L = \frac{1,52,92^2}{2 \times 9,81} + 0,00166 \times 12000 = 0,65 + 19,92 =$$
$$\Delta H_1 = 20,57m$$

- Cálculo da Tomada D'água

Determinação da submersão – para Q=18,0 m³/s



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

$H_c = 2,8m$; altura da comporta;

$$V_c = \frac{9,00}{2 \times 2,8} = 1,61m/s ; \text{ velocidade na comporta;}$$

$S = 0,4V_c\sqrt{H_c}$ - submergência;

$$S = 0,4 \times 1,61 \times \sqrt{2,8} = 1,08m$$

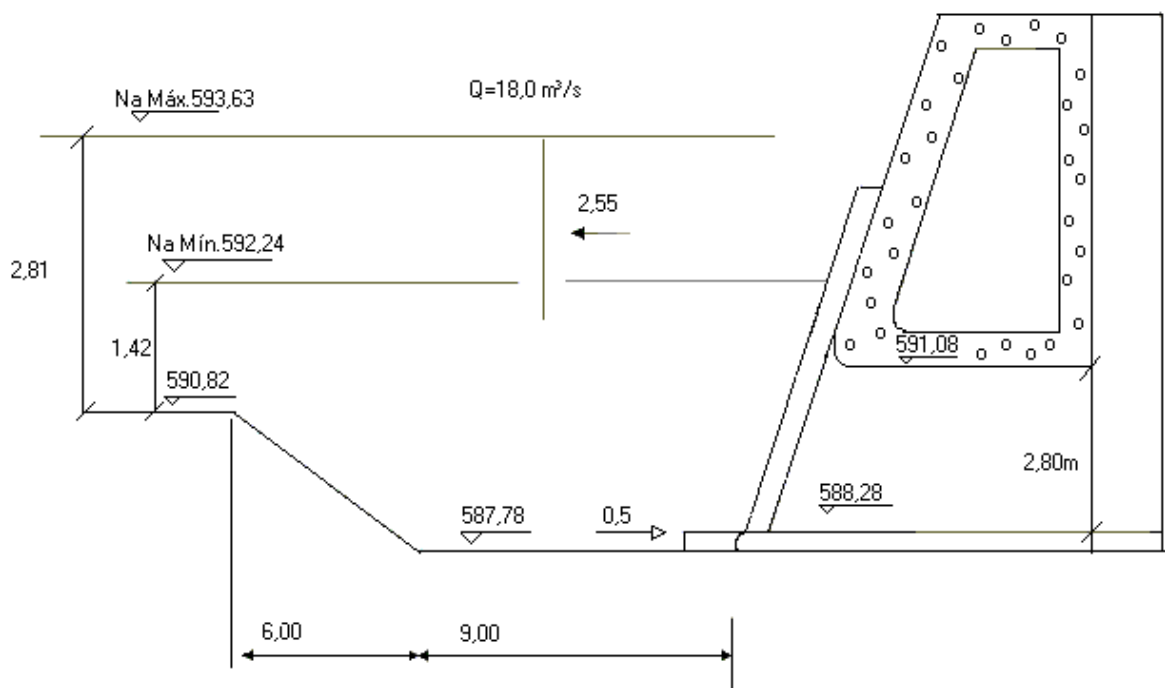
Verificação para $Q = 4,5m^3/s$ - uma bomba funcionando;

$$V_{c1} = \frac{2,25}{2 \times 2,8} = 0,40m/s - \text{ velocidade na comporta;}$$

Submergência

$$\Delta = 0,4 \times 0,40 \times \sqrt{2,8} = 0,27m$$

A altura de submergência adotada para o NA máx. normal é de 2,55m e para o NA mínimo é de 0,81m respectivamente para aduzir as vazões de 18,0 e 4,5m³/s respectivamente.



DETERMINAÇÃO DA PERDA DE CARGA DA ENTRADA ATÉ A ADUTORA

- Perda de carga na entrada



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

$$0,5 \frac{V^2}{2g}$$

A velocidade no tubo para a vazão de 18,0m³/s é dado por:

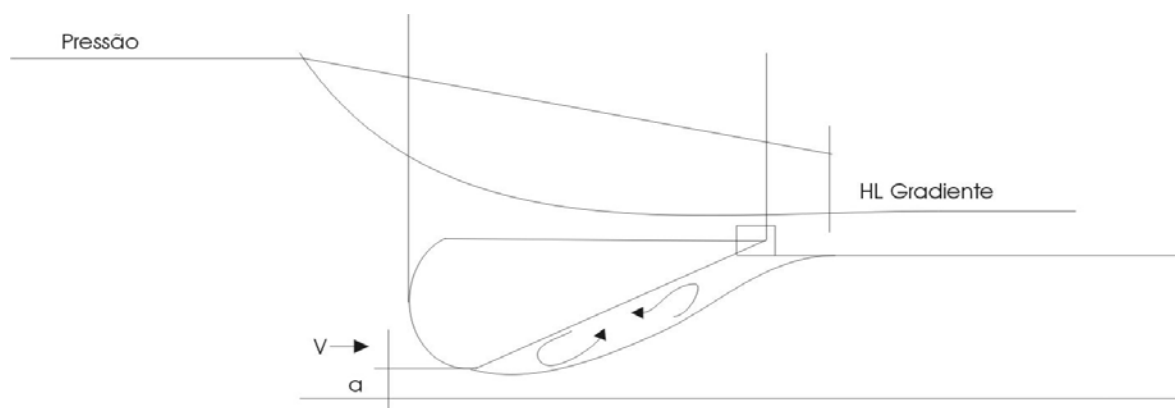
$$V = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

Q=18,0m³/s Vazão;

D=2,80m Diâmetro do tubo;

V= 2,92 m/s ,já calculada anteriormente.

Determinação das dimensões da comporta.



a -Abertura da comporta, m

- Para a abertura, a=1,5m

L=2,00m de largura;

A velocidade na entrada antes da comporta.

$$V = \frac{9,00}{2 \times 2,8} = 1,61 \text{ m/s}$$

$$AV = axL = 1,5 \times 2,0 = 3,0 \text{ m}^2$$

$$Ac = Lxh = 2,0 \times 2,8 = 5,6 \text{ m}^2$$

$$AV = 3,0 = 0,54 - Ku = 3,0 - \text{Loss Coefficient t H.D.Chart 534,1 - HDC}$$

$$K_v = \frac{H_l}{\frac{V^2}{2g}} \therefore K_v = \frac{2gH_c}{V^2}$$

$$H_L = \frac{K_v V^2}{2g}$$

$$H_L = \frac{3,0 \times 1,61^2}{2 \times 9,81} = 0,40 \text{ m}$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Perda de carga entre a entrada e o tubo, será:

$$H + \frac{V^2}{2g} = h + \frac{V_1^2}{2g} + \Delta H_L$$

Para $H = 5,0m$ – teremos :

$$V = \frac{9,00}{5 \times 2,5} = 0,72m/s$$

$$V_1 = \frac{18,0}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{4 \times 18,0}{\pi \times 2,8^2} = 2,92m/s$$

$$\Delta H_L = 0,40m$$

$$h = H + \frac{V^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} - \Delta H_L;$$

$$h = 5,00 + \frac{0,72^2}{2 \times 9,81} - \frac{2,92^2}{2 \times 9,81} - 0,40$$

$$h = 5,00 + 0,03 - 0,43 - 0,40 = 4,20m$$

$$\Delta h = H - h = 5,00 - 4,20 = 0,80m$$

A Perda de Carga Total

$$\Delta H_T = 1,5 \frac{V^2}{2g} + i_x L + \Delta h =$$

$$\Delta H_T = 1,5 \frac{2,92^2}{2 \times 9,81} + 0,00166 \times 12000 + 0,80$$

$$\Delta H_T = 0,65 + 19,92 + 0,80 = 21,37m$$

Carga remanescente $H_R = 25,12 - 21,37 = 3,75m$

$$H_R = 3,75m$$

As cotas do açude Poções foram obtidas na restituição aerofotogramétrica e as características principais estão indicadas a seguir:

	Cota Arbitraria(m)	Cota Real
- Crista	49,70	572,50



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

- NA máx. normal	45,50	568,30
- NA mín.	38,00	560,80
- NA máx. máx.	48,20	571,00
- Cota do Eixo Descarga	37,00	559,80
- Crista Vertedouro	45,50	568,30
- Borda Livre	4,20	4,20
- Diâmetro do Tubo de Descarga		D=0,60m
- Descarga com NA máx. Normal		1,53 m³/s
- Descarga com o NA mínimo		0,455
- Comprimento do Tubo de Descarga		337,5 m
- Comprimento do vertedouro		100,0m
- Lâmina máxima		2,70m
- Vazão		815,64 m³/s
- Bacia de amortecimento		29,0 m
- Cheia Secular		946 m³/s

Para a descarga $Q=815,64 \text{ m}^3/\text{s}$, teremos;

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

$$C = \frac{Q}{LH^{3/2}} = \frac{815,64}{100,0 \times 2,7^{3/2}} = 1,84$$

$$C = \mu\sqrt{2g} \Rightarrow \mu = \frac{C}{\sqrt{2g}} = \frac{1,84}{\sqrt{2 \times 9,81}} = 0,42$$

Pra verter $18,0 \text{ m}^3/\text{s}$ pelo vertedouro Poções a altura da lâmina d'água será:

$$H = \left[\frac{Q}{CL} \right]^{2/3} = \left[\frac{18,0}{1,84 \times 100,0} \right]^{2/3} = 0,21 \text{ m}$$

Nesta condição o NA no reservatório será $568,30 + 0,21 = 568,51 \text{ m}$

A diferença entre NA da tomada d'água e o NA com o vertimento de $18,0 \text{ m}^3/\text{s}$ pelo vertedouro será:
 $593,63 - 568,51 = 25,12 \text{ m}$

A carga remanescente, conforme já indicado anteriormente será:

$$H_R = 3,75 \text{ m}$$

As alturas dos NA na tomada para o funcionamento de uma a quatro bombas será:

1 bomba	$Q=4,5 \text{ m}^3/\text{s} - h=1,42 \text{ m} - \text{NA}=592,24 \text{ m}$
2 bombas	$Q=9,0 \text{ m}^3/\text{s} - h=2,01 \text{ m} - \text{NA}=592,83 \text{ m}$
3 bombas	$Q=13,5 \text{ m}^3/\text{s} - h=2,45 \text{ m} - \text{NA}=593,27 \text{ m}$
4 bombas	$Q=18,0 \text{ m}^3/\text{s} - h=2,81 \text{ m} - \text{NA}=593,63 \text{ m}$

A seguir está apresentada uma tabela comparativa de diâmetros e rugosidade n de Manning do tubo de PVC.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

D (m)	N manning	Q m³/s	V m/s	I m/m	L m	lxL m	n variável	n=0,011
2,7	0,00922	18,0	3,14	0,00142	12.000	17,04	-	
2,7	0,010	18,0	3,14	0,00167	12.000	20,04	3,00	
2,7	0,011	18,0	3,14	0,00201	12.000	24,12	4,08	
2,8	0,00922	18,0	2,92	0,00117	12.000	14,02		
2,8	0,010	18,0	2,92	0,00137	12.000	16,44	2,42	
2,8	0,011	18,0	2,92	0,00166	12.000	19,92	3,48	4,20
2,9	0,011	18,0	2,73	0,00138	12.000	16,56		7,46
3,0	0,011	18,0	2,55	0,00115	12.000	13,80		10,32

Na tabela acima observa-se que a rugosidade de Manning tem uma grande influência no escavamento através do tubo.

Haverá necessidade de controlar a vazão de 18,0 m³/s através de comportas na entrada da tomada d'água.

A relação entre a altura a do munhão e o raio R da comporta adotada será:

$$\frac{a}{R} = 0,8$$

$$\text{Para, } a = 3,10\text{m} \quad R = \frac{3,10}{0,8} = 3,90\text{m}$$

Se colocará grade de proteção na entrada e a velocidade prevista na grade é de 1,0 m/s.

$$V = \frac{9,0}{l.h} = \frac{9,0}{1,2,00} = 1,0\text{m/s}$$

$$l = \frac{9}{2,0 \cdot 1,0} = 4,5\text{m} \therefore S_g = 4,5 \cdot 2,0 = 9,0\text{m}^2$$

Determinação de linha piezométrica no sistema

- Consideraremos a perda entre a grade e o início do tubo será:

$$\Delta h_1 = 0,5 \cdot \frac{2,92^2}{2 \cdot 9,81} + 0,83 = 1,05\text{m}$$

Início 593,63 – 1,05=592,58 m

Adotando a geratriz superior do tubo a 1,50m abaixo desta cota teremos:

592,58-1,50=591,08m

A geratriz inferior ficará a

591,08-2,80=588,28m

-1500m – 0,00166.1500=2,49m

591,08-2,49=588,59m geratriz superior

585,79m geratriz superior

-3000m – 0,00166.1500 = 2,49

588,59-2,49=586,10m geratriz superior

586,10-2,80=583,30m-geratriz superior

-4500m – 0,00166.1500 = 2,49m

586,10-2,49=583,61m-geratriz superior

580,81m geratriz inferior

-6000m – 0,00166.1500 = 2,49

583,61-2,49=581,12m geratriz superior



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

578,32m geratriz inferior·
-7500 – $0,00166 \cdot 1500 = 2,49$
581,12-2,49=578,63m geratriz superior
575,83m geratriz inferior
-9000 – $0,00166 \cdot 1500 = 2,49$
578,63-2,49=576,14 m geratriz superior
573,34 m geratriz inferior
-10500 – $0,00166 \cdot 1500 = 2,49$
576,14-2,49 = 573,65 m geratriz superior
570,85 m geratriz inferior
12000 – $0,0166 \cdot 1500 = 2,49$
573,65-2,49 = 571,16m geratriz superior
568,36m geratriz superior

A saída será:

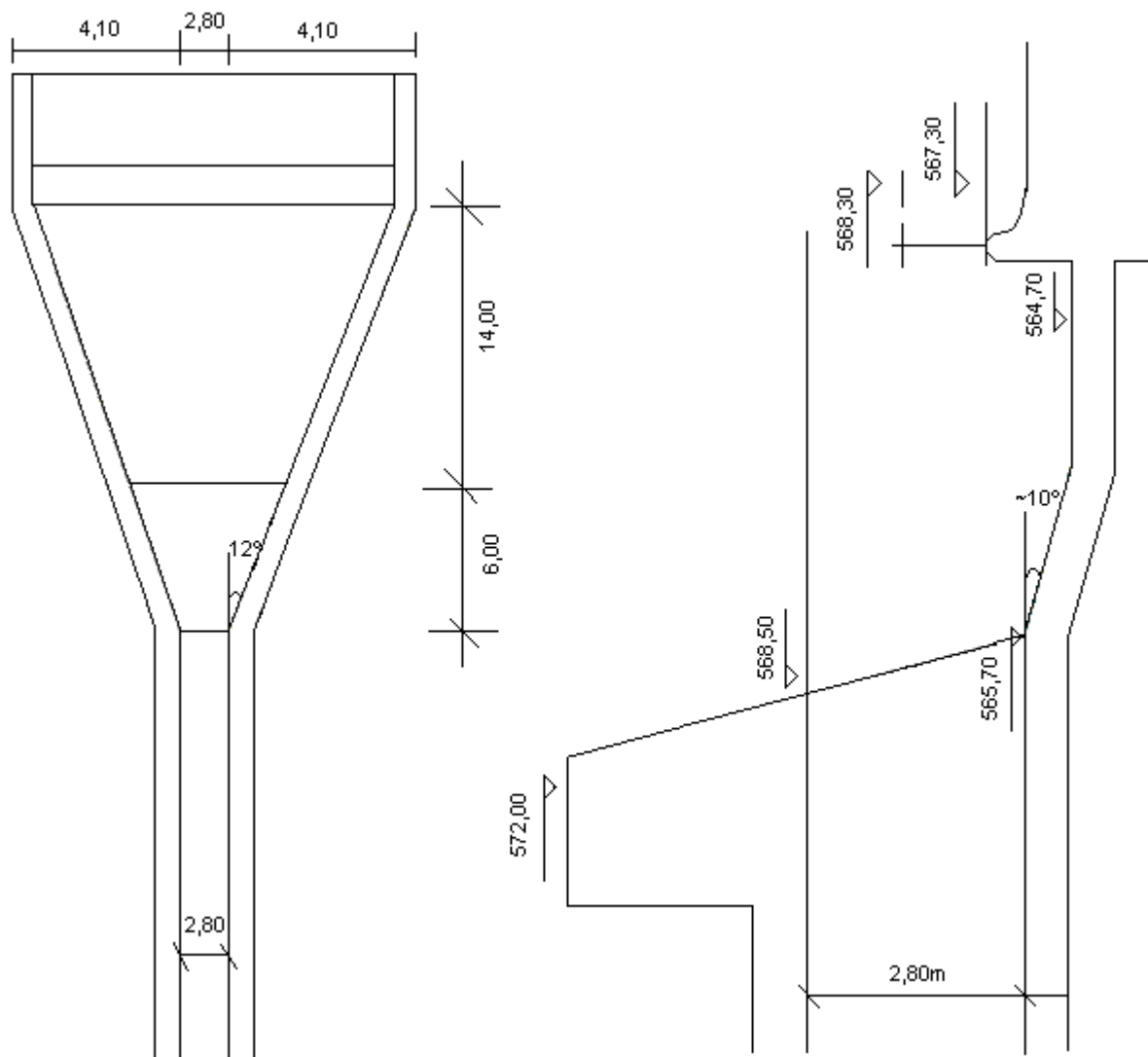
568,50 – geratriz superior

565,70 – geratriz inferior

Parte da carga remanescente deverá ser perdida nos cotovelos e nas curvas durante o escoamento.
Dimensionamento da bacia na saída da tubulação.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico



$$\alpha = 10^\circ$$

$$\operatorname{tg} 10^\circ = 0,18 = \frac{1,0}{X} \therefore X = \frac{1,0}{0,18} \cong 6,00m$$

$$\beta = 12^\circ$$

$$\operatorname{Tg} 12^\circ = 0,21 = \frac{4,10}{\ell} \therefore X = \frac{4,10}{0,21} \cong 20,0m$$

Largura da bacia L para a vazão de 18,0 m³/s



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

$$Q = \mu \sqrt{2g} \cdot L h^{3/2}$$

$$\mu = 0,4; h = 1,00m$$

$$L = \frac{Q}{\mu \sqrt{2g} h^{3/2}} = \frac{18,0}{0,4 \sqrt{2 \cdot 9,81} \cdot 1} = 10,1m \cong 11,0m$$

EQUAÇÃO DA CURVA DE ENTRADA

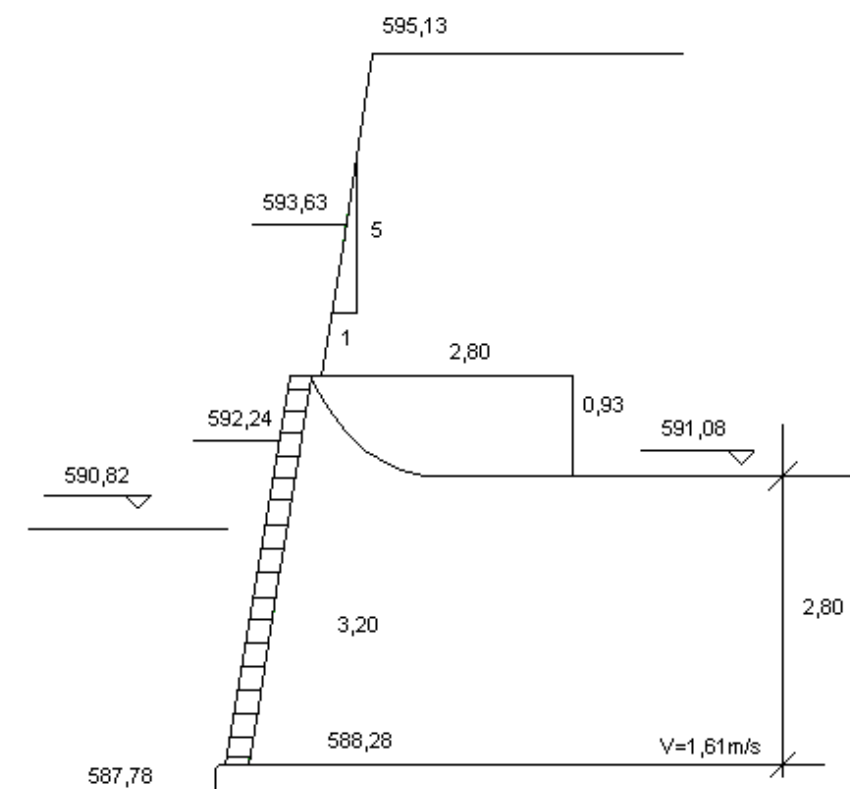
$$\frac{X}{D^2} + \frac{Y^2}{\left(\frac{D}{3}\right)^2} = 1$$

$$X^2 = D^2 \left(1 - \frac{Y^2}{\left(\frac{D}{3}\right)^2} \right) \therefore X = D \sqrt{1 - \frac{Y^2}{\left(\frac{2,8}{3}\right)^2}}$$

Y m	X m
0	2,80
0,20	2,73
0,50	2,36
0,80	4,44
0,85	4,16
0,90	0,74
0,92	0,47
0,93	0,00

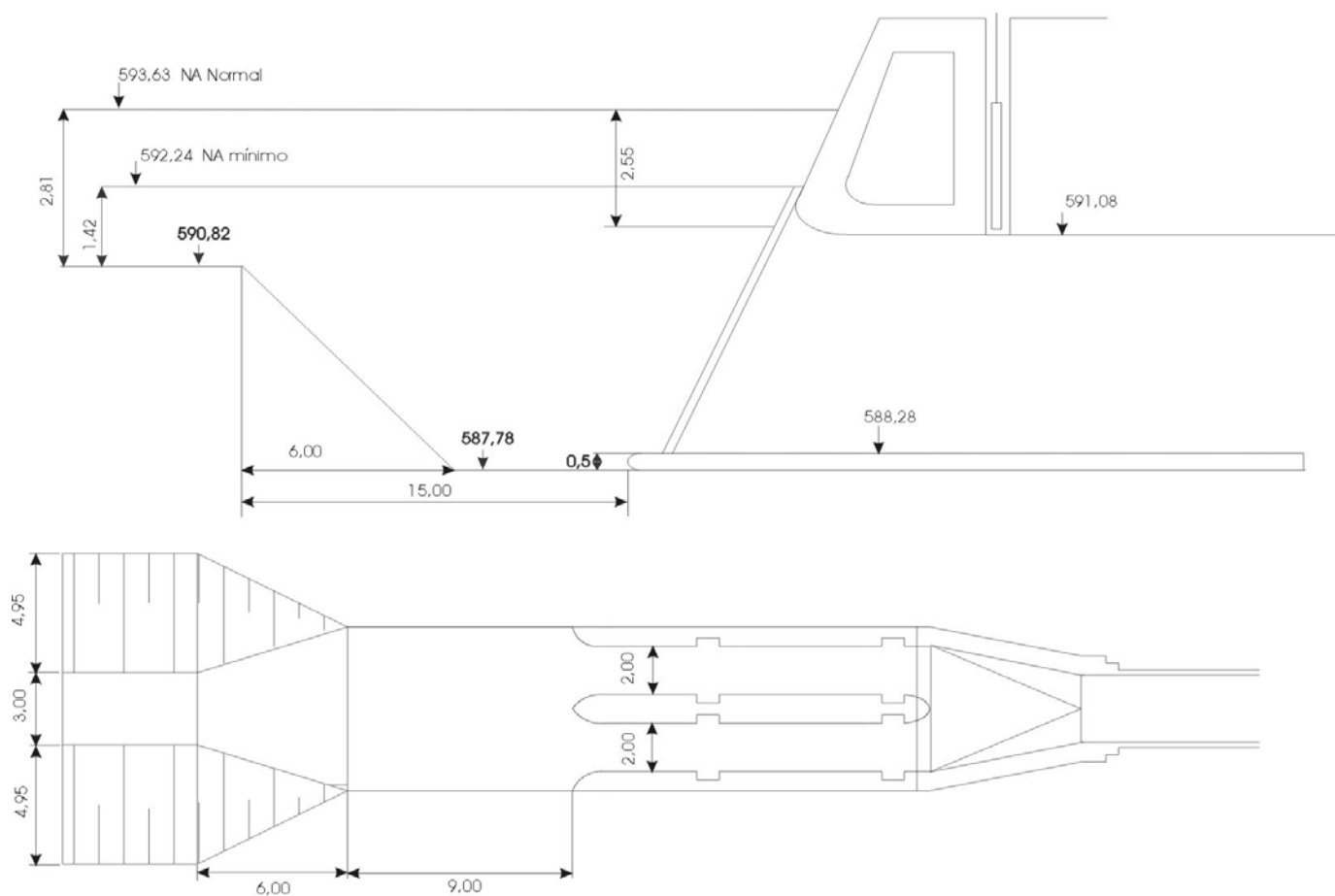


Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico



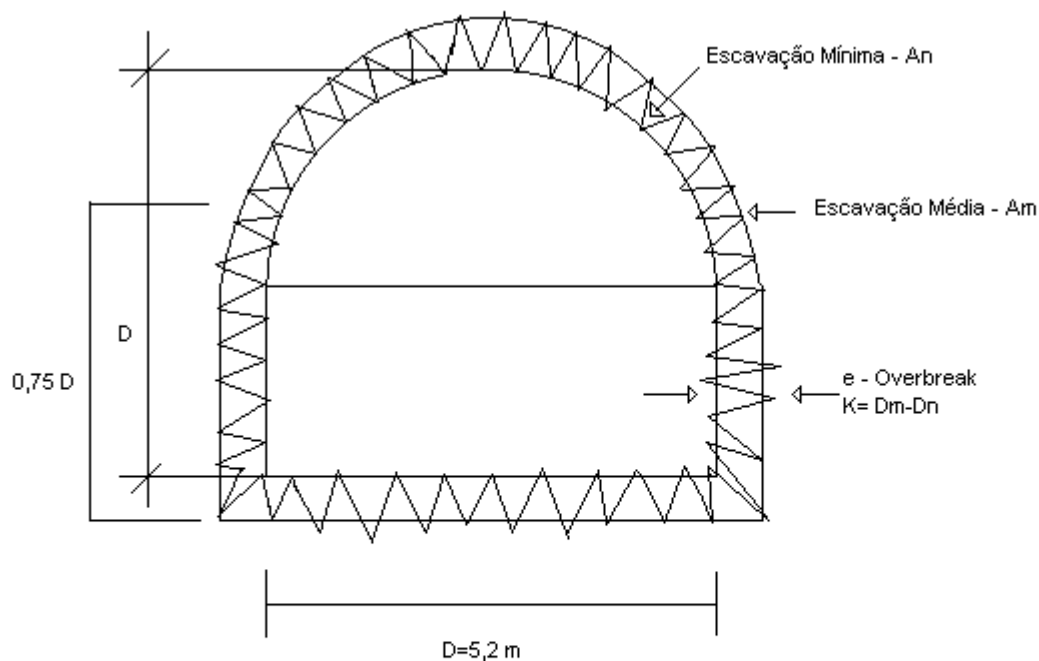


Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico





3. DIMENSIONAMENTO DO TÚNEL MONTEIRO



Para $D = 5,20\text{m}$
 $I = 0,0004\text{m/m}$
 $Q = 18,0 \text{ m}^3/\text{s}$

Área ; $S = 0,739 \cdot 5,2^2 = 19,98\text{m}^2$

Raio Hidráulico $R_H = 0,293 \cdot 5,2 = 1,52$; $R_H^{2/3} = 1,32\text{m}^{2/3}$

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

$n = 0,035 \text{ s/m}^{1/3}$ – rugosidade de Manning - sem revestimento – paredes laterais é aboboda

$$\bar{n} = \left[\frac{\sum \Delta P_i (n_i)^{3/4}}{\sum P_i} \right]^{2/3}$$

$$P = (1 + 1,524)D; \text{m}$$

Perímetro molhado – $P = 2,524 \cdot 5,2 = 13,12\text{m}$

$$\bar{n} = \left[\frac{5,2 \cdot (0,015)^{3/2} + 7,92 \cdot (0,035)^{3/2}}{13,12} \right]^{2/3} \cong 0,028 \text{ s/m}^{1/3}$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

$$Q = \frac{SR_H^{2/3} i^{1/2}}{n} = \frac{19,98.1,32.0,0004^{1/2}}{0,028} =$$

$$Q = 18,84 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo de f pelo Hydraulic Design Criteria

HDC-Sheets 224-1/5 and 224-1/6

Resistance coefficients

Unlined rock tunnels

$$Dm \sqrt{\frac{4 \cdot Am}{\pi}}; Dn \sqrt{\frac{4 \cdot An}{\pi}}$$

$$K = Dm - Dn = \sqrt{\frac{4}{\pi}} (\sqrt{Am} - \sqrt{An})$$

$$\frac{K}{Dm} = \frac{\sqrt{\frac{4}{\pi}} (\sqrt{Am} - \sqrt{An})}{\sqrt{\frac{4}{\pi}} \sqrt{Am}} \therefore \frac{K}{Dm} = \frac{\sqrt{Am} - \sqrt{An}}{\sqrt{Am}}$$

$$\frac{K}{Dm} = 1 - \frac{\sqrt{An}}{\sqrt{Am}} \therefore \frac{Dm}{K} = \frac{1}{1 - \sqrt{\frac{An}{Am}}}$$

$$\frac{Dm}{K} = \frac{1}{1 - \sqrt{\frac{5,2^2}{5,6^2}}} = \frac{1}{1 - 0,929} = 14,00$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

$$\frac{Dm}{k} = \frac{1}{1 - \sqrt{\frac{0,739.5,2^2}{0,739.56^2}}} = \frac{1}{1 - 0,929} = 14,00$$

$$f = \left[\frac{1}{2 \log \frac{Dm}{k} + 1,74} \right]^2 = \left[\frac{1}{2 \log 14,00 + 1,74} \right]^2 = 0,062$$

$$n = \sqrt{\frac{f \cdot D^{1/3}}{124,6}} \Rightarrow n = \frac{f^{1/2} D^{1/6}}{11,162}$$

$$n = \frac{0,062^{1/2} \cdot 5,2^{1/6}}{11,162} = 0,029$$

$$Q = \frac{19,98 \cdot 1,32 \cdot 0,02}{0,029} = 18,19 m^3/s$$

CÁLCULO DOS VERTEDORES

Foi adotado uma lâmina máxima de 0,5m sobre a soleira vertente

$$Q = C \cdot L H^{3/2}$$

$$Q = 1.8 \cdot L (0,5)^{3/2}$$

P/ Q=18 m³/s	L=28,28 m
Q=28 m³/s	L=44,0 m

Adotado

P/ Q=18 m³/s	L=30,0m
Q=28 m³/s	L=45,0m

Cálculo das Válvulas Dispersoras

a) Tomada d'água

Como norma geral, foi adotada que a velocidade nas grades de tomadas d'água, a velocidade não deve ultrapassar à 1,0 m/s.

Portanto como as vazões de derivação de Copiti e de Múquem são de 18,0 e 10,0 m³/s respectivamente, as áreas das tomadas serão:

2 X 2,0	5,0 m= 2X10 m²	Copiti
2 X 2,0	3,0 m= 2X6 m²	Muquém

O nível mínimo nos reservatórios corresponde ao nível do fundo do canal mais a altura da lâmina d'água correspondente ao fornecimento de uma bomba.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

A tomada d'água deverá estar se possível a meia altura entre o fundo do reservatório e o NA Mín do mesmo com o objetivo de se evitar assoreamento.

NA Mín	NA Normal	Reservatório
506,41m	508,06 m	Copiti
454,70m	456,40 m	Muquém

Cálculo das Válvulas

a) Copiti	NA mín 506,40 m	$\Delta h = 10,40m$
	Cota Fundo 496,00 m	

$$9,0 = \frac{\pi D^2}{4} 0,6 \sqrt{2 \times 9,81 \times 10,4}$$

$$D^2 = \frac{9,0 \times 4,0}{0,6 \pi \sqrt{2 \times 9,81 \times 10,4}} = 1.1677 ; \quad D_v = 1.20m ; \text{diâmetro da válvula adotada,}$$

$$\text{TUBO } \frac{18}{V} = S ; V = 4.0m/s ; 4,5 = \frac{\pi D^2}{4} \quad D = 2,4 m$$

b) MUQUÉM	NA Mín 454,70 m
	Cota Fundo 446,00 m ; $\Delta h = 8.5 m$

$$5,0 = \frac{\pi D^2}{4} 0,6 \sqrt{2 \times 9.81 \times 8,5}$$

$$\frac{5,0 \times 40}{\pi \times 0,6 \sqrt{2 \times 9,81 \times 8,5}} = D^2 \quad D_v = 0,94 m \quad D_v = 0,90m ; \text{diâmetro da válvula adotada}$$

$$2,5 = \frac{\pi D^2}{4} \quad D_t = 1,80 m$$

As perdas na tabulação, emboque, válvula de gaveta etc..., não foram levadas em conta no cálculo, nesta fase.

Estes cálculos deverão ser verificados no projeto executivo.

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

F adotado o coeficiente C=0,6 para os cálculos.

c) Cálculo do diâmetro das válvulas dispersoras para uso Difuso.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

$$Q = 2 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Grade - área da grade = $1,0 \times 3,0 = 3,0 \text{ m}^2$

Diâmetro do tubo

$$DT \Rightarrow S = \frac{Q}{V} = \frac{2,0}{4,0} = \frac{\pi D^2}{4} = 0,5 \quad DT = 0,8 \text{ m}$$

Diâmetro da válvula

$$Dv \Rightarrow Q_v = CS\sqrt{2gh} \therefore Q_v = C\pi \frac{D_v^2}{4} \sqrt{2gh}; Q_v = 1,0 \text{ m}^3 / \text{s}; 4 = 4,0 \text{ m}$$

$$D_v^2 = \frac{4Q_v}{C\pi\sqrt{2gh}} = \frac{4 \cdot 1,0}{0,670\sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 4,0}}$$

$$Dv = 0,4 \text{ m} \quad ; \quad Dv = 0,5 \text{ m} ; \text{ adotado}$$

ESTIMATIVA DE TUBULAÇÃO PARA USO DIFUSO AO LONGO DO CANAL – SEM BOMBA

a) Cálculo de diâmetro de tubulação de saída para as vazões de :

0,1 m³/s

0,2 m³/s

0,5 m³/s

Foi considerado o NA máx. com uma bomba funcionando e foi adotado o NA mín. de $\Delta h = 1,40 \text{ m}$

$$\frac{0,6\pi D^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 10}$$

$$Q = VS \therefore V = 0,75 \text{ m/s adotado}$$

$$Q = V \frac{\pi D^2}{4} \therefore D^2 = \frac{4Q}{VTU}$$

Para $Q = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ – $D = 0,40 \text{ m}$

$0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ – $D = 0,60 \text{ m}$

$0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ – $D = 0,90 \text{ m}$

Cálculo da canaleta de drenagem ;

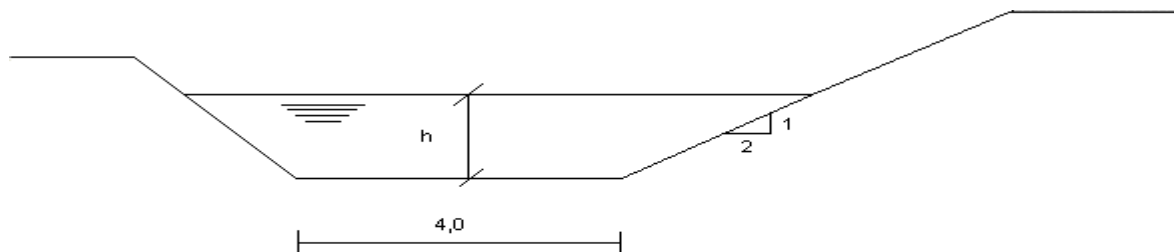
Barra 3 – Riacho do Mato Mole

O pico 50 anos 11; m³/s

100 anos 12,5 m³/s



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico



declividade

$i = 0.0002 \text{ m/m}$

Coeficiente de Manning

Altura d'água

Velocidade

$n = 0,035 \text{ m/m}$

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

$v = 0,53 \text{ m/s}$

$n = 0,030 \text{ s/m}^{1/3}$

$h = 2,39 \text{ m}$

$v = 0,60 \text{ m/s}$

$n = 0,025 \text{ s/m}^{1/3}$

$h = 2,19 \text{ m}$

$v = 0,68 \text{ m/s}$

Cálculo das Muretas.

a) Trecho 6. EBV-VI – Monteiro.

$7.217 - 3.808 = 3.409 \text{ m}$ $\Delta h = 0,20$

b) Trecho EBV-V # EBV-VI

$6.022 - 2.940 = 3.082 \text{ m}$ $\Delta h = 0,60m \text{ X2}$

$2.940 - 2.940 \text{ m}$ $\Delta h = 0,40m \text{ X2}$

c) Trecho EBV-4 – EBV-5

$66.881 - 57.030 = 9.851$ $\Delta h = 0,40m \text{ X2}$

$57.030 - 29.293 = 27.737$ $\Delta h = 0,20m \text{ X2}$

$22.101 - 15.592 = 6.509$ $\Delta h = 0,40m \text{ X2}$

$15.592 - 9.100 = 6.492$ $\Delta h = 0,20m \text{ X2}$

d) Trecho EBV-III – EBV-4

$60.606 - 49.764 = 10.842$ $\Delta h = 1,10 \text{ m} \text{ x2}$

$59.874 - 49.764 = 10.110$ $\Delta h = 1,00m \text{ x2}$

$53.154 - 49.764 = 3.390$ $\Delta h = 0,80m \text{ x2}$



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

34.409 – 33.020 = 1.389	$\Delta h = 0,80m \times 2$
49.764 – 46.174 = 3.590	$\Delta h = 0,60m \times 2$
33.020 – 29.024 = 3.996	$\Delta h = 0,60m \times 2$
46.174 – 41.987 = 4.187	$\Delta h = 0,40m \times 2$
29.024 – 24.828 = 4.196	$\Delta h = 0,40m \times 2$
41.987 – 36.204 = 5.783	$\Delta h = 0,20m \times 2$
24.828 – 18.834 = 5.994	$\Delta h = 0,20m \times 2$

e) Trecho EBV-II – EBV-3

18.410 – 14.620 = 3.790	$\Delta h = 0,80m \times 2$
14.620 – 11.384 = 3.236	$\Delta h = 0,60m \times 2$
11.384 – 7.069 = 4.315	$\Delta h = 0,40m \times 2$
7.069 – 1.840 = 5.229	$\Delta h = 0,20m \times 2$

f) Trecho EBV-1 – EBV-2

RESUMO DAS QUANTIDADES

COMPRIMENTO DA MURETA X ALTURA X						
ALTURAS	0,20 m	0,40 m	0,60 m	0,80 m	1,00 m	1,10 m
EBV-1 – EBV-2						
EBV-2 – EBV-3	5.229	4.315	3.236	3.790		
EBV-3 – EBV-4	11.777	8.383	7.586	4.779	6.720	732
EBV-4 – EBV-5	34.229	16.360				
EBV-5 – EBV-6		2.940	3.082			
EBV-6-MONT.	3.409					
SUBTOTAL	54.644	31.998	13.904	8.569	6.720	732
(X) 2 TOTAL	109.288	63.996	27.808	17.138	13.440	1.464

TRECHO V - Resumo

Estaca

Mureta 0,20 m	21 + 600 a 24 + 700
Mureta 0,40 m	24 + 700 a 28 + 900
Mureta 0,60 m	28 + 900 a 32 + 360
Mureta 0,80 m	34 + 460 a 35 + 700
Mureta 0,20 m	54 + 950 a 60 + 950
Mureta 0,40 m	60 + 950 a 69 + 380
Mureta 0,20 m	72 + 350 a 78 + 350
Mureta 0,40 m	78 + 350 a 82 + 550
Mureta 0,60 m	82 + 550 a 86 + 150
Mureta 0,80 m	86 + 150 a 89 + 350
Mureta 1,00 m	89 + 350 a 91 + 330
Mureta 1,10 m	95 + 700 a 96 + 550
Mureta 0,20 m	106 + 100 a 112 + 600
Mureta 0,40 m	112 + 600 a 117 + 200
Mureta 0,20 m	126 + 600 a 154 + 000
Mureta 0,40 m	154 + 000 a 163 + 700
Mureta 0,40 m	164 + 200 a 166 + 700



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Mureta 0,60 m	168 + 300 a 170 + 000
Mureta 0,20 m	174 + 030 a 176 + 770

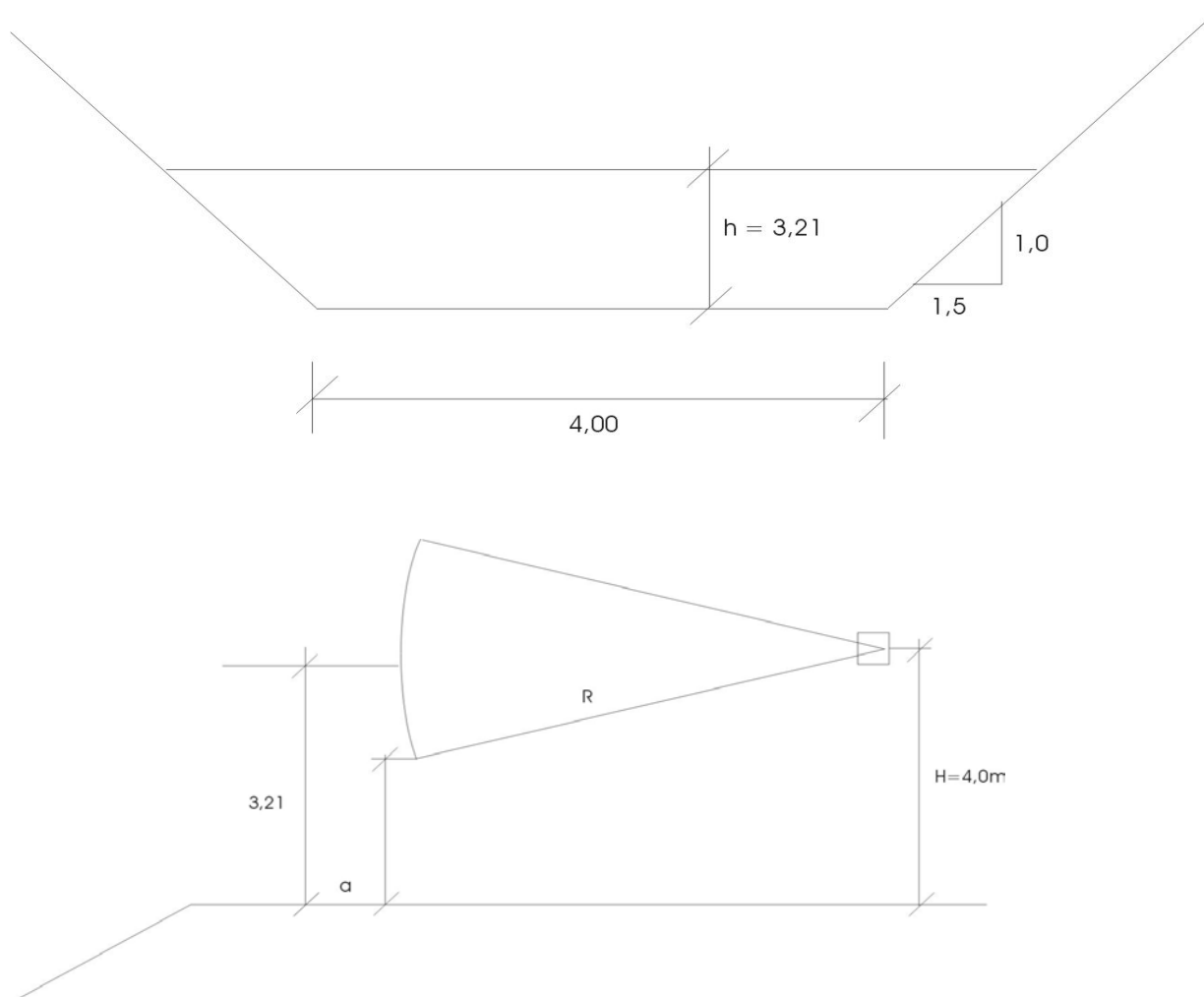
4. DIMENSIONAMENTO DAS COMPORTAS NA ENTRADA DOS CANAIS

Comportas para 28,0 m³/s.

1) Alternativa

Considerando a carga de montante $h = 3,21$ m igual a carga a jusante da comporta para o canal cujas características são:

Para $Q = 28,0$ m³/s ; $h = 3,21$ m ; $v = 0,99$ m/s
 $n = 0,015$ s³/m - Coeficiente de rugosidade de Manning
 $i = 0,0001$ m/m - declividade



Determinação do raio R da comporta



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

$$\frac{H}{R} = 0,63 \therefore R = \frac{H}{0,63} = \frac{4,0}{0,63} \cong 6,35m$$

1 Características do escoamento

Para $Q = 28,0 \text{ m}^3/\text{s}; h = 3,21\text{m}; v = 0,99 \text{ m/s}$
 $21,0 \text{ m}^3/\text{s}; h = 2,79\text{m}; v = 0,92 \text{ m/s}$
 $14,0 \text{ m}^3/\text{s}; h = 2,28\text{m}; v = 0,83 \text{ m/s}$
 $7,0 \text{ m}^3/\text{s}; h = 1,59\text{m}; v = 0,69 \text{ m/s}$

Dimensionamento da abertura da Comporta para as seguintes características, vazão de escoamento para duas comportas $21,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ou seja $10,5 \text{ m}^3/\text{s}$ por comporta.

Altura d'água a Montante	$H = 3,21 \text{ m}$
Altura d'água a Jusante	$h_j = 2,79 \text{ m}$
Largura da Comporta	$b = 2,5 \text{ m}$
Coeficiente ϕ de velocidade	$0,97$

1ª Tentativa - $1,8 \text{ m}$ abertura da comporta

$$\frac{a}{H} = \frac{1,8}{3,21} = 0,561 \quad ; \quad \xi' = 0,652$$

Para $0,05 \text{-----} 0,01$
 $0,011 \text{-----} X$ $X = 0,002$

$$hc = \varepsilon a = 0,652 \cdot 1,8 = 1,174m$$

$$\frac{h_j}{hc} \left(\frac{h_j}{hc} + 1 \right) = \frac{2,79}{1,174} \left(\frac{2,79}{1,174} + 1 \right) = 8,024$$

$$4\phi^2 \left(\frac{H}{hc} - 1 \right) = 4 \cdot 0,97^2 \left(\frac{3,21}{1,174} - 1 \right) = 6,527$$

$8,024 > 6,527$ escoamento afogado

A vazão para abertura submersa é:

$$Q = \mu \cdot a \cdot b \cdot \sqrt{2g(H - h_z)}$$

$$\mu = \phi \varepsilon' = 0,97 \cdot 0,652 = 0,632$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

$$M = 4\mu^2 a^2 \frac{hj - hc}{hj \cdot hc} = 4,0,0,632^2 \cdot 1,8^2 \frac{2,79 - 1,174}{2,79 \cdot 1,174}$$

$$M = 2,554$$

$$hz = \sqrt{h^2 \cdot j - M \left(H - \frac{M}{4} \right)} + \frac{M}{2}$$

$$hz = \sqrt{2,79^2 - 2,554 \left(3,21 - \frac{2,554}{4} \right)} + \frac{2,554}{2} = 2,380m$$

$$h7 = 2,380m < hj = 2,79m$$

A vazão será:

$$Q = \mu \cdot a \cdot b \sqrt{2q(H - hz)} =$$

$$Q = 0,632 \cdot 1,8 \cdot 2,5 \sqrt{2 \cdot 9,81(3,21 - 2,38)} =$$

$$Q = 11,477m^3 / s > 10,5m^3 / s$$

2ª Tentativa $a = 1,6 m$

$$\frac{a}{H} = \frac{1,6}{3,21} = 0,498 \quad \varepsilon' = 0,645$$

$$\begin{array}{l} 0,05 \text{ ————— } 0,007 \\ 0,048 \text{ ————— } X \end{array} \quad X = 0,007$$

$$hc = \varepsilon' \cdot a = 0,645 \cdot 1,6 = 1,032m$$

$$\frac{hj}{hc} \left(\frac{hj}{hc} + 1 \right) = \frac{2,79}{1,032} \left(\frac{2,79}{1,032} + 1 \right) = 10,012$$

$$4\phi^2 \left(\frac{H}{hc} - 1 \right) = 4,0,97^2 \left(\frac{3,21}{1,032} - 1 \right) = 7,943$$

$10,012 > 7,943$ abertura submersa



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

$$Q = \mu \cdot a \cdot b \cdot \sqrt{2g(H - h_z)}$$

$$\mu = \phi \varepsilon' = 0,97 \cdot 0,645 = 0,626$$

$$M = 4\mu^2 a^2 \frac{hj - hc}{hj \cdot hc} = 4 \cdot 0,626^2 \cdot 1,6^2 \frac{2,79 - 1,032}{2,79 \cdot 1,032}$$

$$M = 2,450$$

$$h_z = \sqrt{2,79^2 - 2,45 \left(3,21 - \frac{2,45}{4} \right)} + \frac{2,45}{2} = 2,417m$$

$$h_z = 2,417m < hj = 2,79m$$

A vazão será:

$$Q = \mu \cdot a \cdot b \cdot \sqrt{2g(H - h_z)} = 0,626 \cdot 1,6 \cdot 2,5 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81(3,21 - 2,417)}$$

$$Q = 9,877m^3 / s$$

3ª Tentativa $a = 1,5m$ $L = 3,00m$

$$\frac{a}{H} = \frac{1,5}{3,21} = 0,467 \quad ; \quad \varepsilon' = 0,640$$

$$0,05 \text{---} 0,007$$

$$0,017 \text{---} X$$

$$X = 0,002$$

$$hc = \varepsilon' a = 0,640 \cdot 1,5 = 0,960$$

$$\frac{hj}{hc} \left(\frac{hj}{hc} + 1 \right) = \frac{2,79}{0,96} \left(\frac{2,79}{0,96} + 1 \right) = 11,35$$

$$4\phi^2 \left(\frac{H}{hc} - 1 \right) = 4 \cdot 0,97^2 \left(\frac{3,21}{0,96} - 1 \right) = 8,82$$

$11,35 > 8,82$ abertura submersa



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

$$Q = \mu.a.b.\sqrt{2g(H - h_z)}$$

$$\mu = \varphi\varepsilon' = 0,97.0,64 = 0,621$$

$$M = 4\mu^2 a^2 \frac{h_j - h_c}{h_j.h_c} = 4.0,621^2 .1,5^2 \frac{2,79 - 0,96}{2,79.0,96}$$

$$M = 2,371$$

$$h_z = \sqrt{2,79^2 - 2,371\left(3,21 - \frac{2,371}{4}\right)} + \frac{2,371}{2} = 2,442m$$

$$h_z = 2,442m < h_j = 2,79m$$

A Vazão Q será:

$$Q = \mu.a.b.\sqrt{2g(H - h_z)} = 0,621.1,5.3,0\sqrt{2.9,81(3,21 - 2,442)}$$

$$Q = 10,848m^3 / s$$

Verificação pelo HDC chart 320-8/1

$$Q = Cs.L.h_j\sqrt{2gh}$$

$$L = 3,0 \text{ m}$$

$$a = 1,50 \text{ m}$$

$$h = h_m - h_j = 3,21 - 2,79 = 0,42m$$

$$\frac{h_j}{a} = \frac{2,79}{1,50} = 1,86; Cs = 0,445$$

$$Q = 0,52.0,445.2,79\sqrt{2.9,81.0,42} = 10,692m$$

Dimensionamento das aberturas das comportas para a vazão de 14,00 m³/s duas bombas funcionando, 7,0 m³/s por vão:

Altura d'água a montante	H = 3,21 m
Altura d'água a jusante	h _j = 2,28 m
Velocidade	v = 0,83 m/s
Largura da Comporta	b = 3,00 m/s
Coeficiente φ de velocidade	0,97

Cálculo da abertura da comporta com escoamento submerso na saída usamos a curva do HDC Chart 320-8/1



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

$$Q = C_s.L.h_j\sqrt{2gh}$$

$$h = h_m - h_j = 3,21 - 2,28 = 0,93m$$

Para $a = 1,0$ m - abertura da comporta

$$\frac{h_j}{a} = \frac{2,28}{1,0} = 2,28 \quad ; \quad C_s = 0,36$$

$$Q = 0,36.3,00.2,28\sqrt{2.9,81.0,93} = 10,518m^3 / s$$

Para $a = 0,74m$ - abertura da comporta

Verificação $a = 0,74$ m

$$\frac{a}{H} = \frac{0,74}{3,21} = 0,231 \quad ; \quad \xi' = 0,621 \quad ; \quad \varphi = 0,97$$

$$\begin{array}{rcl} 0,05 & \text{---} & 0,002 \\ 0,031 & \text{---} & X \end{array} \quad X=0,001$$

$$hc = \varepsilon' a = 0,621.0,74 = 0,46m$$

$$\frac{h_j}{hc} \left(\frac{h_j}{hc} + 1 \right) = \frac{2,28}{0,46} \left(\frac{2,28}{0,46} + 1 \right) = 29,524$$

$$4\varphi^2 \left(\frac{H}{hc} - 1 \right) = 4.0,97^2 \left(\frac{3,21}{0,46} - 1 \right) = 22,500$$

$29,524 > 22,500$ escoamento afogado.

A vazão será dada por:



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

$$Q = \mu . a . b . \sqrt{2g(H - h_z)}$$

$$\mu = \varphi \varepsilon' = 0,97 . 0,621 = 0,602$$

$$M = 4 \mu^2 a^2 \frac{h_j - h_c}{h_j . h_c} = 4 . 0,602^2 . 0,74^2 \frac{2,28 - 0,46}{2,28 . 0,46} = 1,378$$

$$M = 1,378$$

$$h_z = \sqrt{h^2 j - M \left(H - \frac{M}{4} \right)} + \frac{M}{2} = \sqrt{2,28^2 - 1,378 \left(3,21 - \frac{1,378}{4} \right)} + \frac{1,378}{2} =$$

$$h_z = 1,807m$$

$$h_z = 1,807m < h_j = 2,28m$$

A Vazão será

$$Q = \mu . a . b . \sqrt{2g(H - h_z)} =$$

$$Q = 0,602 . 0,74 . 3,00 \sqrt{2 . 9,81 (3,21 - 1,807)} = 7,012 m^3 / s$$

Dimensionamento das aberturas das comportas para a vazão de 7,0 m³/s para o funcionamento de uma bomba.

Altura d'água a Montante	H = 3,21 m
Altura d'água a Jusante	h _j = 1,59 m
Velocidade	v = 0,69 m/s
Largura da Comporta	b = 3,00 m

Cálculo da abertura da comporta para o escoamento submerso na saída.
Usando a curva do HDC chart 320-8/1

$$Q = C_s . L . h_j \sqrt{2gh}$$

$$h = H - h_j = 3,21 - 1,59 = 1,62m$$

Para $a = 0,5m$ - abertura da comporta

$$\frac{h_j}{a} = \frac{1,59}{0,40} = 3,975 ; C_s = 0,19$$

$$Q = 0,19 . 3,00 . 1,59 \sqrt{2 . 9,81 . 1,62} = 5,11 m^3 / s$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Para $a = 0,28m$ - abertura da comporta

$$\frac{hj}{a} = \frac{1,59}{0,28} = 5,68; Cs = 0,13$$

$$Q = 0,13.3,00.1,59\sqrt{2.9,81.1,62} \cong 3,50m^3 / s$$

Verificação $a = 0,28 m$

$$\frac{a}{H} = \frac{0,28}{3,21} = 0,087 \quad ; \quad \xi' = 0,613 \quad ; \quad \varphi = 0,97$$

$$hc = \varepsilon.a = 0,613.0,28 = 0,172m$$

$$\frac{hj}{hc} \left(\frac{hj}{hc} + 1 \right) = \frac{1,59}{0,172} \left(\frac{1,59}{0,172} + 1 \right) = 94,70$$

$$4\varphi^2 \left(\frac{H}{hc} - 1 \right) = 4.0,97^2 \left(\frac{3,21}{0,172} - 1 \right) = 66,48$$

$94,70 > 66,48$ escoamento afogado.

A vazão será dada por

$$Q = \mu.a.b\sqrt{2g(H - hz)}$$

$$\mu = \varphi\xi' = 0,97.0,613 = 0,595$$

$$M = 4\pi^2 a^2 \frac{hj - hc}{hj.hc} = 4.0,595^2 .0,28^2 \quad \frac{1,59 - 0,172}{1,59.0,172} = 0,576$$

$$M = 0,576$$

$$hz = \sqrt{hj^2 - M \left(H - \frac{M}{4} \right)} + \frac{M}{2} = \sqrt{1,59^2 - 0,576 \left(3,21 - \frac{0,576}{4} \right)} + \frac{0,576}{2} =$$

$$hz = 1,161m \therefore hz = 1,161m < hj = 1,59m$$

$$Q = \mu.a.b\sqrt{\xi(H - hz)} = 0,595.0,28 - 3,00\sqrt{2.9,81(3,21 - 1,161)}$$

$$Q = 3,17m^3 / s$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Dimensionamento da abertura da comporta para escoando a vazão de duas bombas 14,0 m³/s, 7,0 m³/s por vazão.

Altura d'água a Montante	H = 2,79 m
Altura d'água a Jusante	h _j = 2,28 m
Velocidade	v = 0,83 m/s
Largura da comporta	b = 3,00 m

Cálculo da abertura da comporta com escoamento submerso. HDC Chart 320-8/1

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

$$h = H - h_j = 2,79 - 2,28 = 0,51m$$

$$a = 0,95m$$

$$\frac{h_j}{a} = \frac{2,28}{0,95} = 2,40 \quad ; \quad Cs = 0,33$$

$$Q = 0,33.3,00.2,28\sqrt{2.9,81.0,51} = 7,14m^3 / s$$

Verificação

$$a = 0,95 m$$

$$\frac{a}{H} = \frac{0,95}{2,79} = 0,341 \quad ; \quad \xi'' = 0,627 \quad ; \quad \varphi = 0,97$$

$$\frac{h_j}{hc} \left(\frac{h_j}{hc} + 1 \right) = \frac{2,28}{0,596} \left(\frac{2,28}{0,596} + 1 \right) = 18,46$$

$$4\varphi^2 \left(\frac{H}{hc} - 1 \right) = 4.0,97^2 \left(\frac{2,79}{0,596} - 1 \right) = 13,86$$

18,46 > 13,86 escoamento submerso

$$\text{A vazão } Q = \mu.a.b\sqrt{2g(H - h_z)}$$

$$\mu = \varphi\varepsilon' = 0,97.0,627 = 0,608$$

$$M = 4\mu^2 a^2 \frac{h_j - hc}{h_j.hc} = 4.0,608^2 .0,95^2 \frac{2,28 - 0,596}{2,28.0,596} = 1,654$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

$$hz = \sqrt{hj^2 - M\left(H - \frac{M}{4}\right)} + \frac{M}{2} = \sqrt{2,28^2 - 1,654\left(2,79 - \frac{1,654}{4}\right)} + \frac{1,654}{2} =$$

$$hz = 1,953 \therefore hz = 1,953m < hj = 2,28m$$

$$Q = \mu.a.b.\sqrt{2g(H - hz)} = 0,608.0,95.3,00\sqrt{2.9,81(2,79 - 1,953)}$$

$$Q = 7,02m^3 / s$$

Dimensionamento da abertura da comporta para o ensecamento da vazão de uma bomba 7,0 m³/s , 3,5 m³/s por vão

Altura d'água a Montante	H = 2,79 m
altura d'água a Jusante	hj = 1,59 m
Velocidade	v = 0,69 m/s
Largura da Comporta	b = 3,00 m

Cálculo da abertura da comporta em escoamento submerso. HDC Chart 520-8/1

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

$$h = H - hj = 2,79 - 1,59 = 1,20m$$

$$a = 0,45m$$

$$\frac{hj}{a} = \frac{1,59}{0,45} = 3,53 \quad ; \quad Cs = 0,22$$

$$Q = 0,22.3,00.1,59\sqrt{2.9,81.1,20} = 3,47m^3 / s$$

Verificação $a = 0,32m$

$$\frac{a}{H} = \frac{0,32}{2,79} = 0,115 \quad ; \quad \xi'' = 0,616 \quad ; \quad \varphi = 0,97$$

$$hc = \xi' a = 0,616.0,32 = 0,197m$$

$$0,05 \text{ ————— } 0,003$$

$$X=0,001$$

$$0,015 \text{ ————— } X$$

$$\frac{hj}{hc} \left(\frac{hj}{hc} + 1 \right) = \frac{1,59}{0,197} \left(\frac{1,59}{0,197} + 1 \right) = 73,21$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

$$4\varphi^2 \left(\frac{H}{hc} - 1 \right) = 4.0,97^2 \left(\frac{2,79}{0,197} - 1 \right) = 49,54$$

73,21 > 49,54 Escoamento Submerso

$$M = 4\mu^2 a^2 \frac{hj - hc}{hj \cdot hc} = 4.0,598^2 .0,32^2 \quad \frac{1,59 - 0,197}{1,59.0,197} = 0,651$$

$$hz = \sqrt{hj^2 - M \left(H - \frac{M}{4} \right)} + \frac{M}{2} = \sqrt{1,59^2 - 0,651 \left(2,79 - \frac{0,651}{4} \right)} + \frac{0,651}{2} =$$

$$hz = 1,23m \quad hz = 1,23 \quad < hj = 1,59m$$

$$Q = \mu \cdot a \cdot b \sqrt{2g(H - hz)} = 0,598 \cdot 0,32 \cdot 3,00 \sqrt{2.9,81(2,79 - 1,23)} =$$

$$Q = 3,18m^3 / s$$

Para o funcionamento de uma bomba 7,0 m³/s e 3,5 m³/s por vão.

Altura d'água a montante	H = 2,28 m
Altura d'água a jusante	hj = 1,59 m
Velocidade	v = 0,69 m/s
Largura da comporta	b = 3,00

Para $a = 0,6$ m - abertura da comporta

$$\frac{hj}{a} = \frac{1,59}{0,60} = 2,65 \quad ; \quad Cs = 0,30$$

$$Q = 0,3.2,5.1,59 \sqrt{2.9,81(2,28 - 1,59)} = 4,39m^3 / s$$

Para $a = 0,47$ m - abertura da comporta

$$\frac{hj}{a} = \frac{1,59}{0,47} = 3,38 \quad ; \quad Cs = 0,23$$

$$Q = 0,23.3,00.1,59 \sqrt{2.9,81.0,69} = 3,36m^3 / s$$

1) Para $a = 0,43$ m - abertura da comporta

$$\frac{hj}{a} = \frac{1,59}{0,43} = 3,70 \quad ; \quad Cs = 0,21$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

$$Q = 0,21.3,00.1,59\sqrt{2.9,81.0,69} = 3,7m^3 / s$$

Verificação

$$\frac{a}{H} = \frac{0,43}{2,28} = 0,189 \quad ; \quad \xi' = 0,621 \quad ; \quad \varphi = 0,97$$

$$hc = 0,62.0,50 = 0,31m \quad 0,05 \quad 0,002$$

$$X=0,002$$

$$0,039 \quad X$$

$$\frac{hj}{hc} \left(\frac{hj}{hc} + 1 \right) = \frac{1,59}{0,31} \left(\frac{1,59}{0,31} + 1 \right) = 31,44$$

$$4\varphi^2 \left(\frac{H}{hc} - 1 \right) = 4.0,97^2 \left(\frac{2,28}{0,31} - 1 \right) = 23,92$$

$31,44 > 23,92$ escoamento submerso.

$$\mu = \varphi\xi' = 0,97.0,62 = 0,601$$

$$M = 4\mu^2 a^2 \frac{hj - hc}{hj.hc} = 4.0,601^2 .0,43^2 . \frac{1,59 - 0,31}{1,59.0,31} = 0,69$$

$$hz = \sqrt{hj^2 - M \left(H - \frac{M}{4} \right)} + \frac{M}{2} = \sqrt{1,59^2 - 0,69 \left(2,28 - \frac{0,69}{4} \right)} + \frac{0,69}{2} =$$

$$h7 = 1,381m \quad h7 = 1,381m < hj = 1,59m$$

$$Q = 0,601.0,43.3,00\sqrt{2.9,81(2,28 - 1,38)} = 3,26m^3 / s$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

LINHA D'ÁGUA PELA COMPORTA DE RESERVATÓRIO (TIPO Q= 28.0 M3/S) :								
(PARA Q= 28.0 M3/S)								
SEC	L	CF	NA	Y	Q	V	H	FR
	(M)	(M)	(M)	(M)	(M3/S)	(M/S)	(M)	
11	43	0,0000	3,21	3,21	28,00	0,99	3,26	0,22
10	41	0,0002	3,21	3,21	28,00	0,99	3,26	0,22
9	32	0,0011	3,16	3,16	28,00	1,58	3,29	0,28
8	23	0,0020	3,23	3,23	28,00	1,20	3,30	0,21
7	20,5	0,0023	3,21	3,20	14,00	1,46	3,31	0,26
6	17,5	0,0026	3,21	3,21	14,00	1,46	3,32	0,26
5	14	0,0029	3,21	3,21	14,00	1,46	3,32	0,26
4	11	0,0032	3,21	3,21	14,00	1,45	3,32	0,26
3	8	0,0035	3,26	3,26	28,00	1,19	3,33	0,21
2	4	0,0039	3,26	3,26	28,00	1,19	3,33	0,21
1	0	0,0043	3,36	3,35	28,00	0,42	3,37	0,07

PROGRAMA : RTSF12.BAS

ARQUIVO : LCOMP28A.XLS

DIR : TSF3

LINHA D'ÁGUA PELA COMPORTA DE RESERVATÓRIO (TIPO Q= 28.0 M3/S) :								
(PARA Q= 21.0 M3/S)								
SEC	L	CF	NA	Y	Q	V	H	FR
	(M)	(M)	(M)	(M)	(M)	(M)	(M)	
11	43	0,0000	2,78	2,78	21,00	0,92	2,82	0,22
10	41	0,0002	2,78	2,78	21,00	0,92	2,82	0,22
9	32	0,0011	2,75	2,74	21,00	1,37	2,84	0,26
8	23	0,0020	2,80	2,80	21,00	1,04	2,85	0,20
7	20,5	0,0023	2,78	2,78	10,50	1,26	2,86	0,24
6	17,5	0,0026	2,78	2,78	10,50	1,26	2,86	0,24
5	14	0,0029	2,78	2,78	10,50	1,26	2,87	0,24
4	11	0,0032	2,79	2,78	10,50	1,26	2,87	0,24
3	8	0,0035	2,82	2,82	21,00	1,03	2,88	0,20
2	4	0,0039	2,82	2,82	21,00	1,03	2,88	0,20
1	0	0,0043	2,89	2,89	21,00	0,36	2,90	0,07

PROGRAMA : RTSF12.BAS

ARQUIVO : LCOMP28B.XLS

DIR : TSF3



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

					(PARA Q= 14.0 M3/S)			
SEC	L	CF	NA	Y	Q	V	H	FR
	(M)	(M)	(M)	(M)	(M3/S)	(M/S)	(M)	
11	43	0,0000	2,27	2,27	14,00	0,83	2,31	0,21
10	41	0,0002	2,27	2,27	14,00	0,83	2,31	0,21
9	32	0,0011	2,25	2,25	14,00	1,11	2,32	0,24
8	23	0,0020	2,29	2,29	14,00	0,85	2,32	0,18
7	20,5	0,0023	2,28	2,27	7,00	1,03	2,33	0,22
6	17,5	0,0026	2,28	2,27	7,00	1,03	2,33	0,22
5	14	0,0029	2,28	2,28	7,00	1,03	2,33	0,22
4	11	0,0032	2,28	2,28	7,00	1,03	2,33	0,22
3	8	0,0035	2,30	2,30	14,00	0,85	2,34	0,18
2	4	0,0039	2,30	2,30	14,00	0,85	2,34	0,18
1	0	0,0043	2,35	2,35	14,00	0,30	2,36	0,06

PROGRAMA : RTSF12.BAS

ARQUIVO : LCOMP28C.XLS

DIR : TSF3

LINHA D'ÁGUA PELA COMPORTA DE RESERVATÓRIO (TIPO Q= 28.0 M3/S) :								
					(PARA Q= 7.0 M3/S)			
SEC	L	CF	NA	Y	Q	V	H	FR
	(M)	(M)	(M)	(M)	(M3/S)	(M/S)	(M)	
11	43	0,0000	1,59	1,59	7,00	0,69	1,61	0,20
10	41	0,0002	1,59	1,59	7,00	0,69	1,61	0,20
9	32	0,0011	1,59	1,58	7,00	0,79	1,62	0,20
8	23	0,0020	1,60	1,60	7,00	0,61	1,62	0,15
7	20,5	0,0023	1,60	1,60	3,50	0,73	1,63	0,18
6	17,5	0,0026	1,60	1,60	3,50	0,73	1,63	0,18
5	14	0,0029	1,60	1,60	3,50	0,73	1,63	0,18
4	11	0,0032	1,60	1,60	3,50	0,73	1,63	0,18
3	8	0,0035	1,61	1,61	7,00	0,60	1,63	0,15
2	4	0,0039	1,61	1,61	7,00	0,60	1,63	0,15
1	0	0,0043	1,64	1,63	7,00	0,21	1,64	0,05

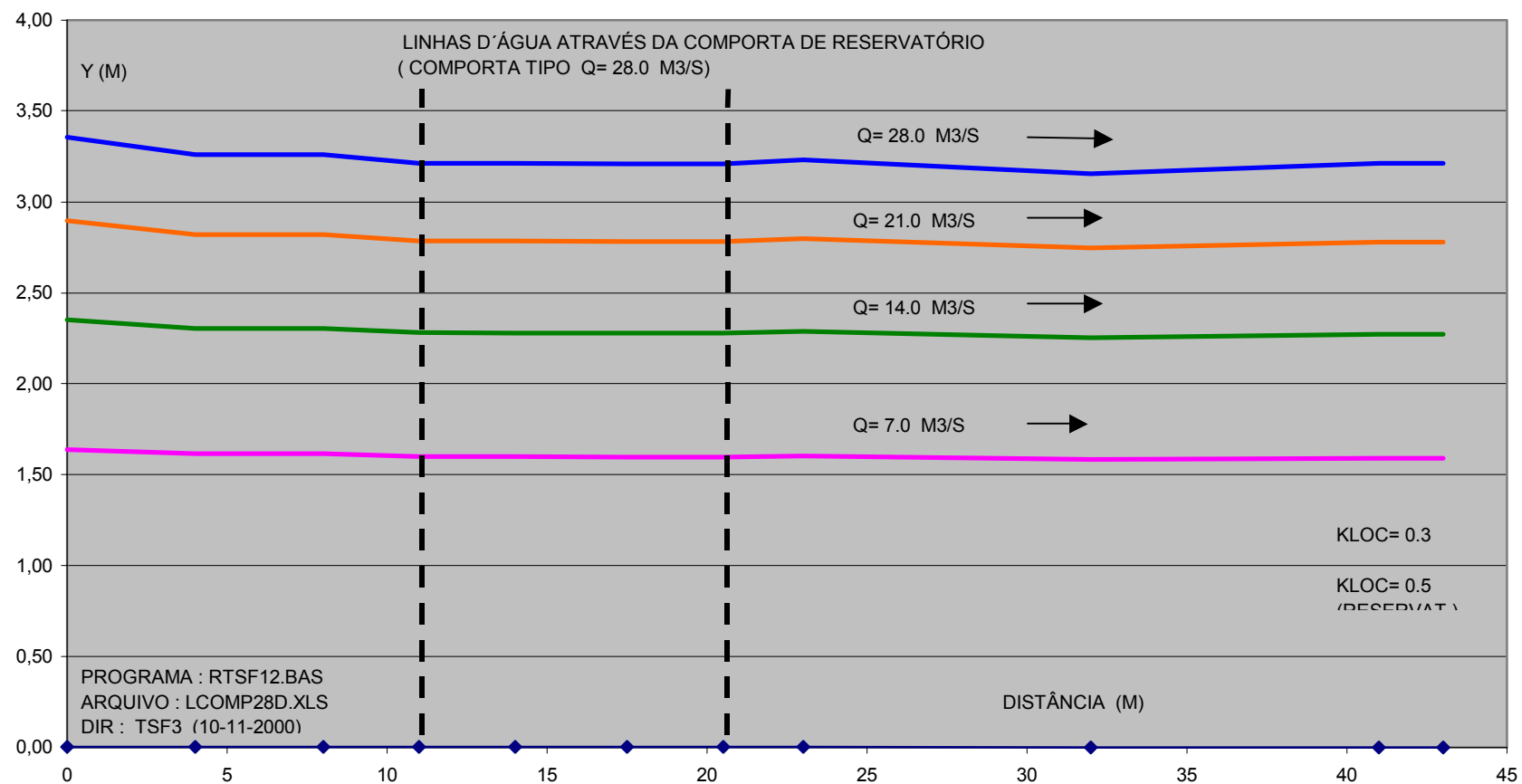
PROGRAMA : RTSF12.BAS

ARQUIVO : LCOMP28D.XLS

DIR : TSF3



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico





5. COMPORTA PARA 18,0 M³/S

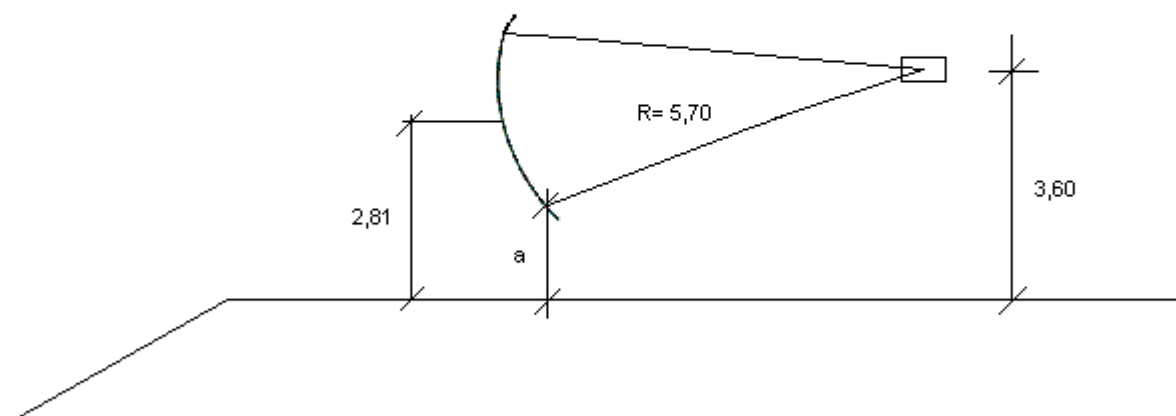
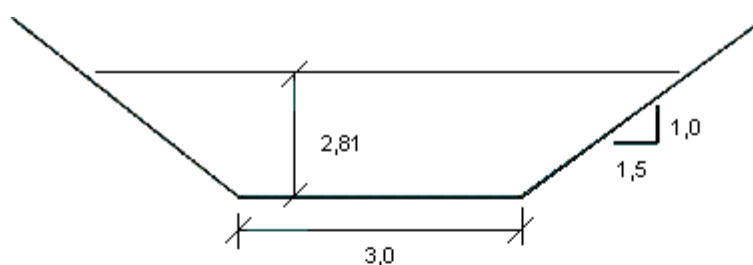
1ª Alternativa

Considerando a carga de montante $h=2,81\text{m}$ igual a altura d'água no canal, cujas características são:

$Q=18,0\text{ m}^3/\text{s}$; $h=2,81\text{ m}$; $v=0,89\text{ m/s}$

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

$I=0,0001\text{ m/m}$ - declividade



Determinação do raio R da comporta

$$\frac{H}{R} = 0,63 \therefore R = \frac{R}{0,63} = \frac{3,60}{0,63} = 5,70\text{m}$$

Características do escoamento.



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Para $Q = 18,0 \text{ m}^3 / \text{s}$; $h = 2,81 \text{ m}$; $v = 0,89 \text{ m} / \text{s}$
 $13,5 \text{ m}^3 / \text{s}$; $h = 2,45 \text{ m}$; $v = 0,83 \text{ m} / \text{s}$
 $9,0 \text{ m}^3 / \text{s}$; $h = 2,01 \text{ m}$; $v = 0,74 \text{ m} / \text{s}$
 $4,5 \text{ m}^3 / \text{s}$; $h = 1,42 \text{ m}$; $v = 0,62 \text{ m} / \text{s}$

Dimensionamento pelo HDC Chart 320 – 8/1

$$Q = C_s \cdot L \cdot h_j \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad ; \quad Q/2 = \frac{13,5}{2} = 6,75 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$h = h_m - h_j = 2,81 - 2,45 = 0,36 \text{ m}$$

Para $a = 1,40 \text{ m}$ abertura da comporta

$L = 2,20 \text{ m}$, largura da comporta

$$\frac{h_j}{a} = \frac{2,45}{1,50} = 1,63 \quad ; \quad C_s = 0,54$$

$$Q = 0,54 \cdot 2,20 \cdot 2,45 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,36} = 6,88 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Para $a = 1,40 \text{ m}$, abertura da comporta

$$\frac{h_j}{a} = \frac{2,45}{1,40} = 1,75 \quad ; \quad C_s = 0,48$$

$$Q = 0,48 \cdot 2,20 \cdot 2,45 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,36} = 6,88 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$a = 1,40 \text{ m}$$

$$\frac{a}{H} = \frac{1,40}{2,81} = 0,50 \quad \xi = 0,645 \quad \varphi = 0,97$$

$$h_c = \varepsilon' a = 0,645 \cdot 1,40 = 0,90 \text{ m}$$

$$\frac{h_j}{h_c} \left(\frac{h_j}{h_c} + 1 \right) = \frac{2,45}{0,90} \left(\frac{2,45}{0,90} + 1 \right) = 10,13$$

$$4\varphi^2 \left(\frac{H}{h_c} - 1 \right) = 4 \cdot 0,97^2 \left(\frac{2,81}{0,90} - 1 \right) = 7,99$$

$10,13 > 7,99$ escoamento afogado



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

A vazão será dada por:

$$Q = \mu \cdot a \cdot b \sqrt{2g(H - h_z)}$$

$$\mu = \varphi \varepsilon' = 0,97 \cdot 0,645 = 0,63$$

$$M = 4\mu^2 a^2 \frac{h_j - h_c}{h_j - h_c} = 4 \cdot 0,63^2 \cdot 1,40^2 \frac{2,45 - 0,90}{2,45 \cdot 0,90} = 2,19$$

$$h_z = \sqrt{h_j^2 - M \left(H - \frac{M}{4} \right)} + \frac{M}{2} = \sqrt{2,45^2 - 2,19 \left(2,81 - \frac{2,19}{4} \right)} + \frac{2,19}{2} = 2,12m$$

$$h_z = 2,12m$$

$$h_z = 2,12m < h_j = 2,45m$$

A vazão será

$$Q = \mu \cdot a \cdot b \sqrt{2g(H - h_z)}$$

$$Q = 0,63 \cdot 1,40 \cdot 2,20 \sqrt{2 \cdot 9,81(2,81 - 2,12)} = 7,14m^3 / s$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

LINHA D'ÁGUA PELA COMPORTA DE RESERVATÓRIO (TIPO Q= 18.0 M3/S) :								
(PARA Q= 18.0 M3/S)								
SEC	L	CF	NA	Y	Q	V	H	FR
	(M)	(M)	(M)	(M)	(M3/S)	(M/S)	(M)	
11	35,7	0,0000	2,80	2,80	18,00	0,89	2,84	0,21
10	33,7	0,0002	2,80	2,80	18,00	0,89	2,84	0,21
9	26,7	0,0009	2,75	2,75	18,00	1,52	2,87	0,29
8	19,7	0,0016	2,82	2,82	18,00	1,14	2,88	0,22
7	17,7	0,0018	2,79	2,79	9,00	1,47	2,90	0,28
6	15,2	0,0021	2,79	2,79	9,00	1,47	2,90	0,28
5	12,2	0,0024	2,79	2,79	9,00	1,47	2,90	0,28
4	9,0	0,0027	2,79	2,79	9,00	1,47	2,90	0,28
3	6,0	0,0030	2,86	2,85	18,00	1,13	2,92	0,21
2	3,0	0,0033	2,86	2,85	18,00	1,13	2,92	0,21
1	0,0	0,0036	2,95	2,94	18,00	0,31	2,95	0,06

PROGRAMA : RTSF13.BAS
ARQUIVO : LCOMP18A.BAS
DIR : TSF3 (10-11-2000)

LINHA D'ÁGUA PELA COMPORTA DE RESERVATÓRIO (TIPO Q= 18.0 M3/S) :								
(PARA Q= 13.5 M3/S)								
SEC	L	CF	NA	Y	Q	V	H	FR
	(M)	(M)	(M)	(M)	(M3/S)	(M/S)	(M)	
11	35,7	0,0000	2,40	2,40	13,50	0,85	2,44	0,22
10	33,7	0,0002	2,40	2,40	13,50	0,85	2,44	0,22
9	26,7	0,0009	2,36	2,36	13,50	1,33	2,45	0,28
8	19,7	0,0016	2,42	2,42	13,50	1,00	2,47	0,21
7	17,7	0,0018	2,39	2,39	6,75	1,28	2,48	0,26
6	15,2	0,0021	2,40	2,39	6,75	1,28	2,48	0,26
5	12,2	0,0024	2,40	2,40	6,75	1,28	2,48	0,26
4	9,0	0,0027	2,40	2,40	6,75	1,28	2,48	0,26
3	6,0	0,0030	2,45	2,44	13,50	0,99	2,50	0,20
2	3,0	0,0033	2,45	2,44	13,50	0,99	2,50	0,20
1	0,0	0,0036	2,52	2,51	13,50	0,27	2,52	0,05

PROGRAMA : RTSF13.BAS
ARQUIVO : LCOMP18B.XLS
DIR : TSF3 (10-11-2000)



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

LINHA D'ÁGUA PELA COMPORTA DE RESERVATÓRIO (TIPO Q= 18.0 M3/S) :								
(PARA Q= 9.0 M3/S)								
SEC	L	CF	NA	Y	Q	V	H	FR
	(M)	(M)	(M)	(M)	(M3/S)	(M/S)	(M)	
11	35,7	0,0000	2,01	2,01	9,00	0,74	2,04	0,21
10	33,7	0,0002	2,01	2,01	9,00	0,74	2,04	0,21
9	26,7	0,0009	1,99	1,99	9,00	1,05	2,05	0,24
8	19,7	0,0016	2,02	2,02	9,00	0,79	2,06	0,18
7	17,7	0,0018	2,01	2,01	4,50	1,02	2,06	0,23
6	15,2	0,0021	2,01	2,01	4,50	1,02	2,06	0,23
5	12,2	0,0024	2,01	2,01	4,50	1,02	2,07	0,23
4	9,0	0,0027	2,01	2,01	4,50	1,02	2,07	0,23
3	6,0	0,0030	2,04	2,04	9,00	0,79	2,08	0,18
2	3,0	0,0033	2,04	2,04	9,00	0,79	2,08	0,18
1	0,0	0,0036	2,09	2,08	9,00	0,22	2,09	0,05

PROGRAMA : RTSF13.BAS

ARQUIVO : LCOMP18C.XLS

DIR : TSF3 (10-11-2000)

LINHA D'ÁGUA PELA COMPORTA DE RESERVATÓRIO (TIPO Q= 18.0 M3/S) :								
(PARA Q= 4.5 M3/S)								
SEC	L	CF	NA	Y	Q	V	H	FR
	(M)	(M)	(M)	(M)	9M3/S)	(M/S)	(M)	
11	35,7	0,0000	1,40	1,40	4,50	0,63	1,42	0,20
10	33,7	0,0002	1,40	1,40	4,50	0,63	1,42	0,20
9	26,7	0,0009	1,40	1,39	4,50	0,75	1,42	0,20
8	19,7	0,0016	1,41	1,41	4,50	0,57	1,43	0,15
7	17,7	0,0018	1,40	1,40	2,25	0,73	1,43	0,20
6	15,2	0,0021	1,41	1,40	2,25	0,73	1,43	0,20
5	12,2	0,0024	1,41	1,40	2,25	0,73	1,43	0,20
4	9,0	0,0027	1,41	1,40	2,25	0,73	1,43	0,20
3	6,0	0,0030	1,42	1,42	4,50	0,57	1,44	0,15
2	3,0	0,0033	1,42	1,42	4,50	0,57	1,44	0,15
1	0,0	0,0036	1,45	1,44	4,50	0,16	1,45	0,04

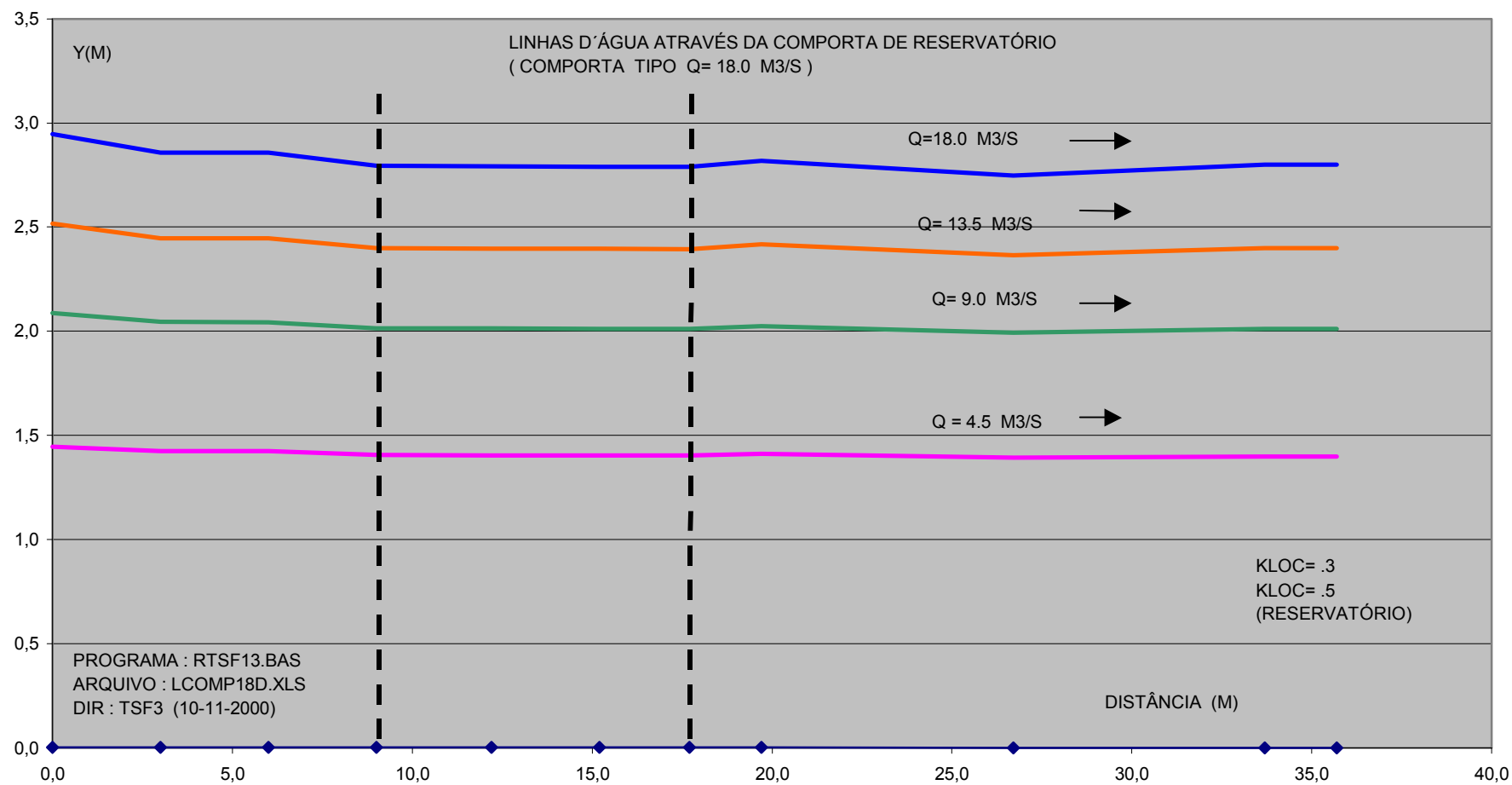
PROGRAMA : RTSF13.BAS

ARQUIVO : LCOMP18D.XLS

DIR : TSF3 (10-11-2000)



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico





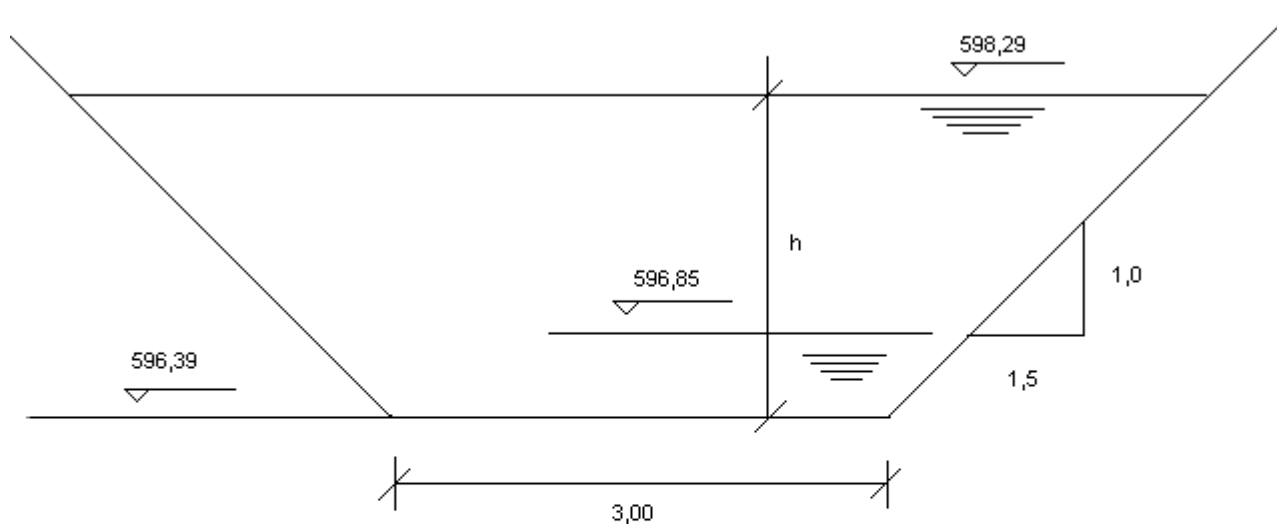
Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

6. DERIVAÇÃO DO TRECHO V EIXO LESTE PARA O RIO IPOJUCA - AÇUDE PÃO DE AÇÚCAR

Os níveis principais do Reservatório Campos são:

NA mínimo	596,85m	
NA normal - regime permanente		598,29m
NA máx. normal	598,29m	
NA máx.maximorum	598,58m	

O canal tem as seguintes dimensões





Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

$$Q = 8,0m^3 / s - \text{Vazão}$$

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

$$i = 0,0001m / m - \text{declividade}$$

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

$$SR_H^{2/3} = \frac{nQ}{i^{1/2}}$$

$$S = b.h + 1,5h^2 = 3h + 1,5h^2 = h(3 + 1,5h)$$

$$P = 2c + b$$

$$c^2 = h^2 + (1,5h)^2 = h^2 + 2,25h^2 = 3,25h^2$$

$$c = h\sqrt{3,25} = 1,80h$$

$$P = 2.1,80h + 3,0$$

$$R_H = h \frac{(3 + 1,5h)}{1,80h + 3,0}$$

$$\frac{nQ}{i^{1/2}} = \frac{0,015.8,0}{0,0001^{1/2}} = 12,00$$

$$\text{Para } h = 1,9m \text{ tem-se}$$

$$S = 1,9(3 + 1,5.1,9) = 11,12m^2$$

$$P = 2.1,80.1,9 + 3,0 = 9,84$$

$$R_H = \frac{11,12}{9,84} = 1,13 ; R_H^{2/3} = 1,08$$

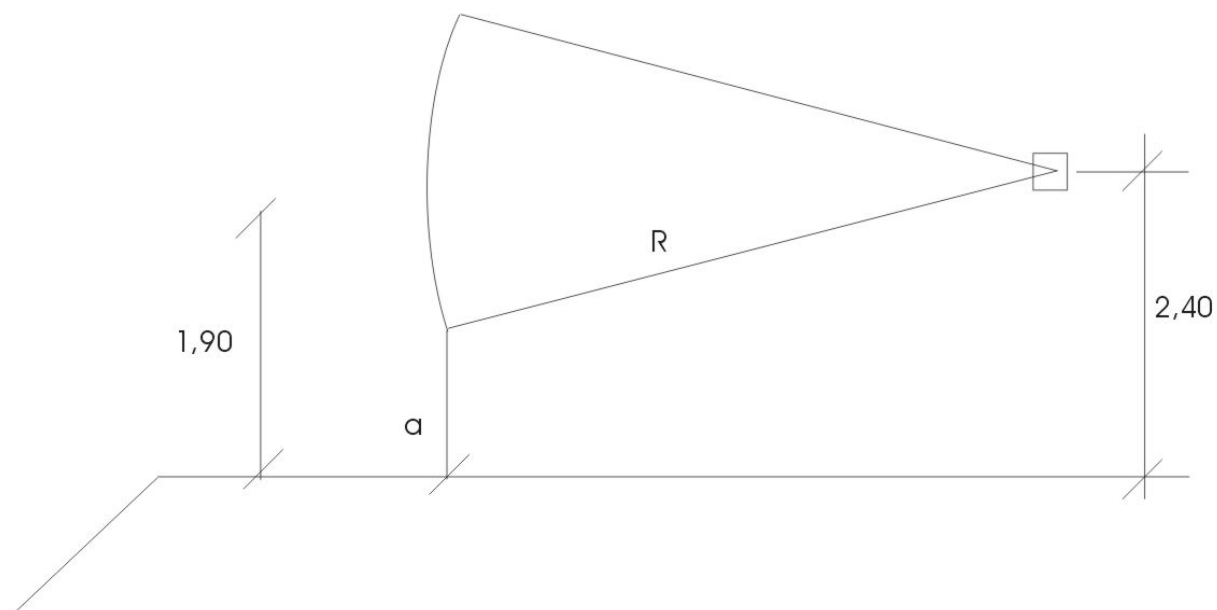
$$SR_H^{2/3} = 12,01$$

$$h = 1,90m \quad v = 0,72m / s$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

NA Máx. 598,58 m



$$\frac{H}{R} = 0,63 \therefore R = \frac{H}{0,63} = \frac{2,40}{0,63} = 3,80m$$

Para $Q = 6,0m^3/s$

$$\frac{nQ^{1/2}}{i} = \frac{0,015 \cdot 6,0}{0,01} = 9,0$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Para $h = 1,65m$

$$S = h(3 + 1,5h) = 1,65(3 + 1,5 \cdot 1,65) = 9,03m^2$$

$$P = 2.1,80.h + 3,0 = 2.1,8 \cdot 1,653,0 = 8,94m$$

$$R_H = 1,01m; R_H^{2/3} = 1,01m^{2/3}$$

$$SR_H^{2/3} = 9,03 \cdot 1,01 = 9,12$$

$$h = 1,65m; v = 0,66m/s$$

Para $Q = 4,0m^3/s$

$$\frac{nQ}{i^{1/2}} = \frac{0,015 \cdot 4,0}{0,0001^{1/2}} = 6,0, \text{ adotado } h = 1,34m$$

$$S = 1,34(3 + 1,5 \cdot 1,34) = 6,71m^2$$

$$P = 2.1,8 \cdot 1,34 + 3 = 7,82m$$

$$R_H = 0,86m; R_H^{2/3} = 0,90m^{2/3}$$

$$SR_H^{2/3} = 6,06$$

Dimensionado pelo HDC Chart 320-8/1

$$Q = Cs \cdot L \cdot hj \sqrt{2gh} \quad \frac{Q}{2} = \frac{6,0}{2} = 3,0m^3/s$$

$$h = h_m - hj = 1,90 - 1,65 = 0,25m$$

$$L = 1,60m$$

$$a = 1,20m; Cs = 0,52$$

$$\frac{hj}{a} = \frac{1,65}{1,03} = 1,60 - Cs = 0,52$$

$$Q = 0,52 \cdot 1,60 \cdot 1,65 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,25} = 3,04m^3/s$$

Para $Q = 4,0m^3/s; Q/2 = 2,0m^3/s$

$$h = h_m - hj = 1,90 - 1,34 = 0,56m$$

$$\frac{hj}{a} = \frac{1,34}{0,50} = 2,68 - Cs = 0,29$$

$$Q = 0,29 \cdot 1,60 \cdot 1,34 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,56} = 2,06$$

Com a cota mínima no reservatório correspondente a 596,85m a vazão será:



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

$$h = 596,85 - 596,39 = 0,46m ; v = 0,34m / s$$

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

$$S = 3,0,46 + 1,5,0,46^2 = 1,38 + 0,32 = 1,70m^2$$

$$P = 2,1,8,0,46 + 3,0 = 4,66m$$

$$R_H = \frac{1,70}{4,66} = 0,36m ; R_H^{2/3} = 0,51m^{2/3}$$

$$Q = 1,70 \cdot \frac{1}{0,015} \cdot 0,51 \cdot 0,0001^{1/2} = 0,58m^3 / s$$

$$\text{Para } Q = 2,0m^3 / s$$

$$\frac{nQ}{i^{1/2}} = \frac{0,015 \cdot 2}{0,01} = 3,00$$

$$h = 0,92m$$

$$S = 3,0,92 + 1,5,0,92^2 = 4,03m^2$$

$$P = 2,1,8,0,92 + 3,0 = 6,31m \quad R_H = 0,64m ; R_H^{2/3} = 0,74m^{2/3}$$

$$SR_H^{2/3} = 2,99$$

$$h = 0,92m ; v = 0,50m / s$$

Resumo:

$$Q = 2,0m^2 / s ; h = 0,92m ; v = 0,50m / s$$

$$4,0m^2 / s ; h = 1,34m ; v = 0,60m / s$$

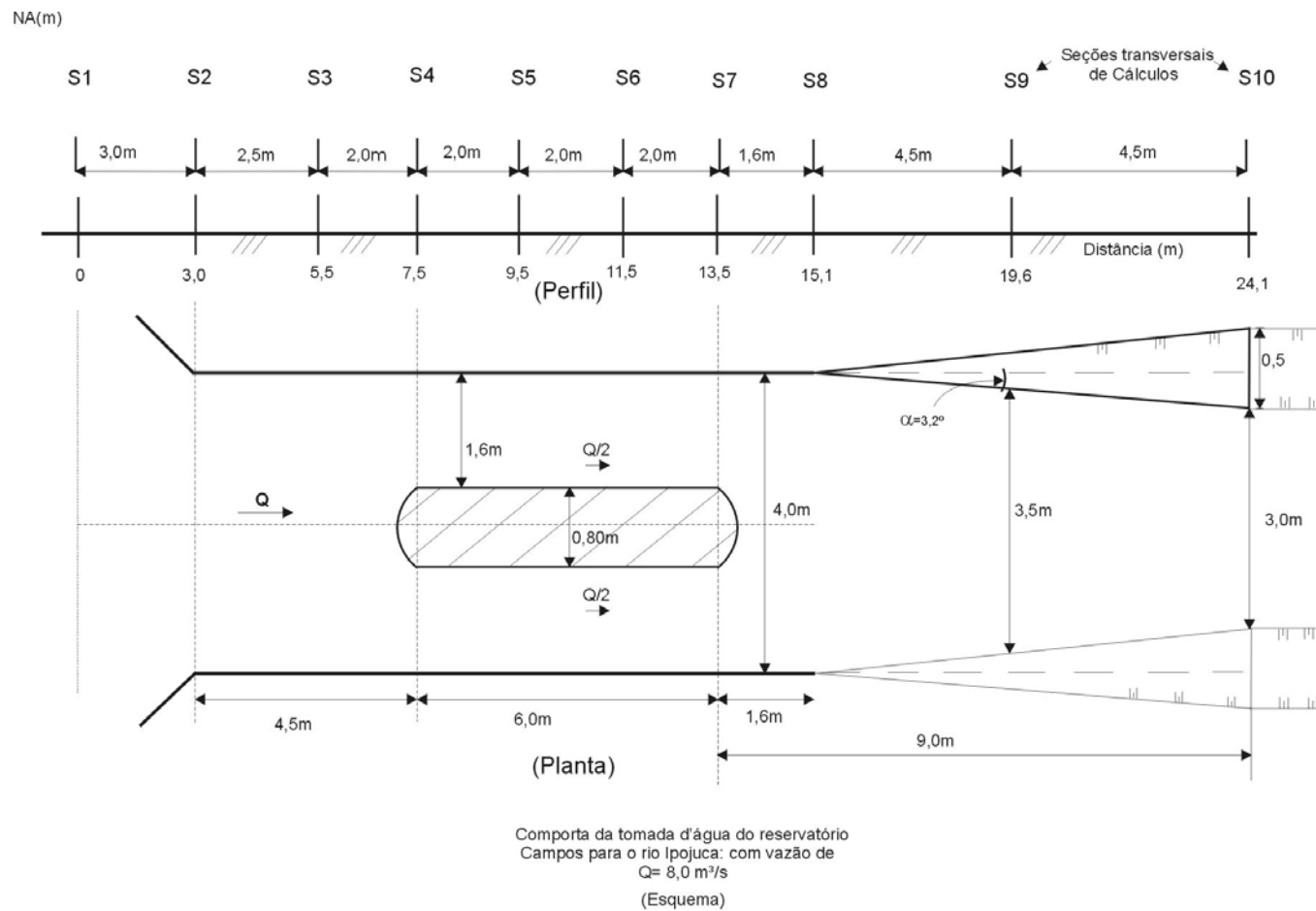
$$6,0m^2 / s ; h = 1,65m ; v = 0,66m / s$$

$$8,0m^2 / s ; h = 1,90m ; v = 0,72m / s$$

$$0,58m^2 / s ; h = 0,46m ; v = NA \text{ mínimo}$$



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico





Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Linhas d'água pela comporta da tomada d'água de derivação do reservatório de Campos (derivação d'água para o rio Ipojuca).

				(Q = 8.0 m3/s)				
SEC	L	CF	NA	Y	Q	V	H	FR
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/s)	(m/s)	(m)	
10,00	24,00	0,00	1,90	1,90	8,00	0,72	1,93	0,20
9,00	19,50	0,00	1,87	1,87	8,00	1,23	1,94	0,29
8,00	15,00	0,00	1,89	1,89	8,00	1,06	1,95	0,25
7,00	13,40	0,00	1,87	1,87	4,00	1,34	1,96	0,31
6,00	11,40	0,00	1,87	1,87	4,00	1,34	1,96	0,31
5,00	9,40	0,00	1,87	1,87	4,00	1,34	1,96	0,31
4,00	7,40	0,00	1,88	1,87	4,00	1,33	1,97	0,31
3,00	5,40	0,00	1,93	1,92	8,00	1,04	1,98	0,24
2,00	2,90	0,00	1,93	1,92	8,00	1,04	1,98	0,24
1,00	-0,10	0,00	2,01	2,00	8,00	0,20	2,01	0,05
Programa : RTSF13A.BAS Arquivo : LCOMP8A.XLS Dir : TSF3 ; (12-dez-2000)								

Linhas d'água pela comporta da tomada d'água de derivação do reservatório de Campos (derivação d'água para o rio Ipojuca - PE)

				(Q = 6.0 m3/s)				
SEC	L	CF	NA	Y	Q	V	H	FR
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/s)	(m/s)	(m)	
10,00	24,00	0,00	1,65	1,65	6,00	0,66	1,67	0,20
9,00	19,50	0,00	1,63	1,63	6,00	1,05	1,68	0,26
8,00	15,00	0,00	1,65	1,65	6,00	0,91	1,69	0,23
7,00	13,40	0,00	1,63	1,63	3,00	1,15	1,70	0,29
6,00	11,40	0,00	1,63	1,63	3,00	1,15	1,70	0,29
5,00	9,40	0,00	1,63	1,63	3,00	1,15	1,70	0,29
4,00	7,40	0,00	1,63	1,63	3,00	1,15	1,70	0,29
3,00	5,40	0,00	1,67	1,67	6,00	0,90	1,71	0,22
2,00	2,90	0,00	1,67	1,67	6,00	0,90	1,71	0,22
1,00	-0,10	0,00	1,73	1,73	6,00	0,17	1,73	0,04
Programa : RTSF13A.BAS Arquivo : LCOMP8B.XLS Dir : TSF3 ; (12-dez-2000)								



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

Linhas d'água pela comporta da tomada d'água de derivação do reservatório de Campos (derivação d'água para o rio Ipojuca - PE)

SEC	L (m)	CF (m)	NA (m)	(Q = 4.0 m3/s)		V (m/s)	H (m)	FR
				Y (m)	Q (m3/s)			
10,00	24,00	0,00	1,34	1,34	4,00	0,60	1,36	0,19
9,00	19,50	0,00	1,33	1,33	4,00	0,86	1,36	0,24
8,00	15,00	0,00	1,34	1,34	4,00	0,75	1,37	0,21
7,00	13,40	0,00	1,33	1,33	2,00	0,94	1,37	0,26
6,00	11,40	0,00	1,33	1,33	2,00	0,94	1,38	0,26
5,00	9,40	0,00	1,33	1,33	2,00	0,94	1,38	0,26
4,00	7,40	0,00	1,33	1,33	2,00	0,94	1,38	0,26
3,00	5,40	0,00	1,36	1,35	4,00	0,74	1,38	0,20
2,00	2,90	0,00	1,36	1,35	4,00	0,74	1,38	0,20
1,00	-0,10	0,00	1,40	1,39	4,00	0,14	1,40	0,04
Programa : RTSF13A.BAS Arquivo : LCOMP8C.XLS Dir : TSF3 ; (12-dez-2000)								



Transposição de Águas do Rio São Francisco – Projeto Básico

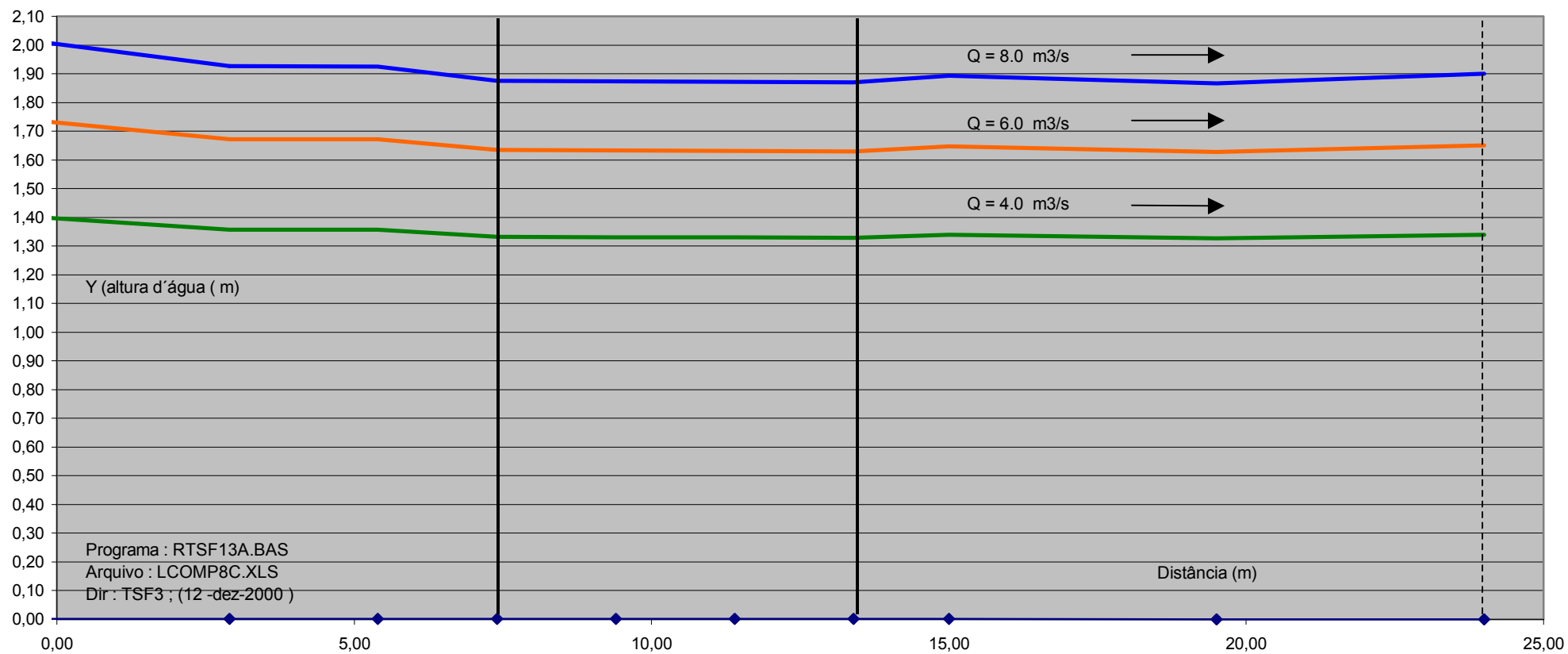


FIGURA
Comporta da tomada d'água de derivação do reservatório de Campos , para o rio Ipojuca - PE
Linhas d'água para as vazões de projeto : 8.0 , 6.0 , 4.0 m³/s (comporta segmento totalmente aberta) .