

Dezembro de 2002

**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**



SRH Secretaria dos Recursos Hídricos

Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará - PROGERIRH

Contrato

Nº 02/ PROGERIRH-PILOTO/CE/SRH 2001

Estudos de Alternativas, EIAS/RIMAS, Projetos Executivos, Levantamentos Cadastrais, Planos de Reassentamento e Avaliação Financeira e Econômica dos Projetos das Barragens João Guerra / Umari, Riacho da Serra, Ceará e Missi, e dos Projetos das Adutoras de Madalena, Lagoa do Mato, Alto Santo e Amontada

VOLUME III - DETALHAMENTO DO PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM UMARI Tomo 3 - Memória de Cálculo



MONTGOMERY WATSON





MONTGOMERY WATSON



GOVERNADOR DO ESTADO DO CEARÁ

Benedito Clayton Veras Alcântara

SECRETÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS

Hypérides Pereira de Macedo

SUB-SECRETÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS

Ramon Flávio Gomes Rodrigues

COORDENADOR GERAL DOS PROJETOS ESPECIAIS

Francisco Hoilton Rios Araripe

**CONTRATO Nº 002/PROGERIRH - PILOTO/SRH/CE/2001****EQUIPE DE ELABORAÇÃO**

CONSÓRCIO MONTGOMERY WATSON ENGESOFT	ACOMPANHAMENTO E FISCALIZAÇÃO DA SRH
João F. Vieira Neto Engº. Civil Diretor Técnico Engesoft	Ivoneide Ferreira Damasceno Engª. Civil Presidente da Comissão
William Moler Geólogo Gerente do Contrato	Lucrecia Nogueira de Sousa Geóloga Membro da Comissão
Walmir Fernando Duarte Jardim Engº. Civil Coordenador do Projeto	Thereza Cristina Citó Rêgo Engª. Civil Membro da Comissão
José Ribamar Pinheiro Barbosa Engº. Civil Geotecnia e Barragem	Osvan Menezes de Queiroz Engº. Civil Membro da Comissão
Waldir Barbosa de Souza Rodrigues Engº. Civil Barragem	Maria Alice Guedes Geóloga Membro da Comissão
Alysson César Azevedo da Silva Engº. Civil Estudos Básicos e Topografia	Francisco José de Sousa Engº. Agrônomo Membro da Comissão
José Osmar Coelho Saraiva Engº. Civil Hidráulica e Adutora	Maria Elaine Bianchi Geógrafa Membro da Comissão
Sérgio Pontes Engº. Civil Hidráulica e Adutora	Francisco Dário Silva Feitosa Engº. Agrônomo Membro da Comissão
Naimar Gonçalves Barroso Severiano Economista Meio Ambiente e Reassentamento	Nelson L. de S. Pinto Consultor do Painel de Inspeção e Segurança de Barragens da SRH
Marcos César Feitosa Geólogo Levantamento Cadastral	Paulo Teixeira da Cruz Consultor do Painel de Inspeção e Segurança de Barragens da SRH
Paulo Silas de Sousa Engº. Agrônomo Levantamento Cadastral	Ronei Vieira de Carvalho Consultor do Painel de Inspeção e Segurança de Barragens da SRH
Hermano Câmara Campos Geólogo Geologia e Geotecnia	
Raimundo Eduardo Silveira Fontenele Economista Avaliação Financeira e Econômica	



MONTGOMERY WATSON



MEMÓRIA DE CÁLCULO



MONTGOMERY WATSON



ÍNDICE

**ÍNDICE****Páginas**

MEMÓRIA DE CÁLCULO	3
ÍNDICE	4
1. INTRODUÇÃO	6
2. CÁLCULO DA FOLGA	9
3. CÁLCULO DA COTA DO COROAMENTO	11
4. CÁLCULO DA LARGURA DO COROAMENTO.....	13
5. ESCOLHA DA INCLINAÇÃO DOS TALUDES.....	15
6. DIMENSIONAMENTO DO RIPRAP.....	18
7. DETERMINAÇÃO DA LINHA FREÁTICA.....	21
8. ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO PELA BARRAGEM E FUNDAÇÃO	25
9. DIMENSIONAMENTO DO FILTRO VERTICAL.....	31
10. DIMENSIONAMENTO DO TAPETE HORIZONTAL.....	33
11. ANÁLISE DA ESTABILIDADE.....	36
12. COTA DO VOLUME DE ALERTA.....	67
13. TOMADA D'ÁGUA	69
<i>13.1. Dimensionamento Hidráulico da Galeria.....</i>	<i>70</i>
<i>13.2. Dimensionamento Estrutural</i>	<i>75</i>
14. ANÁLISE DOS RECALQUES	77



MONTGOMERY WATSON



1. INTRODUÇÃO



1. INTRODUÇÃO

O Consórcio Montgomery-Watson/Engesoft e a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH-CE) celebraram o Contrato Nº 02/PROGERIRH-PILOTO /CE/SRH 2001, que tem como objetivo o Estudo de Alternativas, EIAs/RIMAs, Levantamentos Cadastrais, Plano de Reassentamento e Avaliação Financeira e Econômica dos Projetos das Barragens João Guerra, Umari, Riacho da Serra, Ceará e Missi e dos Projetos das Adutoras de Madalena, Lagoa do Mato, Alto Santo e Amontada. A ordem de serviço foi emitida em 05 de março de 2001.

O presente trabalho compõe o Volume III – Detalhamento do Projeto Executivo da Barragem Umari situado em Madalena, Ceará, que é formado por sete Tomos, a saber:

Tomo 1 – Relatório Geral do Projeto;

Tomo 2 – Desenhos e Plantas;

Tomo 3 – Memória de Cálculo;

Tomo 4 – Especificações;

Tomo 5 – Quantitativos e Orçamento;

Tomo 6 – Planos de Operação e Manutenção;

Tomo 7 – Relatório Síntese.

O Tomo 3, aqui apresentado, consiste na Memória de Cálculo que aborda os seguintes capítulos:

- Cálculo de Folga;
- Cálculo da Cota do Coroamento;
- Cálculo da Largura do Coroamento;
- Escolha da Indicação dos Taludes;
- Dimensionamento do Riprap;
- Determinação da Linha Freática;



- Determinação do Fluxo pelo Maciço e Fundação;
- Dimensionamento do Filtro Vertical;
- Dimensionamento do Tapete Horizontal;
- Análise da Estabilidade;
- Cota do Volume Morto;
- Tomada d'água;
- Análise dos Recalques.



MONTGOMERY WATSON



2. CÁLCULO DA FOLGA



2. CÁLCULO DA FOLGA

A folga da barragem é a diferença de cota entre o coroamento e o nível máximo das águas. A folga é dada pela expressão:

$$f = 0,75h + \frac{V^2}{2g}$$

Onde h é a altura da onda formada pela ação dos ventos sobre o espelho d'água do lago, enquanto h é dado por :

$$h = 0,75 + 0,34f^{1/2} - 0,26f^{1/4} (m) \text{ para } F < 18Km$$

$$h = 0,34f^{1/2} (m) \text{ para } F > 18Km$$

Onde F = distância máxima (em km) em linha reta entre qualquer extremidade do lago e um ponto qualquer sobre o barramento (fecht).

V = Velocidade da onda em m/s dado pela fórmula:

$$V = 1,5 + 2h(m/s)$$

Para o lago da Barragem Umari tem-se F = 9,3Km, logo:

$$h = 0,75 + 0,34 \times 9,3^{1/2} - 0,26 \times 9,3^{1/4}$$

$$h = 1,25m$$

$$V = 1,5 + 2 \times 1,25 = 4,08m/s$$

$$f = 0,75 \times 1,25 + \frac{16}{2 \times 9,81} = 1,75m$$



MONTGOMERY WATSON



3. CÁLCULO DA COTA DO COROAMENTO



3. CÁLCULO DA COTA DO COROAMENTO

A cota do Coroamento da Barragem é dada pela expressão:

$$C_c = C_s + L + f$$

Onde:

C_c = Cota do Coroamento.

C_s = Cota da Soleira = 310,00m.

L = Lâmina vertente na cheia milenar = 3,61m.

f = folga = 1,75m.

$$C_c = 310,00 + 3,61 + 1,75 = 315,36m$$

Foi fixada a cota do coroamento igual a 315,50 m.



MONTGOMERY WATSON



4. CÁLCULO DA LARGURA DO COROAMENTO



4. CÁLCULO DA LARGURA DO COROAMENTO

Adotando-se a fórmula de Preece à seção de maior altura tem-se:

$$L_c = 1,10\sqrt{H_b} + 0,9 (m)$$

Onde:

L_c = Largura da barragem (m);

H_b = Altura da barragem (m).

Para a seção da Estaca tem $H_b = 21,33m$ e $L_c = 1,10x\sqrt{21,33} + 0,90 = 5,98m$, foi adotado $L_c = 6,0m$



MONTGOMERY WATSON



5. ESCOLHA DA INCLINAÇÃO DOS TALUDES



5. ESCOLHA DA INCLINAÇÃO DOS TALUDES

A fixação dos taludes foi resultado de análise da estabilidade. Entretanto foi necessário se fazer uma escolha inicial para em seguida se fazer a análise.

O Bureau of Reclamation apresenta a tabela abaixo:

CASO	SUJEITO A ESVAZIAMENTO O RÁPIDO	CLASSIFICAÇÃO O DOS SOLOS	MONTANTE	JUSANTE
A	NÃO	GW, GP, SW, SP	Permeável, não adequado	
		GC, GM, SC, SM	2,5 : 1	2:1
		CL, ML	3:1	2,5:1
		CH, MH	3,5:1	2,5:1
B	SIM	GW, GP, SW, SP	Permeável, não adequado	
		GC, GM, SC, SM	3:1	2:1
		CL, ML	3,5:1	2,5:1
		CH, MH	4:1	2,5:1

Terzaghi apresentou, para efeito de anteprojeto, as inclinações aconselháveis que são mostrados no quadro a seguir:

TIPO DE MATERIAL	TALUDES	
	MONTANTE	JUSANTE
Seção Homogênea – Solo bem graduado	1 : 2,5	1 : 2
Seção Homogênea – Silte grosso	1 : 3	1 : 2,5
Seção Homogênea – Argila ou argila siltosa, altura menor que 15m	1 : 2,5	1 : 2
Seção Homogênea – Argila ou argila siltosa, altura maior que 15m	1 : 3	1 : 2,5
Areia ou Pedregulho e areia com núcleo de Argila	1 : 3	1 : 2,5
Areia ou Pedregulho com cortina de concreto armado	1 : 2,5	1 : 2



O engenheiro Paulo Teixeira da Cruz em sua obra 100 Barragens Brasileiras sugere os seguintes taludes preliminares que são mostrados na tabela abaixo:

TIPO DE MATERIAL	MONTANTE	JUSANTE
Solos Compactados	2:5(H) : 1,0(V) 3,0(H) : 1,0(V)	2:0(H) : 1,0(V)
Solos Compactados Argilosos	2:0(H) : 1,0(V) 3,0(H) : 1,0(V)	2:0(H) : 1,0(V) 2,5(H) : 1,0(V)
Solos Compactados Siltosos	3,5(H) : 1,0(V)	3,0(H) : 1,0(V)
Enrocamentos	1:3(H) : 1,0(V) 1,6(H) : 1,0(V)	1:3(H) : 1,0(V) 1,6(H) : 1,0(V)

Os solos das Jazidas J-01 e J-02 são do Tipo SC, portanto analisando as tabelas juntamente com os materiais que serão usados na construção adotou-se para análise os taludes de Montante de 1:2,5 (V:H) e Jusante de 1:2 (V:H) com berma de 4,0m de largura na cota 302,00m.



MONTGOMERY WATSON



6. DIMENSIONAMENTO DO RIPRAP



6. DIMENSIONAMENTO DO RIPRAP

Adotando a fórmula recomendado pelo Tennessee Valley Authority (TVA) tem-se:

$$e = CV^2$$

Onde:

e = Espessura do riprap (m);

C = Coeficiente, função da inclinação do talude e da densidade da rocha;

V = Velocidade da onda (m/s).

Tem-se :

$$V = 3,5^2 m/s$$

$$C = 0,030m$$

$$e = 0,030 \times 3,5^2 = 0,36m$$

O Rip-Rap da Barragem Umari será executado com Brita "A" e pedras do enrocamento de pé, da seguinte forma:

⇒ Até a cota 302,00 será colocado uma proteção de Brita "A" com 0,30m de espessura;

⇒ Entre as cotas 302,00 e 308,00 será colocado uma proteção de Brita "A" com 0,50m de espessura;

⇒ Acima da cota 308,00 será colocado uma proteção com 1,20m de espessura, sendo a camada interna com 0,30m de espessura com Brita "A" e a camada externa com 0,90m de espessura executadas com as pedras do enrocamento de pé.



As faixas granulométrica da Brita “A” e do enrocamento de pé são mostrados a seguir:

MATERIAL DA BRITA “A”	
PENEIRAS mm	% PASSANDO
300	100
100	88 - 100
30	50- 90
10	10 - 64
5	0 - 36
1	0 - 2

MATERIAL DE ENROCAMENTO	
PENEIRAS mm	% PASSANDO
1000	90 - 100
500	58 - 94
100	4 - 60
30	0 -20



MONTGOMERY WATSON



7. DETERMINAÇÃO DA LINHA FREÁTICA



7. DETERMINAÇÃO DA LINHA FREÁTICA

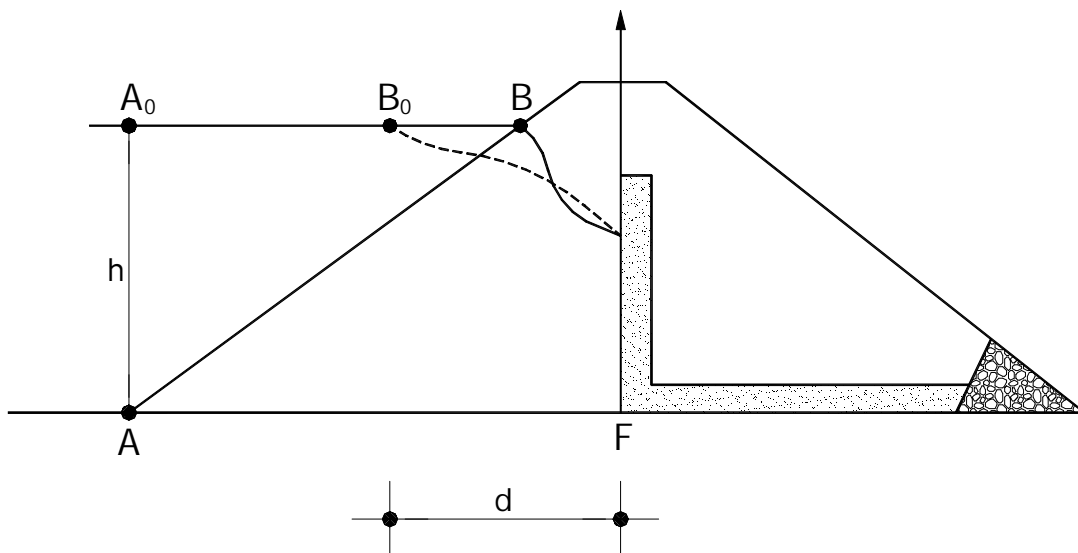
Para o traçado da linha freática utiliza-se a parábola de Kozeny dada por:

$$\sqrt{X^2 + Y^2} - X - P = 0$$

Esta equação representa a linha de saturação com eixo cuja a origem coincide com o foco da parábola, P é o dobro da distância do Foco ao vértice da parábola:

$$P = \sqrt{X^2 + Y^2} - X$$

Na figura tem-se $B_0B = \frac{1}{3}A_0B$



Adotando uma anisotropia de $\frac{K_h}{K_v} = 9$, e fazendo uma mudança de variável tal

que $X = X_t$, onde $X_t = \sqrt{\frac{K_v}{K_h}}.X$. Pode-se tratar o problema no sistema $(X_t; Y)$ de

coordenadas como isotrópico. Desta forma tem-se :

$$P = \sqrt{X_f^2 + Y^2} - X_t;$$

para $X_t = d$ e $Y = h$, tem-se:



$$P = \sqrt{d^2 + h^2} - d$$

Para $d = 8,60\text{m}$ e $h = 19,45\text{m}$ tem-se:

$$p = 12,66\text{m}$$

Rearranjando a equação básica obtém-se:

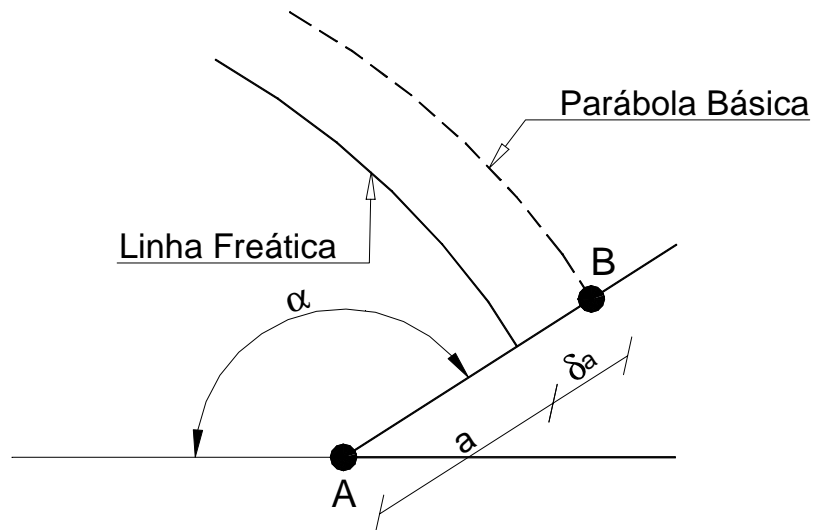
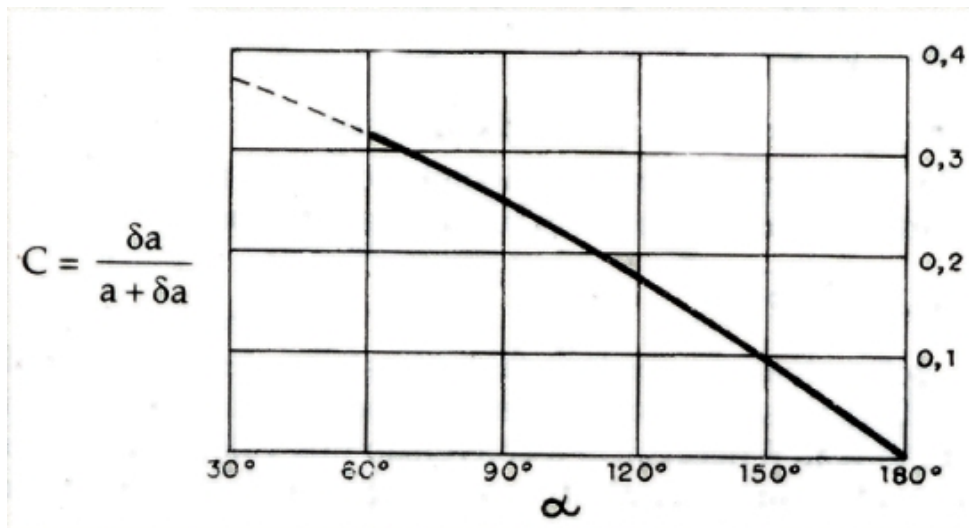
$$y = \sqrt{P^2 - 2 \cdot X_t \cdot P}$$

Atribuindo valores a X_t , obtém-se Y , conforme planilha a seguir:

X_t	Y
0	12,66
2,00	14,52
4,00	16,17
6,00	17,66
7,00	18,37
8,00	19,04
8,60	19,45

$Y_{\text{corrigido}}$ correspondente às correções da parábola básica na entrada de montante e saída de jusante.

A correção da saída é função do ângulo que a superfície drenante forma com a horizontal dada pela figura abaixo:



Tem-se:

$$a + \delta a = AB$$

Para $\alpha = 90^\circ$, tem-se $C = 0,25m$

$$a + \delta a = 12,66m$$

$$\delta a = 3,16m$$

$$a = 9,50m$$



MONTGOMERY WATSON



8. ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO PELA BARRAGEM E FUNDAÇÃO



8. ESTUDOS DE PERCOLAÇÃO PELA BARRAGEM E FUNDAÇÃO

Os estudos de percolação foram realizados com o objetivo principal de avaliar os valores das vazões percoladas pelo corpo da barragem e pela fundação.

Para obtenção dessas vazões foi realizado o seguinte procedimento:

- a) Vazões pelo Maciço: Determinou-se a linha freática associando esta à parábola teórica de KOZENY fazendo as correções de contorno. Foi adotado uma Anisotropia entre a permeabilidade horizontal e vertical igual a 9. Esse valor é recomendado pelo Prof^o Paulo Cruz, no seu livro 100 Barragens Brasileiras, para maciços terrosos compactados com altura até 20,00m.

Determinou-se a ordenada Y_0 da interseção da linha freática com o filtro vertical e aplicou-se a expressão para determinação da vazão por metro de barragem.

$$q = \sqrt{K_x \cdot K_y \cdot Y_0} m^3 / s.m$$

- b) Vazões pela Fundação: Para avaliação das vazões pela fundação foi usado o processo do traçado da rede de fluxo pela fundação e aplicado a expressão seguinte para o cálculo da vazão por metro.

$$q = K \times H \times \frac{n_f}{n_d}$$

Onde:

q = é a vazão por metro em $m^3/s/m$;

H = carga hidráulica;

n_f = número de canais de fluxo;

n_d = número de queda de potencial.

A rede de fluxo é mostrada nas figuras 8.1 e 8.2 mostradas a seguir:



Foi adotado a anisotropia entre a permeabilidade vertical e horizontal na relação

$$\frac{K_V}{K_H} = \frac{1}{9}$$

A região do fluxo foi dividida em 17 saltos de potencial e 4 canais de fluxo. A permeabilidade da fundação adotada foi de $K=5,50 \times 10^{-4}$ cm/s.

A camada permeável adotada foi de 15,00m.

A permeabilidade vertical do maciço foi extraída dos ensaios de permeabilidade realizados nos furos das jazidas J-01 e J-02. Os resultados desses ensaios são mostrados no quadro 8.1 abaixo:

Quadro 8.1

JAZIDA-01		JAZIDA-02	
Furo	K (cm/s)	Furo	K (cm/s)
6	8,9 E-07	2	8,5 E-07
20	9,3 E-07	20	7,5 E-07
53	8,9 E-07	22	7,7 E-07
83	9,9 E-07	42	6,8 E-07
113	9,2 E-07	-	-
139	8,6 E-07	-	-
157	8,7 E-07	-	-
174	8,3 E-07	-	-
191	8,5 E-07	-	-
211	9,2 E-07	-	-
225	8,8 E-07	-	-

Adotou-se a permeabilidade vertical do maciço compactado igual a $8,2 \times 10^{-7}$ cm/s.

Para a areia adotou-se uma permeabilidade de $7,0 \times 10^{-3}$ cm/s.

As vazões obtidas para dimensionamento dos dispositivos de drenagem interna foram:



$$Q_{MACIÇO} = 2,30 \times 10^{-7} \text{ m}^3 / \text{s} / \text{m}$$

$$Q_{FUNDAÇÃO} = 3,88 \times 10^{-7} \text{ m}^3 / \text{s} / \text{m}$$

A vazão total que sairá no tapete horizontal será:

$$Q_{total} = 4,0 \times 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s} / \text{m}$$

SEÇÃO DEFORMADA

ESC.: 1/500

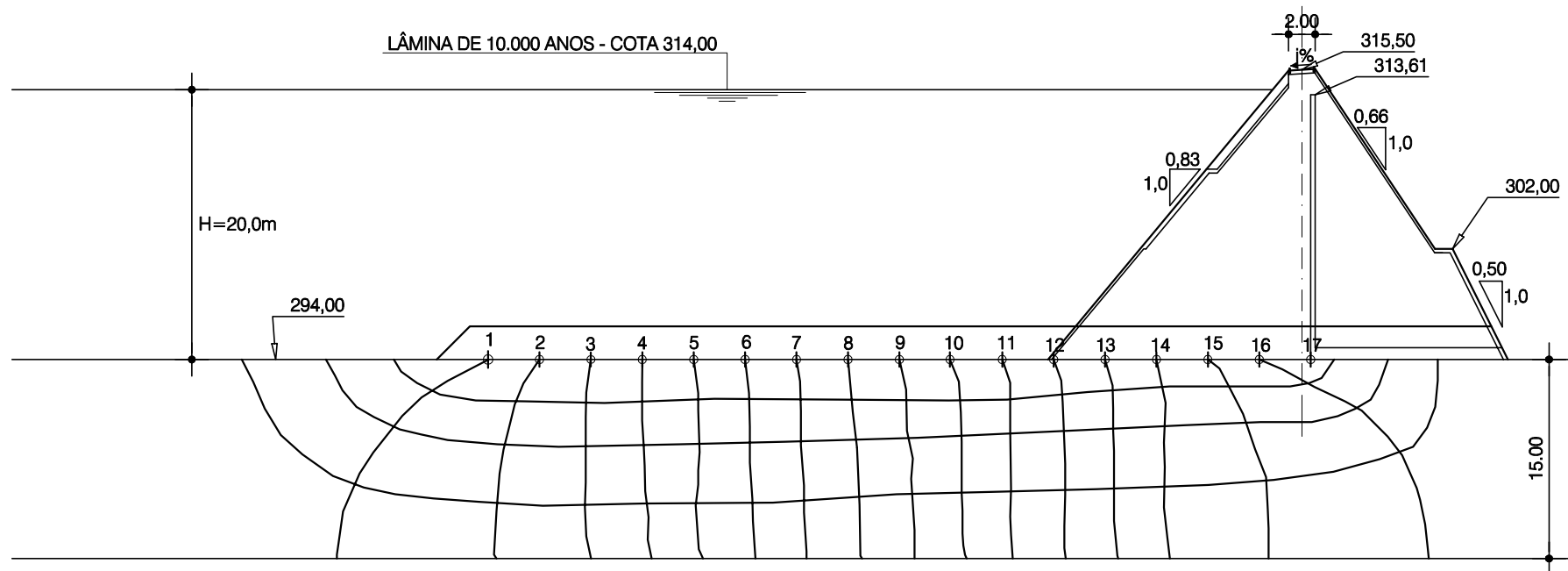


Figura 8.1

SEÇÃO NORMAL

ESC.: 1/1250

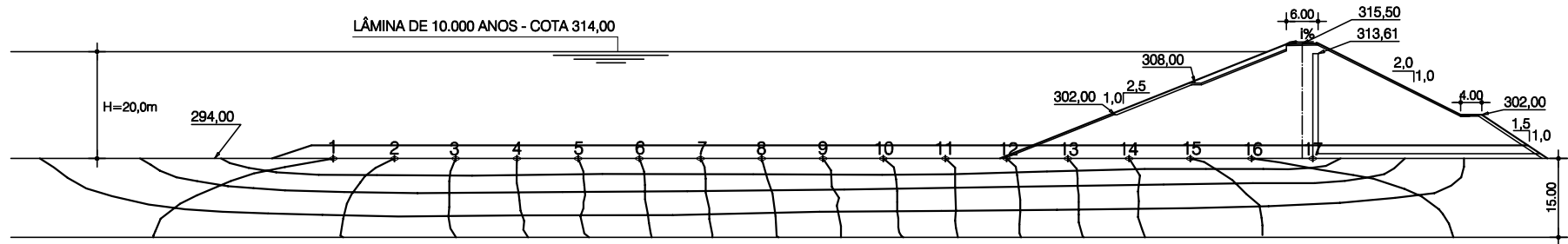


Figura 8.2



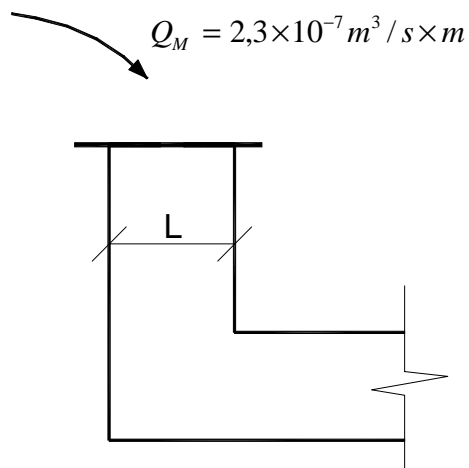
MONTGOMERY WATSON



9. DIMENSIONAMENTO DO FILTRO VERTICAL



9. DIMENSIONAMENTO DO FILTRO VERTICAL



$$Q = K \cdot I \cdot A$$

$$A = L \times 1,0\text{m}$$

$$i = 1,0\text{m}$$

$$K_{\alpha} = 7,0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

$$Q = K \cdot i \cdot L$$

$$L = \frac{Q}{k \cdot i} = \frac{2,30 \times 10^{-7}}{7,0 \times 10^{-5} \times 1,0} = 3,3 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Adotou-se $L = 1,0\text{m}$ por questões construtivas, principalmente porque indica-se a construção do filtro através da escavação de camada de solo já executada.



MONTGOMERY WATSON

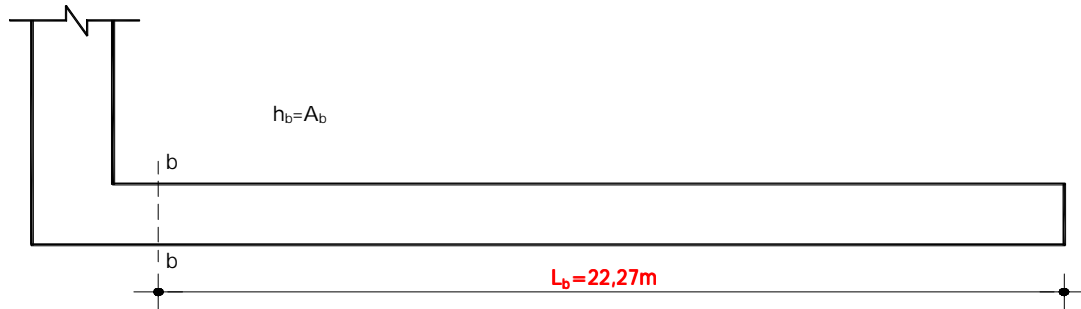


10. DIMENSIONAMENTO DO TAPETE HORIZONTAL



10. DIMENSIONAMENTO DO TAPETE HORIZONTAL

A vazão na seções final do tapete é de $4,0 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} \times \text{m}$.



$$Q = \frac{Q}{i \cdot A_b}$$

$$h_b = A_A$$

$$i = \frac{h_b}{L_b}$$

$$K_b = \frac{Qb}{\left(\frac{h_b}{L_b}\right) A_b} = \frac{Q_b \cdot L_d}{A_b^2}$$

$$A_b^2 = \frac{Q_b \cdot L_d}{K_b}$$

$$A_b = \sqrt{\frac{4,0 \times 10^{-5} \times 22,27}{K_b}}$$



Usando apenas areia com $K_A = 7,0 \times 10^{-5}$ m/s, tem-se:

A espessura é demasiada, será usado um dreno sanduíche formado de duas camadas de areia de 30cm de espessura e uma de brita de 30cm de espessura colocado na parte central.

Adotando a permeabilidade de brita $K = 8,0 \times 10^{-1}$ cm/s = $8,0 \times 10^{-3}$ m/s.

A permeabilidade equivalente do material composto é:

A espessura necessária desse material será:

Portanto, pode-se, concluir que o dreno projetado atende à vazão afluente.



MONTGOMERY WATSON



11. ANÁLISE DA ESTABILIDADE



11. ANÁLISE DA ESTABILIDADE

A análise da estabilidade foi verificada para as situações estática e sísmica.

Utilizou-se o programa Geo-Slope/W que usa o método de Bishop Modificado.

Analisou-se as seguintes situações:

- Final de Construção – análise feita para os taludes de montante e jusante;
- Regime Permanente – análise feita no talude de jusante;
- Esvaziamento Rápido – análise feita no talude de montante.

A análise sísmica foi feita pelo processo pseudo-estático introduzindo um fator de aceleração da gravidade. Para as análises de Regime Permanente adotou-se o fator igual a 0,07.

Para as análises de Final de Construção e rebaixamento rápido adotou-se o fator igual a 0,07.

Os resultados das análises de estabilidade são apresentados a seguir.

Nas tabelas 11.1 e 11.2 a seguir são apresentados o fator mínimo determinado em cada análise de estabilidade:

Todos os fatores de segurança encontrados foram superiores aos coeficientes de segurança mínimos recomendados em bibliografia.

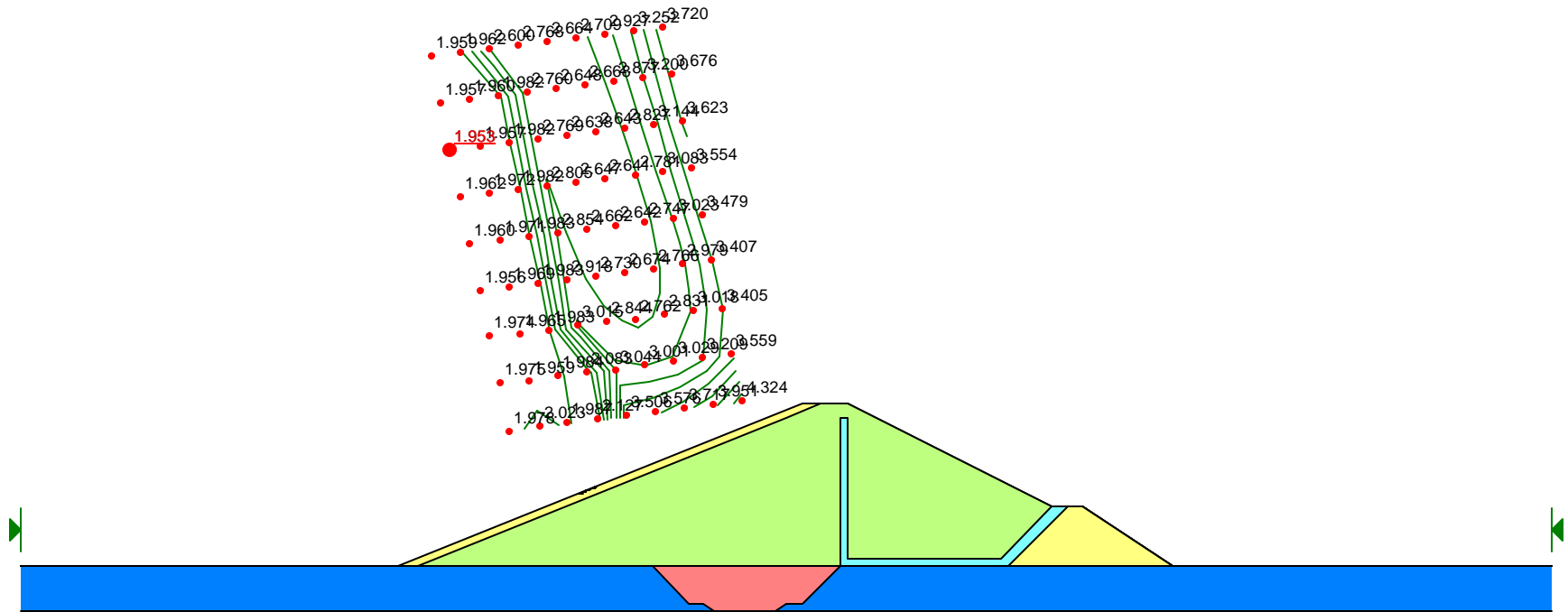
**Tabela 11.1 – Análise de Estabilidade - Estática**

Simulação	C.S. mínimo	Superfície de Deslizamento		
		Superficial	Intermediária	Profunda
Final de Construção – Talude de Montante	1,3	1,953	1,861	1,859
Final de Construção – Talude de Jusante	1,3	1,853	1,401	1,774
Reservatório Cheio – Talude de Jusante	1,5	1,926	1,523	1,512
Esvaziamento Rápido – Talude de Montante.	1,1	1,854	1,258	1,159

Tabela 11.2 – Análise de Estabilidade – Abalo Sísmico

Simulação	C.S. mínimo	Superfície de Deslizamento		
		Superficial	Intermediária	Profunda
Final de Construção – Talude de Montante	1,0	1,294	1,548	1,546
Final de Construção – Talude de Jusante	1,0	1,638	1,650	1,501
Reservatório Cheio – Talude de Jusante	1,0	1,612	1,282	1,282
Esvaziamento Rápido – Talude de Montante.	1,0	1,531	1,005	1,005

Description: BARRAGEM UMARI
Comments:
File Name: UEFCMS.slp
Last Saved Date: 03/05/02
Last Saved Time: 12:21:46
Analysis Method: Bishop
Direction of Slip Movement: Right to Left
Slip Surface Option: Grid and Radius
P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru
Seismic Coefficient: (none)



ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ESTÁTICA
FINAL DE CONSTRUÇÃO - TALUDE DE MONTANTE - CAMADA SUPERFICIAL

Description: BARRAGEM UMARI

Comments:

File Name: UEFCMI.slp

Last Saved Date: 03/05/02

Last Saved Time: 12:15:04

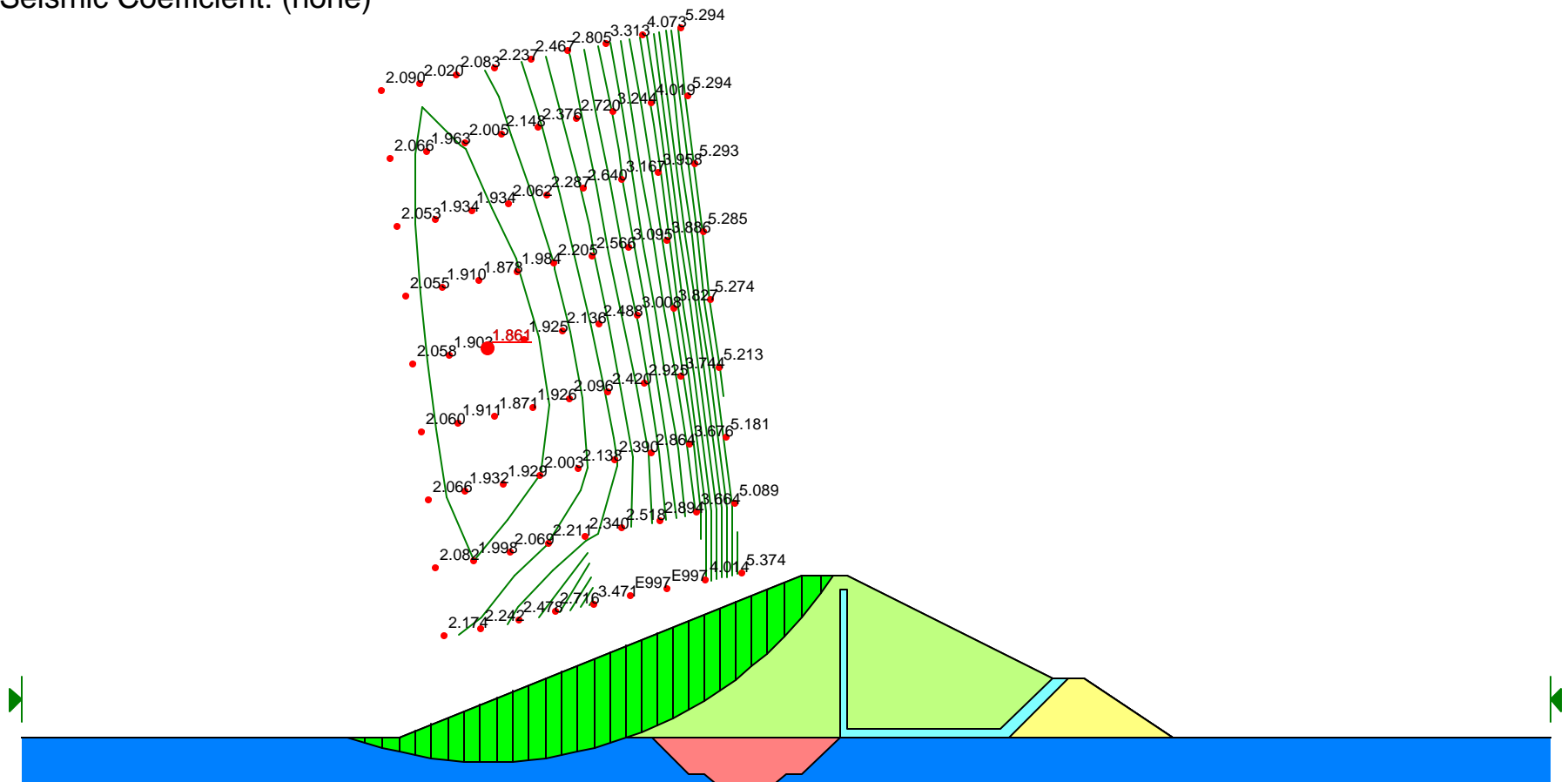
Analysis Method: Bishop

Direction of Slip Movement: Right to Left

Slip Surface Option: Grid and Radius

P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru

Seismic Coefficient: (none)



ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ESTÁTICA
FINAL DE CONSTRUÇÃO - TALUDE DE MONTANTE - CAMADA INTERMEDIÁRIA

Description: BARRAGEM UMARI

Comments:

File Name: UEFCMP.slp

Last Saved Date: 03/05/02

Last Saved Time: 12:17:28

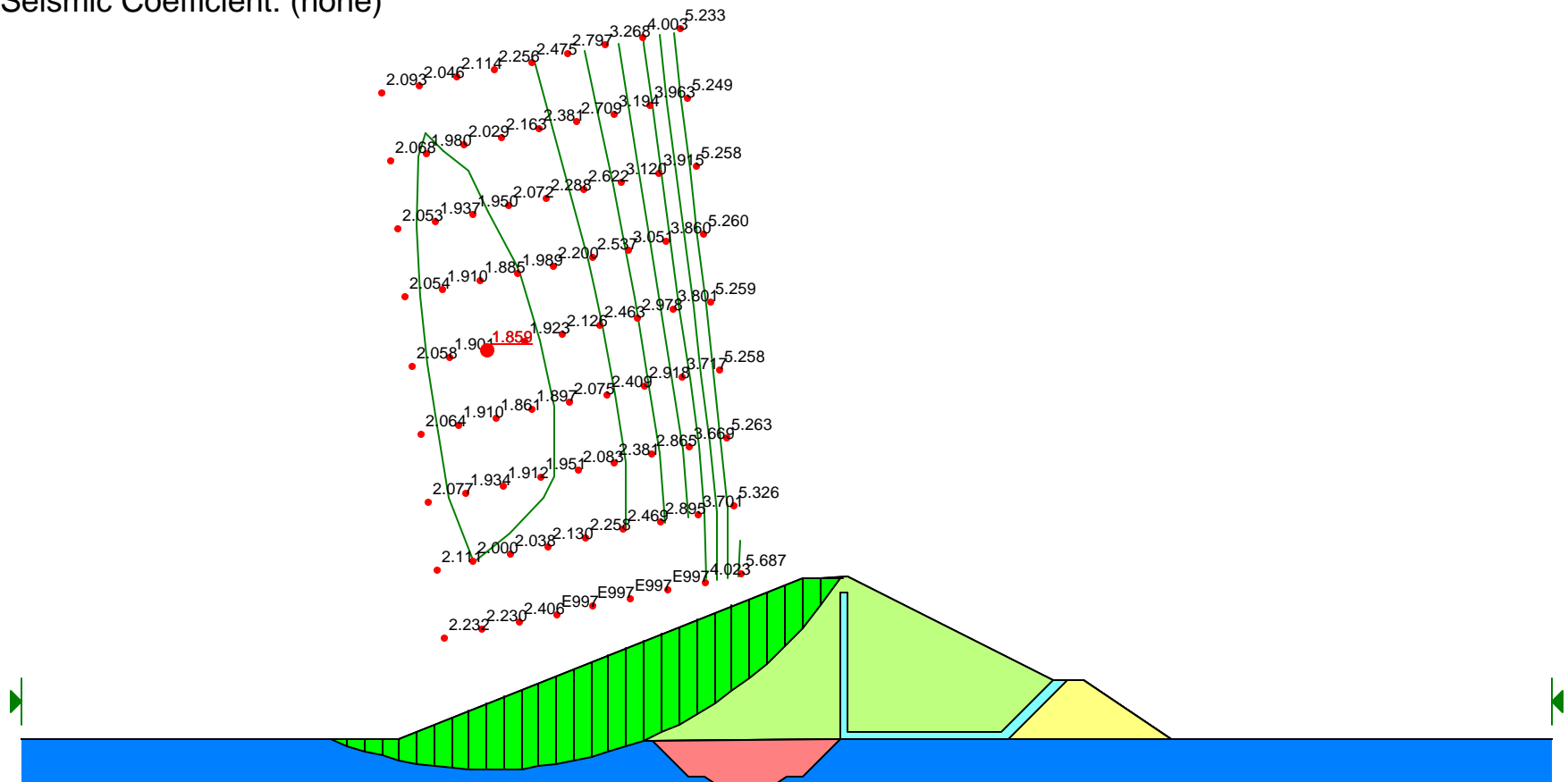
Analysis Method: Bishop

Direction of Slip Movement: Right to Left

Slip Surface Option: Grid and Radius

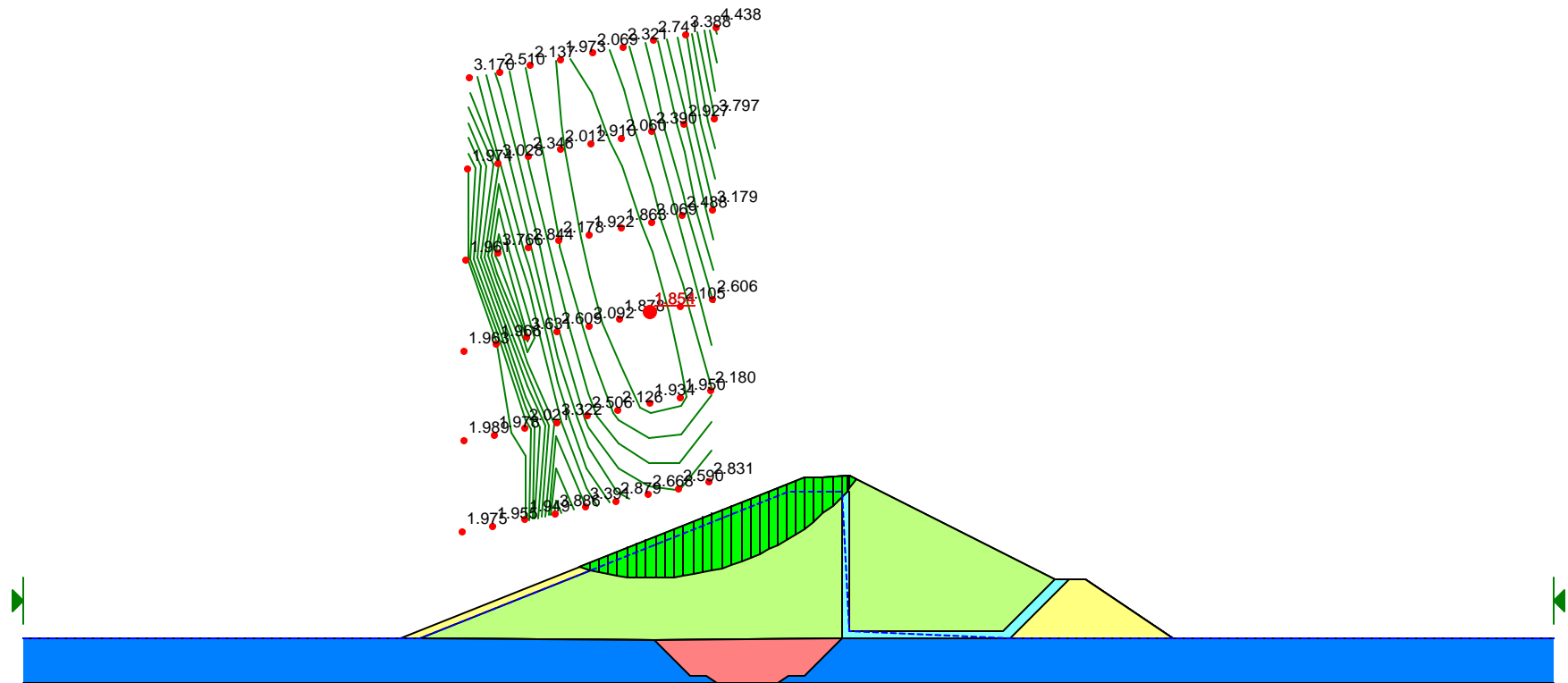
P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru

Seismic Coefficient: (none)



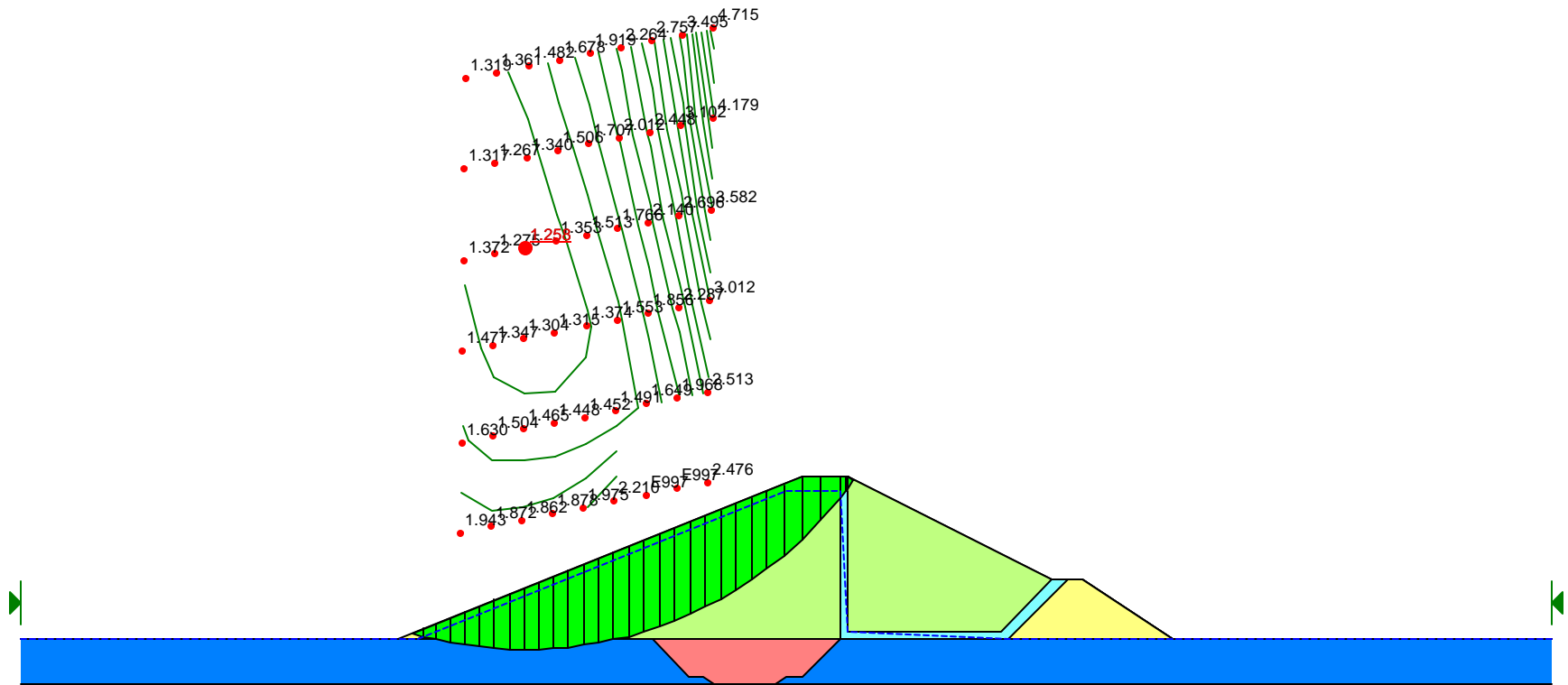
ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ESTÁTICA
FINAL DE CONSTRUÇÃO - TALUDE DE MONTANTE - CAMADA PROFUNDA

Description: BARRAGEM UMARI
Comments:
File Name: UEERMS.slp
Last Saved Date: 03/05/02
Last Saved Time: 16:24:13
Analysis Method: Bishop
Direction of Slip Movement: Right to Left
Slip Surface Option: Grid and Radius
P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru
Seismic Coefficient: (none)



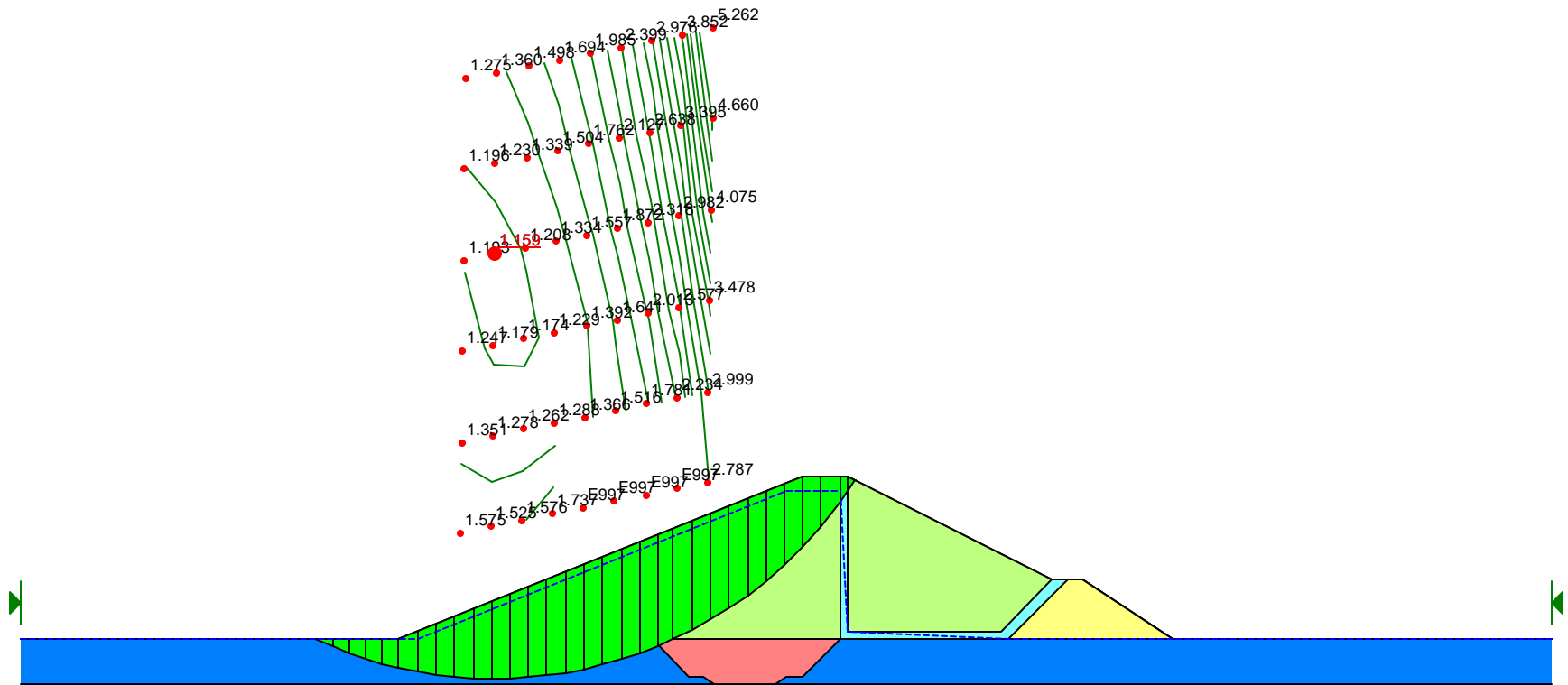
ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ESTÁTICA
ESVAZIAMENTO RÁPIDO - TALUDE DE MONTANTE - CAMADA SUPERFICIAL

Description: BARRAGEM UMARI
Comments:
File Name: UEERMI.slp
Last Saved Date: 03/05/02
Last Saved Time: 16:49:11
Analysis Method: Bishop
Direction of Slip Movement: Right to Left
Slip Surface Option: Grid and Radius
P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru
Seismic Coefficient: (none)



ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ESTÁTICA
ESVAZIAMENTO RÁPIDO - TALUDE DE MONTANTE - CAMADA INTERMEDIÁRIA

Description: BARRAGEM UMARI
Comments:
File Name: UEERMP.slp
Last Saved Date: 03/05/02
Last Saved Time: 16:47:26
Analysis Method: Bishop
Direction of Slip Movement: Right to Left
Slip Surface Option: Grid and Radius
P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru
Seismic Coefficient: (none)



ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ESTÁTICA
ESVAZIAMENTO RÁPIDO - TALUDE DE MONTANTE - CAMADA PROFUNFA

Description: BARRAGEM UMARI

Comments:

File Name: UEFCJS.slp

Last Saved Date: 03/05/02

Last Saved Time: 11:30:20

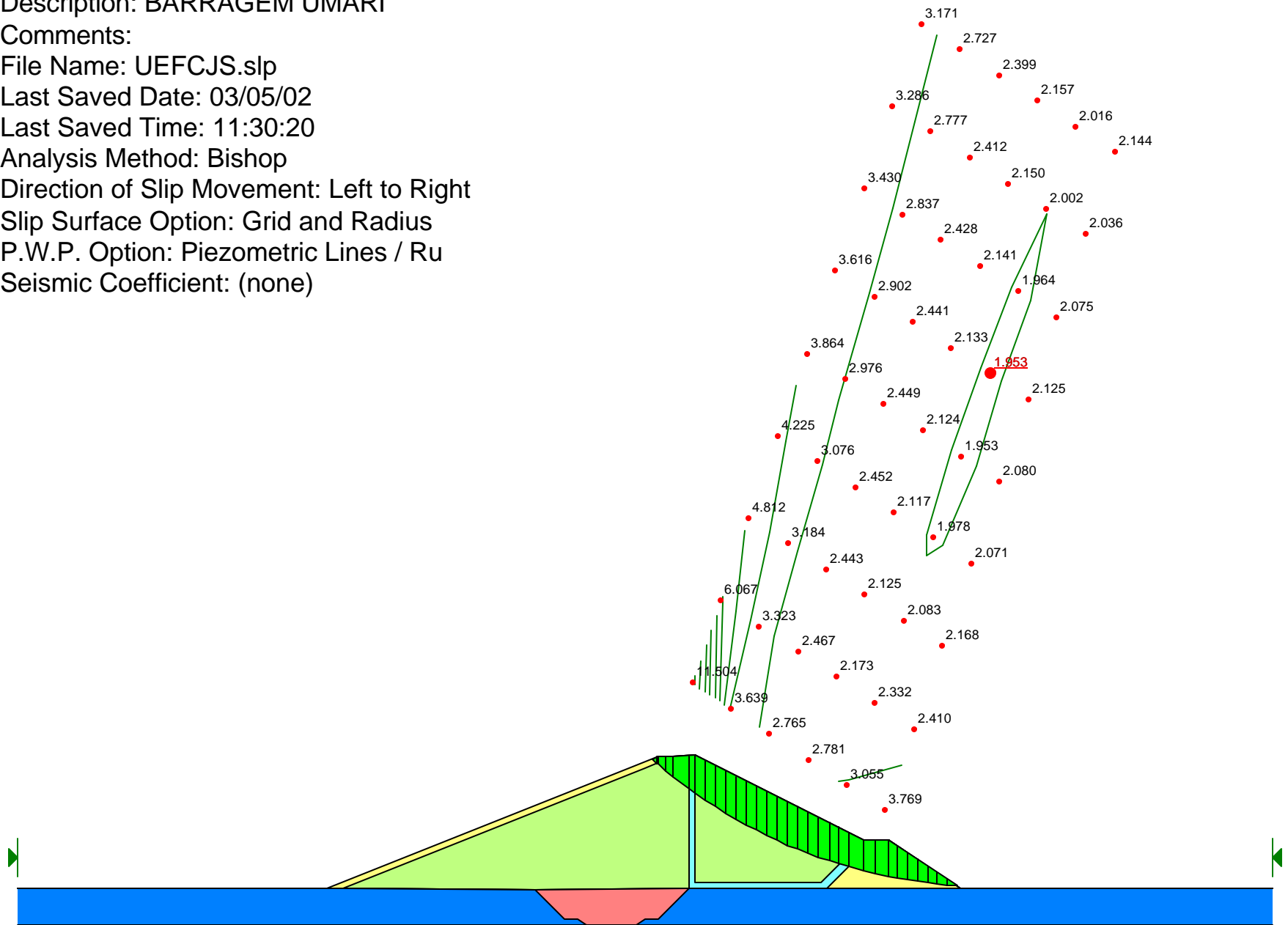
Analysis Method: Bishop

Direction of Slip Movement: Left to Right

Slip Surface Option: Grid and Radius

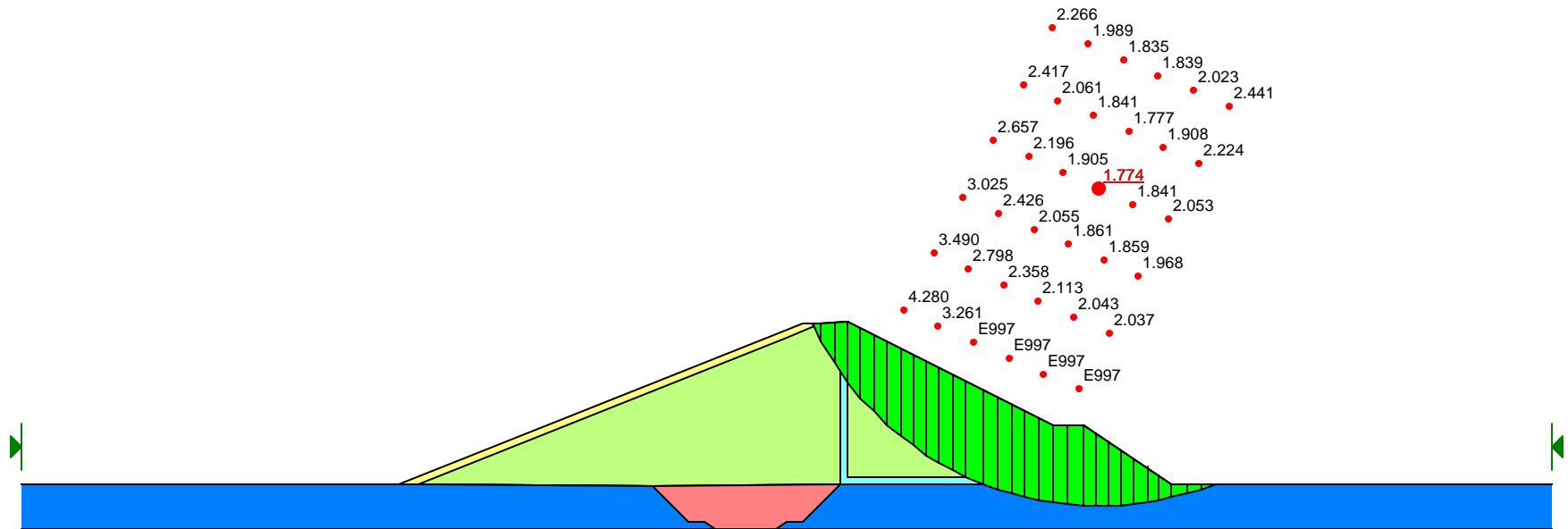
P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru

Seismic Coefficient: (none)



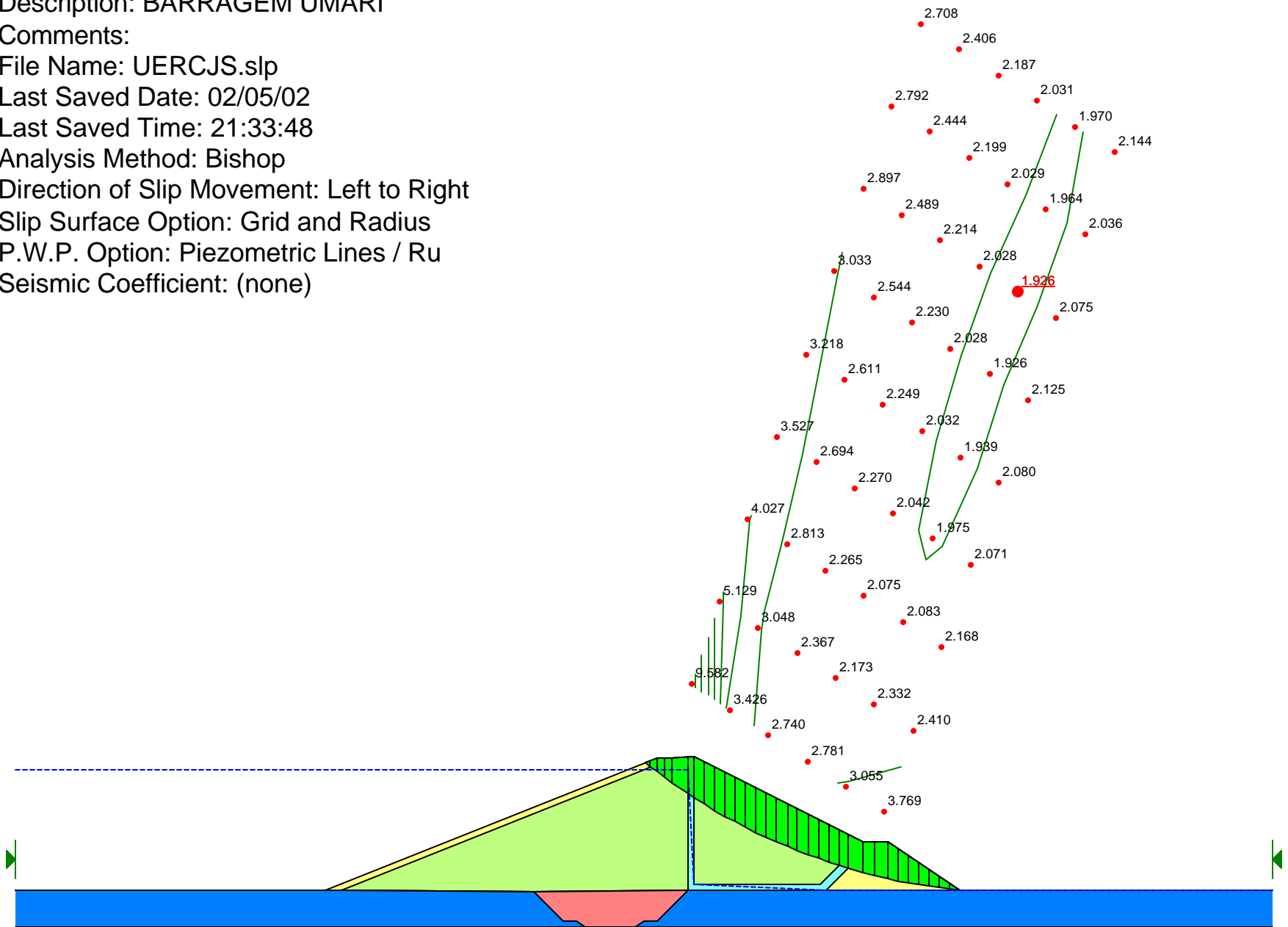
ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ESTÁTICA
FINAL DE CONSTRUÇÃO - TALUDE DE JUSANTE - CAMADA SUPERFICIAL

Description: BARRAGEM UMARI
Comments:
File Name: UEFCJP.slp
Last Saved Date: 03/05/02
Last Saved Time: 11:27:20
Analysis Method: Bishop
Direction of Slip Movement: Left to Right
Slip Surface Option: Grid and Radius
P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru
Seismic Coefficient: (none)



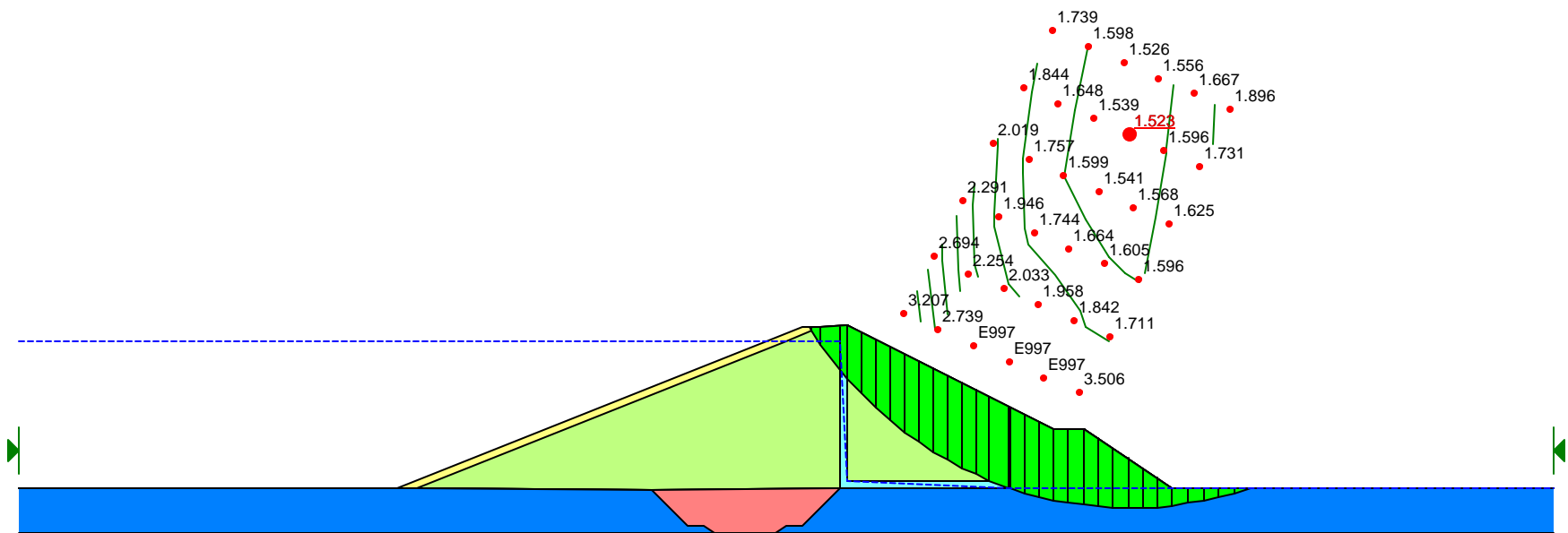
ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ESTÁTICA
FINAL DE CONSTRUÇÃO - TALUDE DE JUSANTE - CAMADA PROFUNDA

Description: BARRAGEM UMARI
Comments:
File Name: UERCJS.slp
Last Saved Date: 02/05/02
Last Saved Time: 21:33:48
Analysis Method: Bishop
Direction of Slip Movement: Left to Right
Slip Surface Option: Grid and Radius
P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru
Seismic Coefficient: (none)



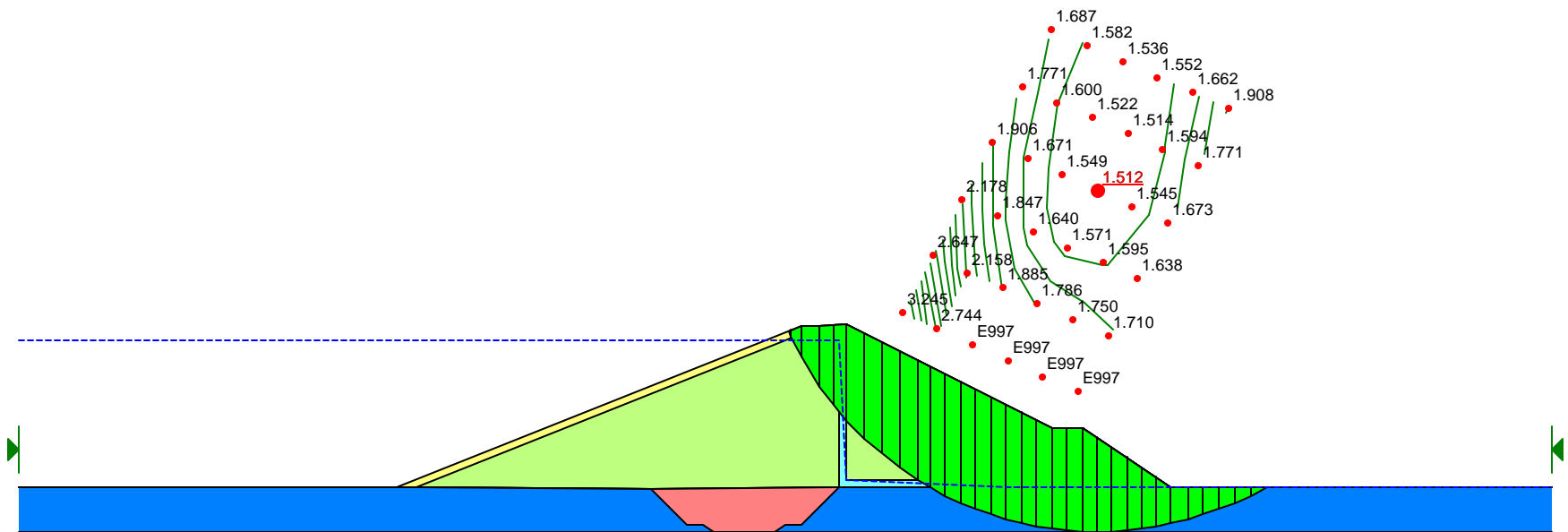
ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ESTÁTICA
RESERVATÓRIO CHEIO - TALUDE DE JUSANTE - CAMADA SUPERFICIAL

Description: BARRAGEM UMARI
Comments:
File Name: UERCJI.slp
Last Saved Date: 02/05/02
Last Saved Time: 21:23:29
Analysis Method: Bishop
Direction of Slip Movement: Left to Right
Slip Surface Option: Grid and Radius
P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru
Seismic Coefficient: (none)



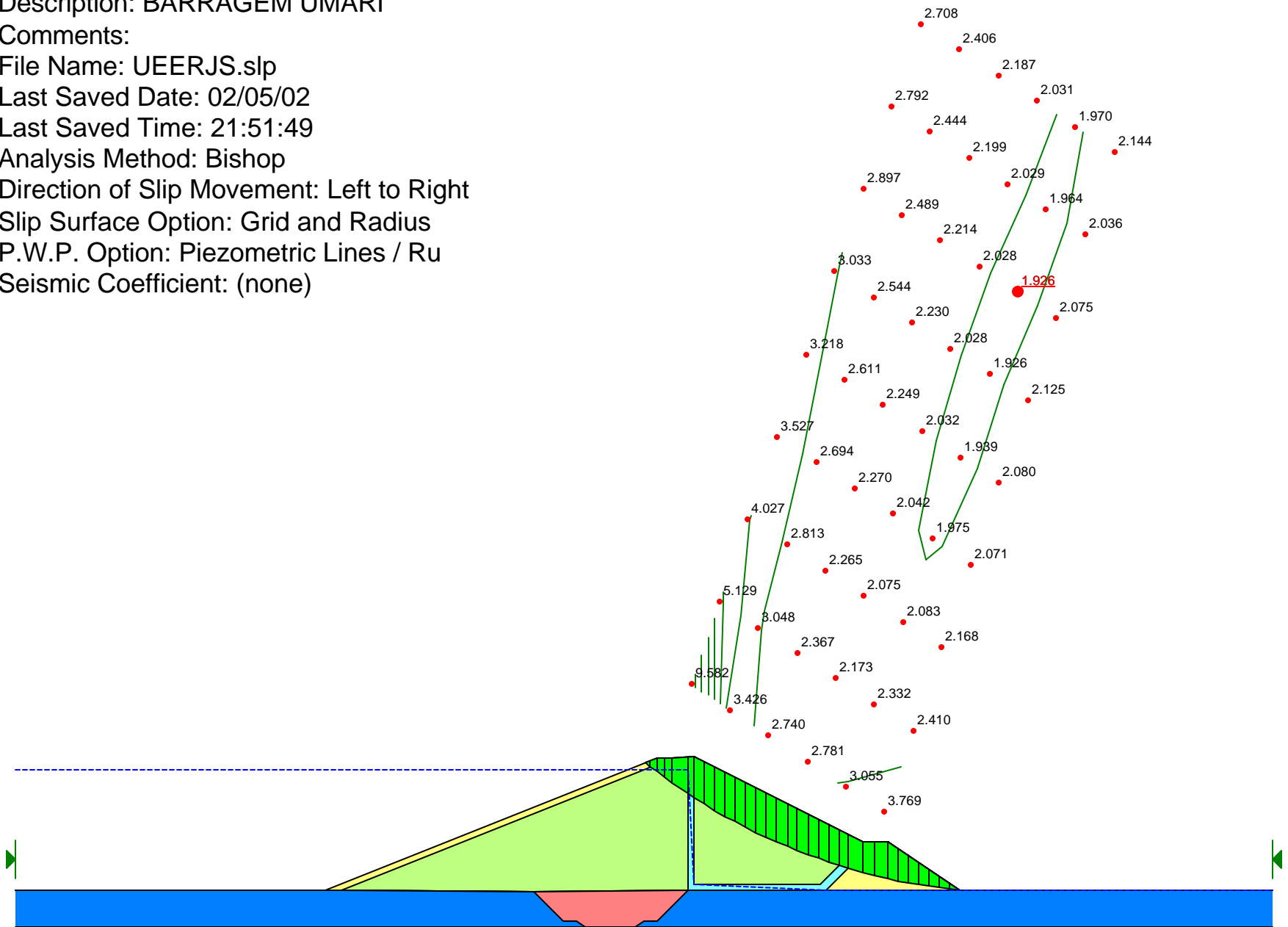
ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ESTÁTICA
RESERVATÓRIO CHEIO - TALUDE DE JUSANTE - CAMADA INTERMEDIÁRIA

Description: BARRAGEM UMARI
Comments:
File Name: UERCJP.slp
Last Saved Date: 02/05/02
Last Saved Time: 21:27:29
Analysis Method: Bishop
Direction of Slip Movement: Left to Right
Slip Surface Option: Grid and Radius
P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru
Seismic Coefficient: (none)



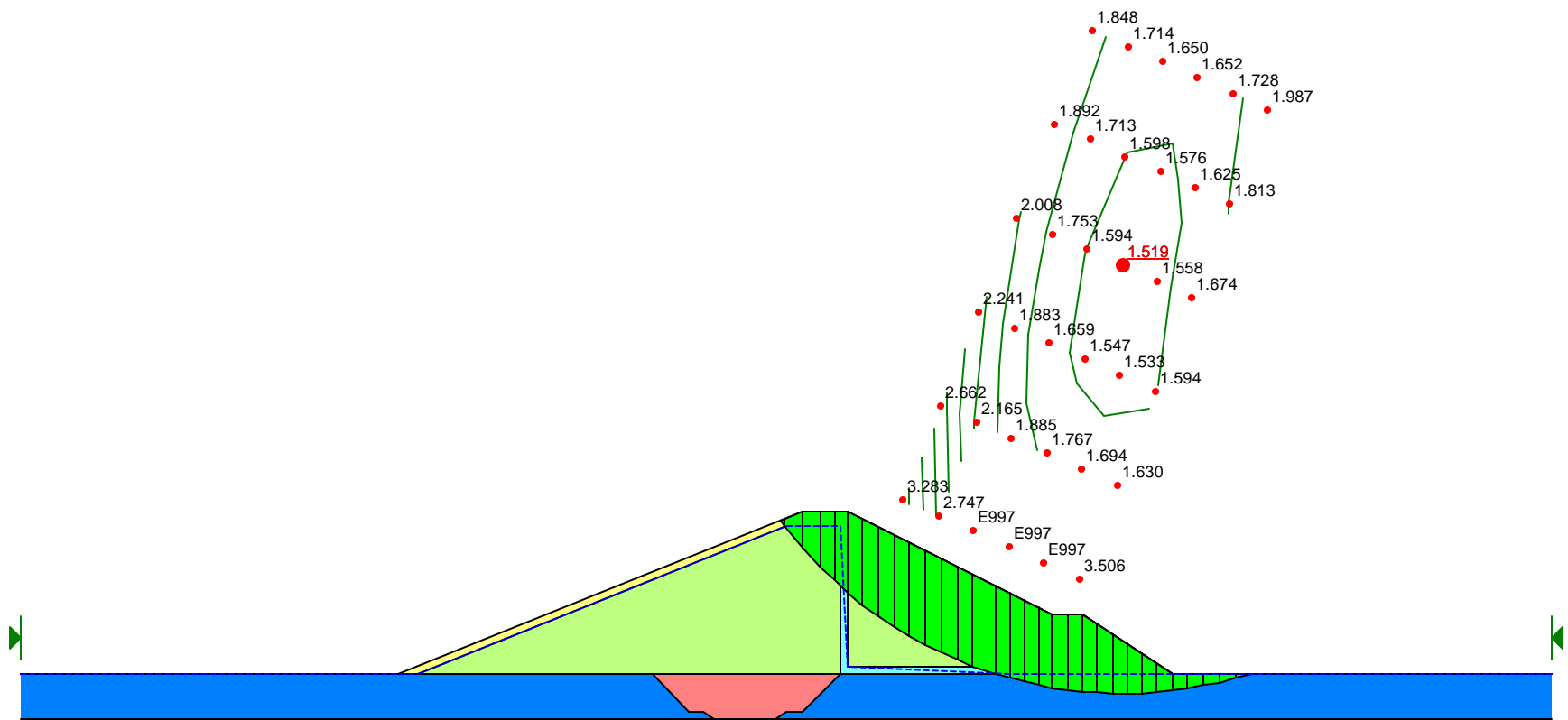
ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ESTÁTICA
RESERVATÓRIO CHEIO - TALUDE DE JUSANTE - CAMADA PROFUNDA

Description: BARRAGEM UMARI
 Comments:
 File Name: UEERJS.slp
 Last Saved Date: 02/05/02
 Last Saved Time: 21:51:49
 Analysis Method: Bishop
 Direction of Slip Movement: Left to Right
 Slip Surface Option: Grid and Radius
 P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru
 Seismic Coefficient: (none)



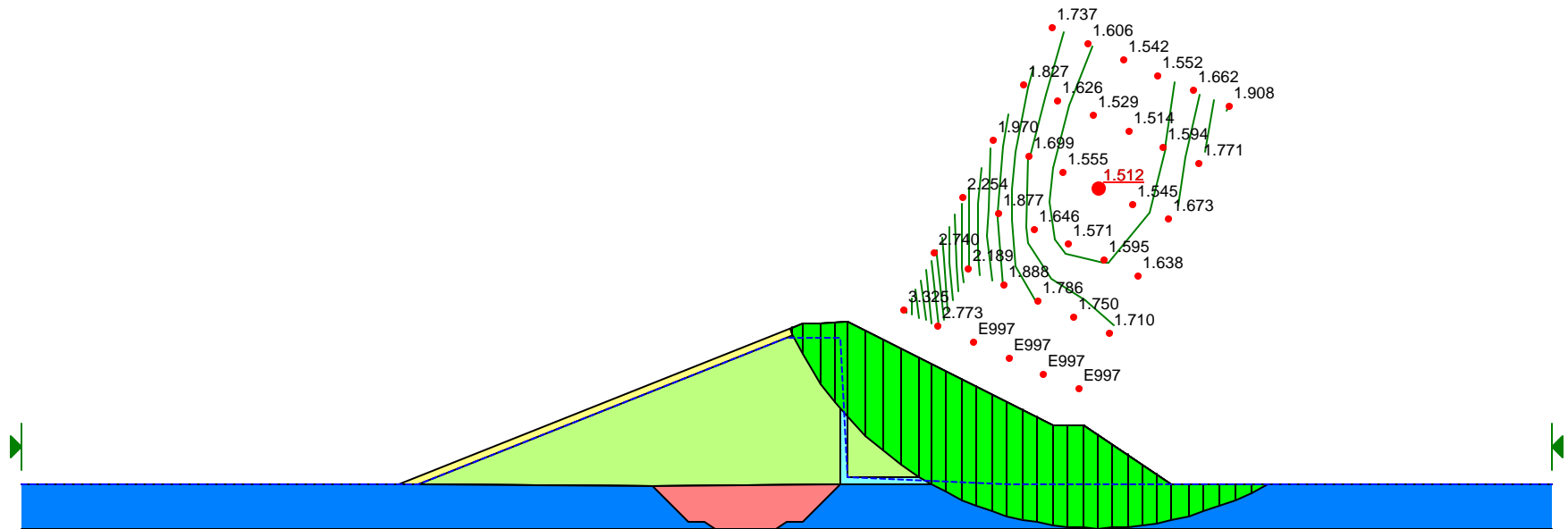
ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ESTÁTICA
 ESVAZIAMENTO RÁPIDO - TALUDE DE JUSANTE - CAMADA SUPERFICIAL

Description: BARRAGEM UMARI
Comments:
File Name: UEERJI.slp
Last Saved Date: 02/05/02
Last Saved Time: 21:45:17
Analysis Method: Bishop
Direction of Slip Movement: Left to Right
Slip Surface Option: Grid and Radius
P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru
Seismic Coefficient: (none)



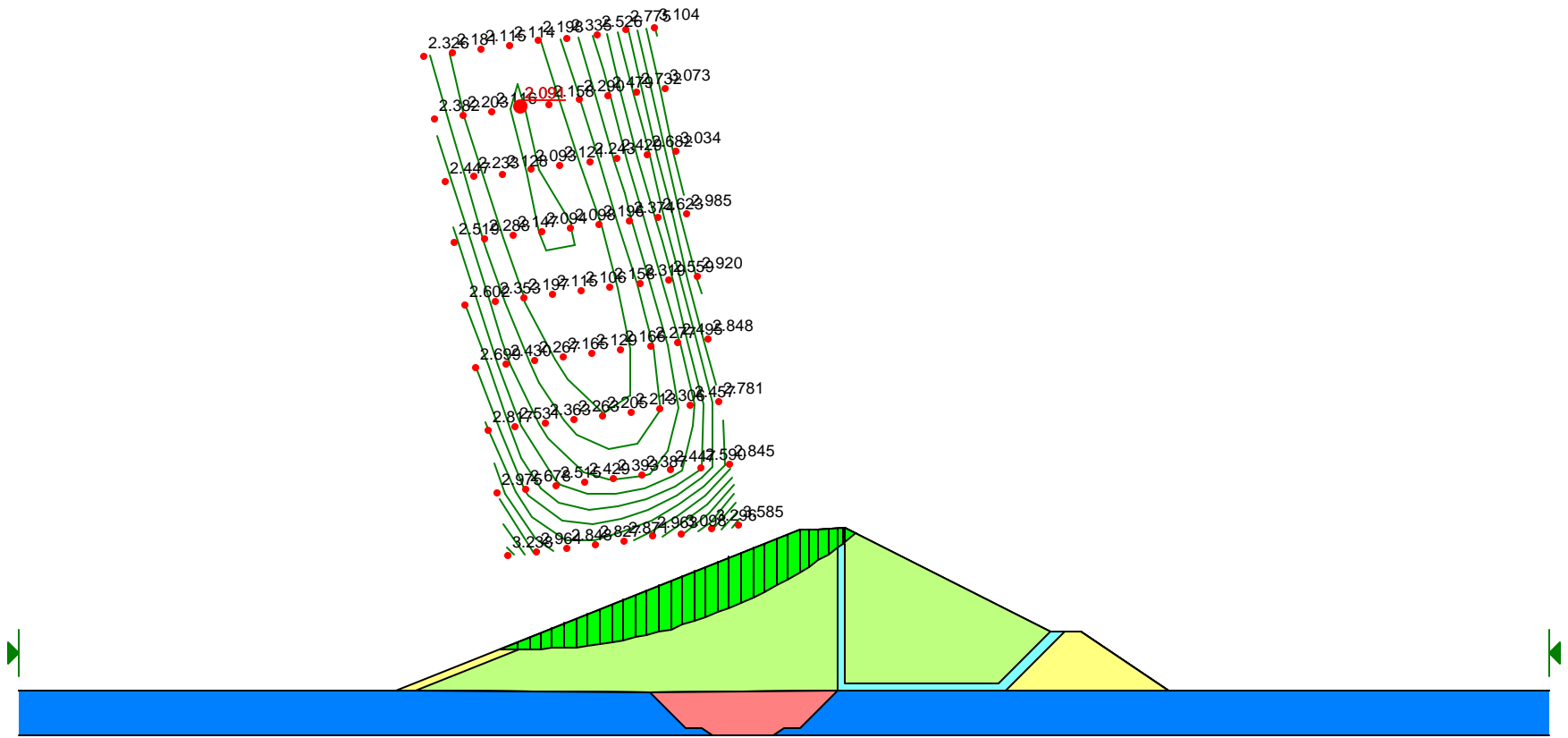
ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ESTÁTICA
ESVAZIAMENTO RÁPIDO - TALUDE DE JUSANTE - CAMADA INTERMEDIÁRIA

Description: BARRAGEM UMARI
Comments:
File Name: UEERJP.slp
Last Saved Date: 02/05/02
Last Saved Time: 21:49:21
Analysis Method: Bishop
Direction of Slip Movement: Left to Right
Slip Surface Option: Grid and Radius
P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru
Seismic Coefficient: (none)



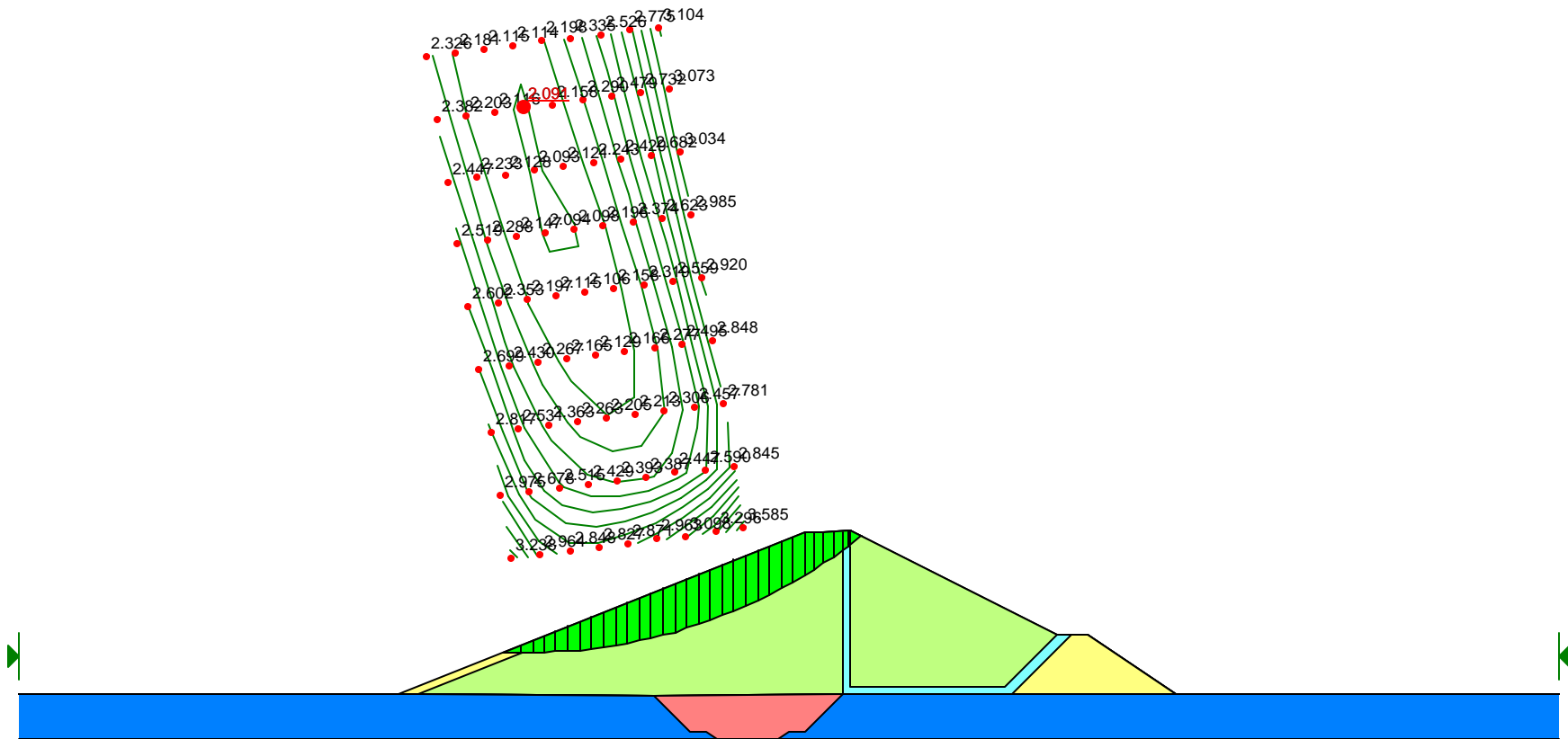
ANÁLISE DE ESTABILIDADE - ESTÁTICA
ESVAZIAMENTO RÁPIDO - TALUDE DE JUSANTE - CAMADA PROFUNDA

Description: BARRAGEM UMARI
 Comments:
 File Name: USFCMS.slp
 Last Saved Date: 03/05/02
 Last Saved Time: 15:15:34
 Analysis Method: Bishop
 Direction of Slip Movement: Right to Left
 Slip Surface Option: Grid and Radius
 P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru
 Seismic Coefficient: Horizontal and Vertical



ANÁLISE DE ESTABILIDADE - SÍSMICA
 FINAL DE CONSTRUÇÃO - TALUDE DE MONTANTE - CAMADA SUPERFICIAL

Description: BARRAGEM UMARI
Comments:
File Name: USFCMS.slp
Last Saved Date: 03/05/02
Last Saved Time: 15:15:34
Analysis Method: Bishop
Direction of Slip Movement: Right to Left
Slip Surface Option: Grid and Radius
P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru
Seismic Coefficient: Horizontal and Vertical



ANÁLISE DE ESTABILIDADE - SÍSMICA
FINAL DE CONSTRUÇÃO - TALUDE DE MONTANTE - CAMADA SUPERFICIAL

Description: BARRAGEM UMARI

Comments:

File Name: USFCMI.slp

Last Saved Date: 03/05/02

Last Saved Time: 15:17:40

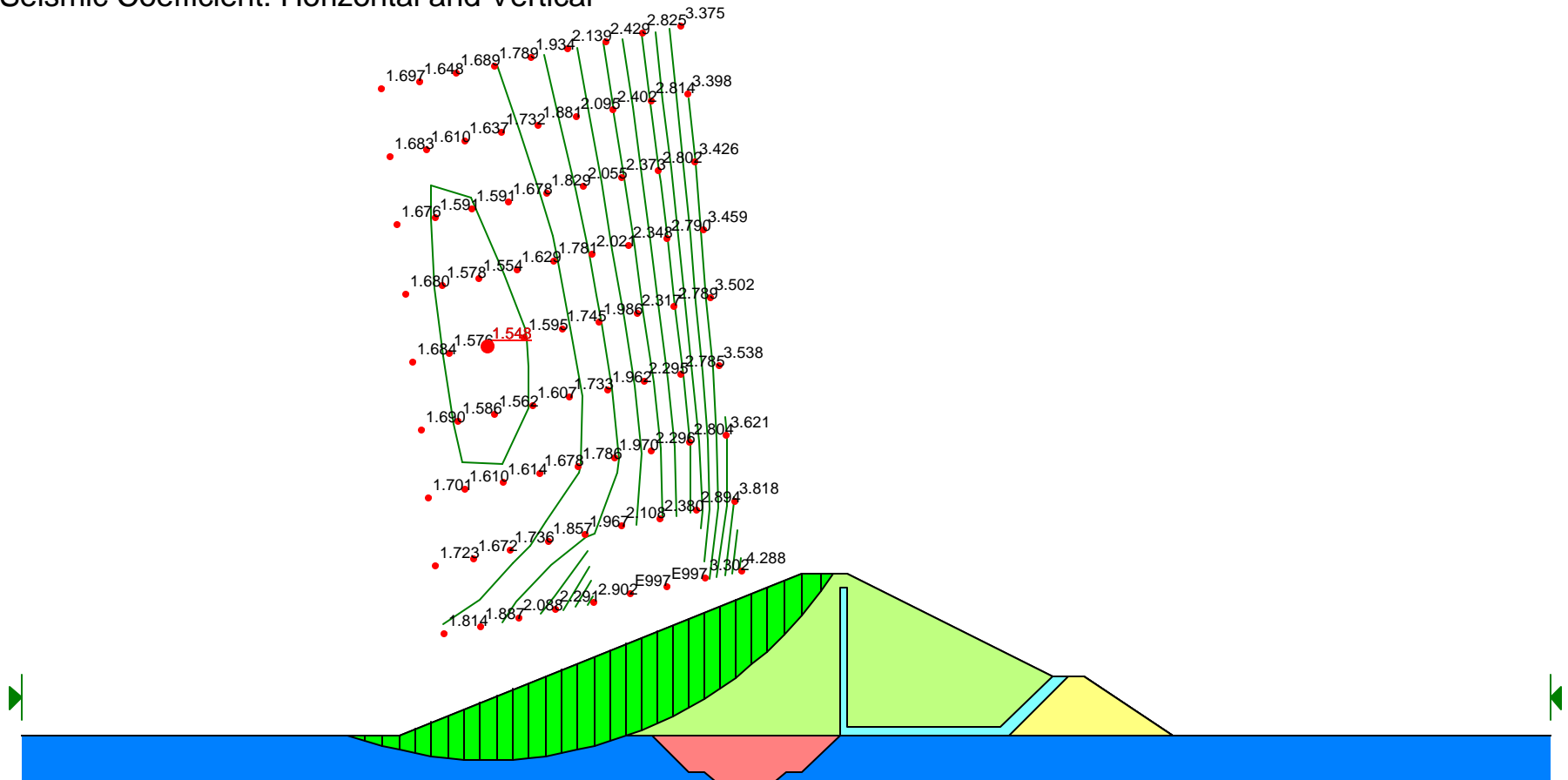
Analysis Method: Bishop

Direction of Slip Movement: Right to Left

Slip Surface Option: Grid and Radius

P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru

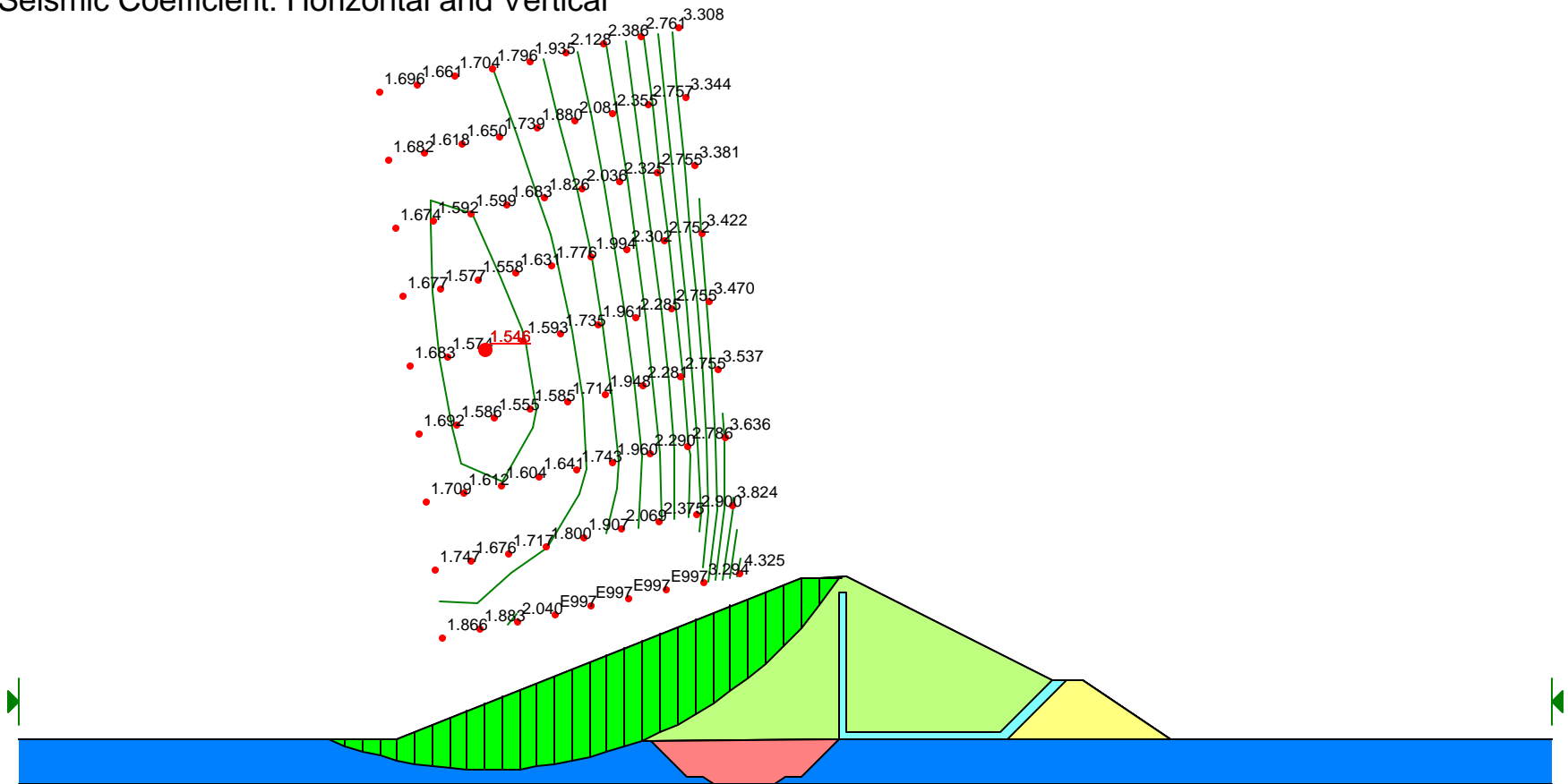
Seismic Coefficient: Horizontal and Vertical



ANÁLISE DE ESTABILIDADE - SÍSMICA

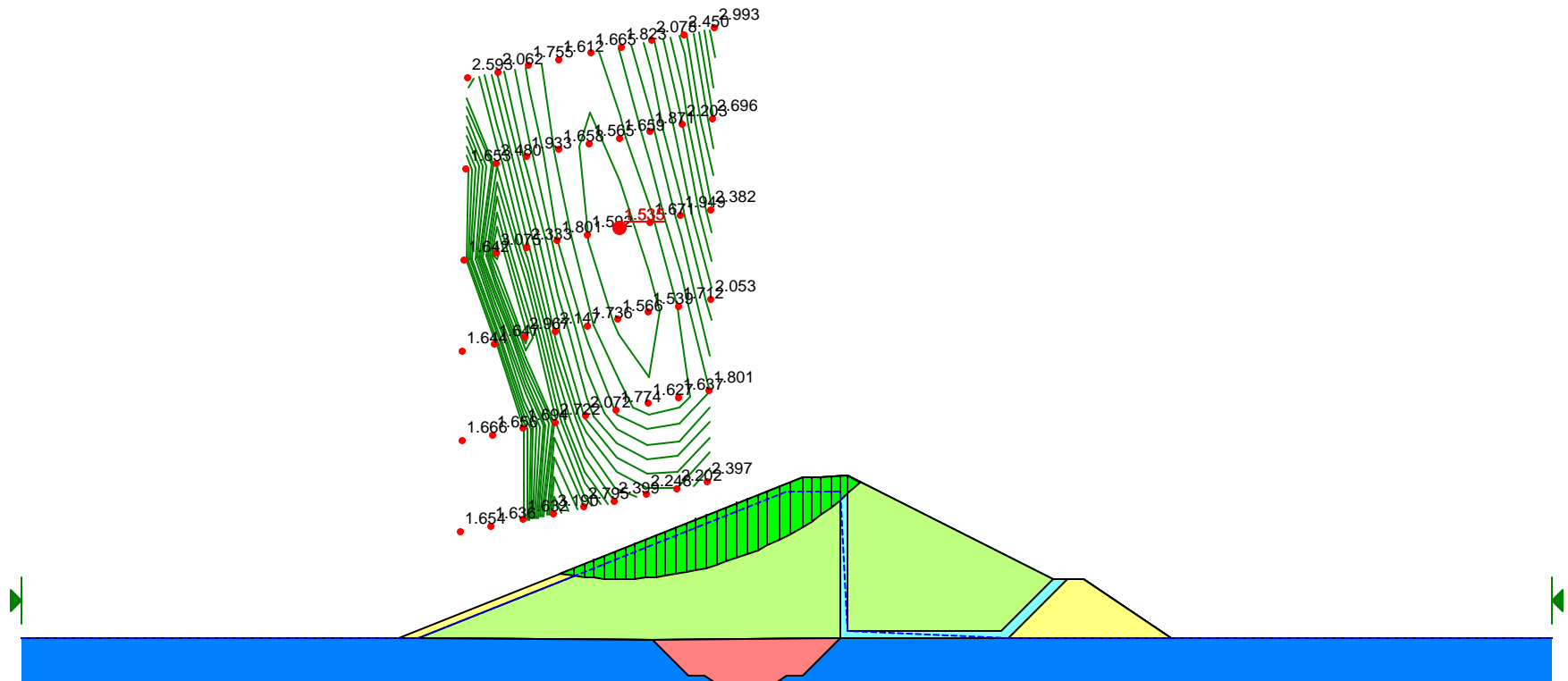
FINAL DE CONSTRUÇÃO - TALUDE DE MONTANTE - CAMADA INTERMEDIÁRIA

Description: BARRAGEM UMARI
 Comments:
 File Name: USFCMP.slp
 Last Saved Date: 03/05/02
 Last Saved Time: 15:19:46
 Analysis Method: Bishop
 Direction of Slip Movement: Right to Left
 Slip Surface Option: Grid and Radius
 P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru
 Seismic Coefficient: Horizontal and Vertical



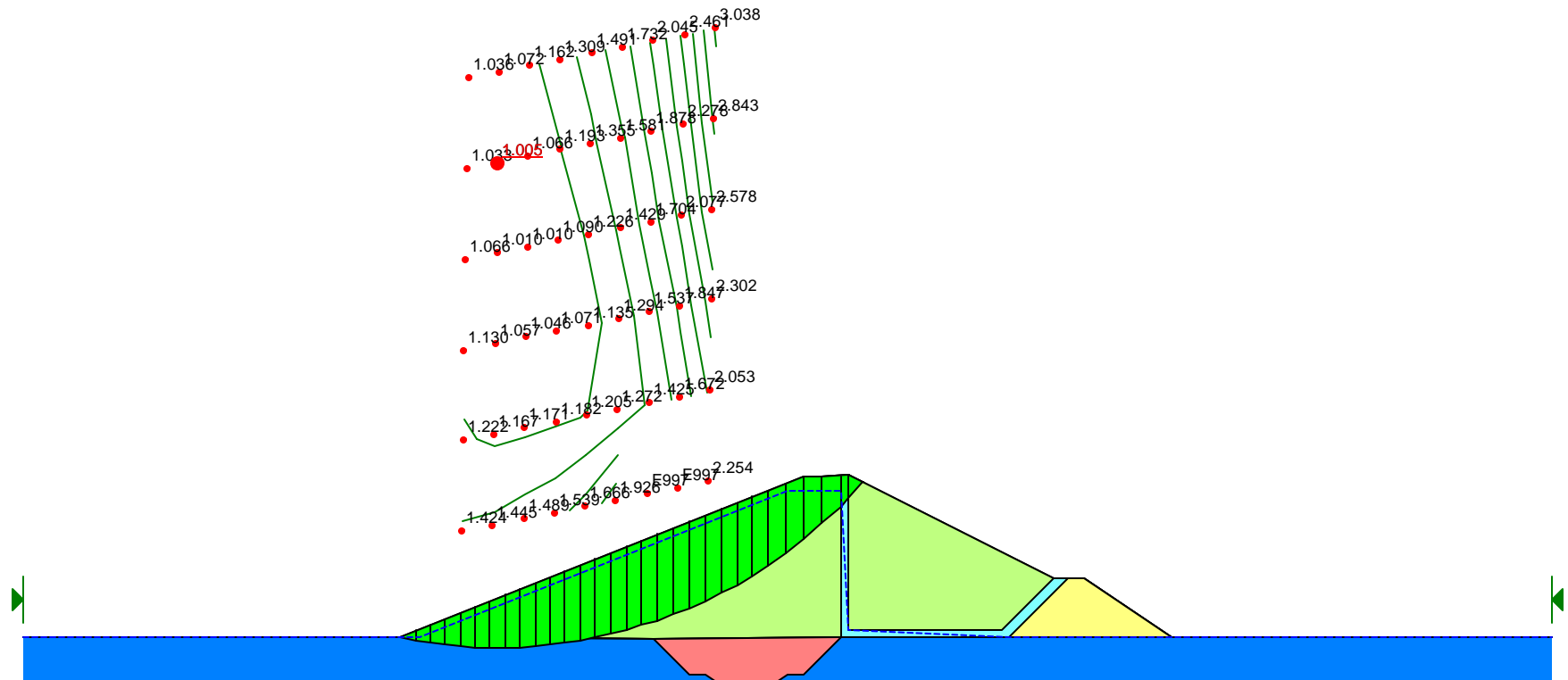
ANÁLISE DE ESTABILIDADE - SÍSMICA
 FINAL DE CONSTRUÇÃO - TALUDE DE MONTANTE - CAMADA PROFUNDA

Description: BARRAGEM UMARI
Comments:
File Name: USERMS.slp
Last Saved Date: 03/05/02
Last Saved Time: 16:26:00
Analysis Method: Bishop
Direction of Slip Movement: Right to Left
Slip Surface Option: Grid and Radius
P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru
Seismic Coefficient: Horizontal and Vertical



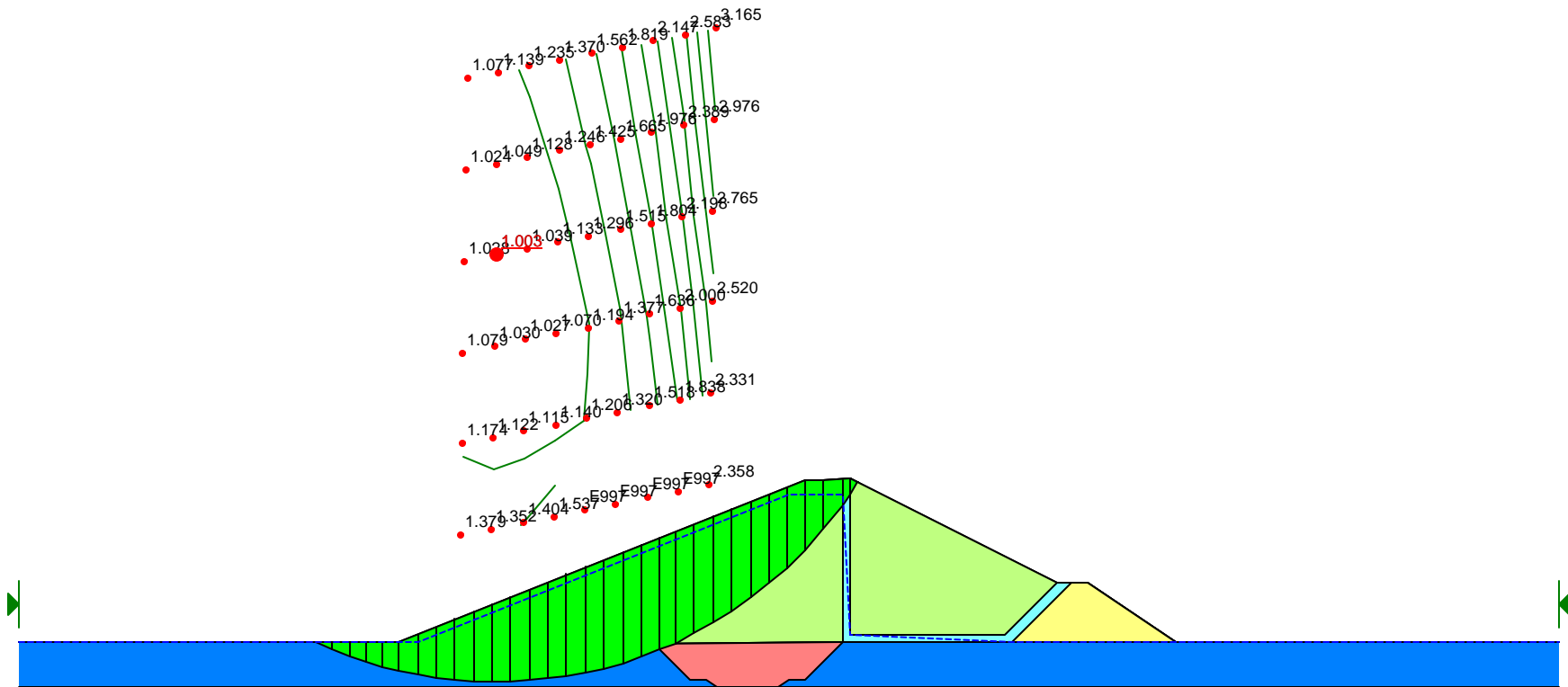
ANÁLISE DE ESTABILIDADE - SÍSMICA
ESVAZIAMENTO RÁPIDO - TALUDE DE MONTANTE - CAMADA SUPERFICIAL

Description: BARRAGEM UMARI
Comments:
File Name: USERMI.slp
Last Saved Date: 03/05/02
Last Saved Time: 16:31:14
Analysis Method: Bishop
Direction of Slip Movement: Right to Left
Slip Surface Option: Grid and Radius
P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru
Seismic Coefficient: Horizontal and Vertical



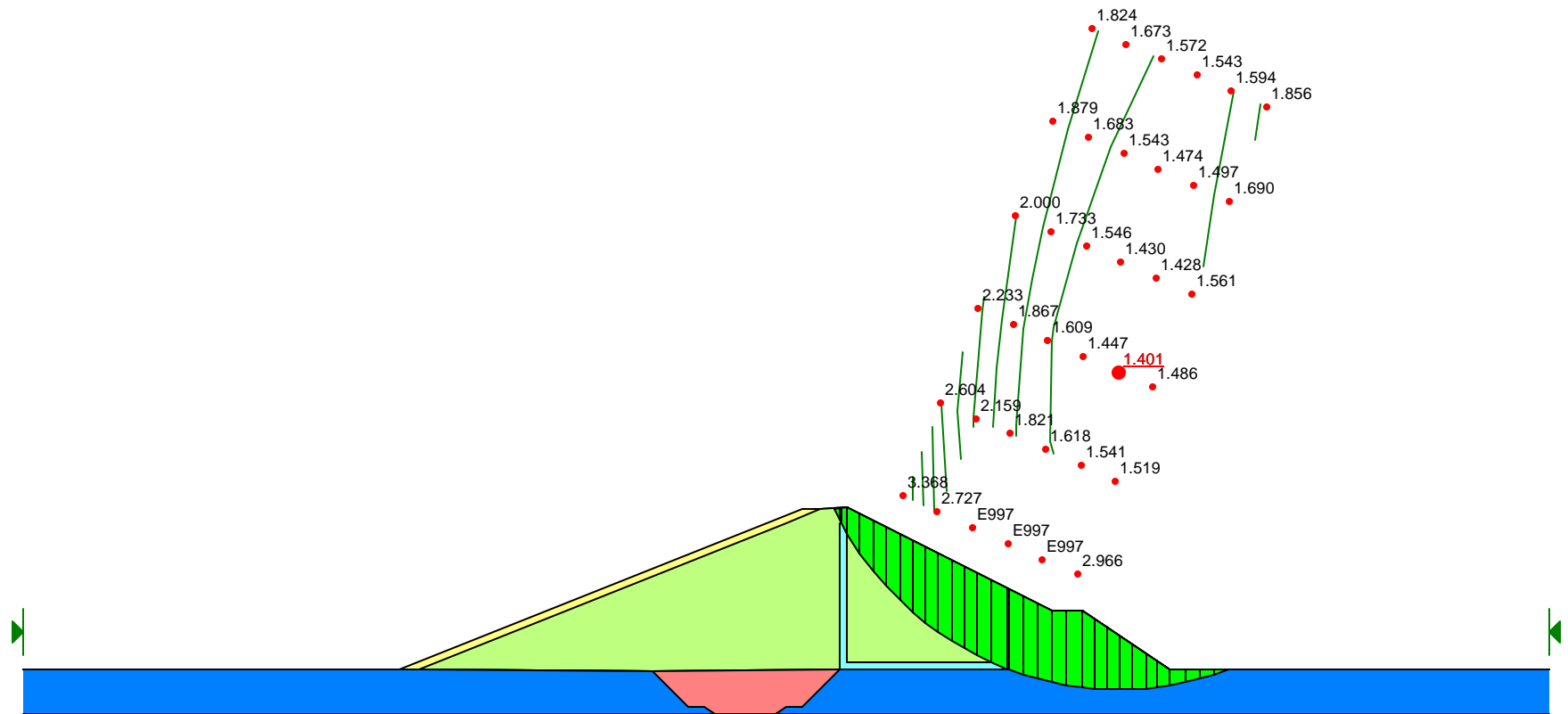
ANÁLISE DE ESTABILIDADE - SÍSMICA
ESVAZIAMENTO RÁPIDO - TALUDE DE MONTANTE - CAMADA INTERMEDIÁRIA

Description: BARRAGEM UMARI
Comments:
File Name: USERMP.slp
Last Saved Date: 03/05/02
Last Saved Time: 16:37:33
Analysis Method: Bishop
Direction of Slip Movement: Right to Left
Slip Surface Option: Grid and Radius
P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru
Seismic Coefficient: Horizontal and Vertical



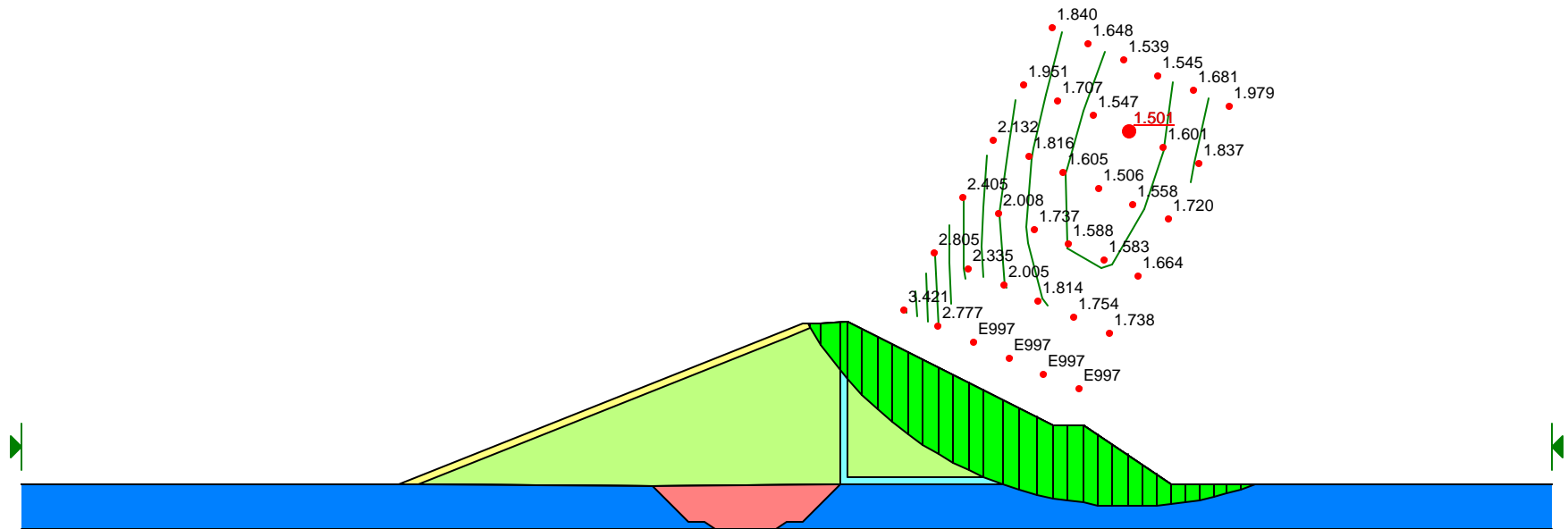
ANÁLISE DE ESTABILIDADE - SÍSMICA
ESVAZIAMENTO RÁPIDO - TALUDE DE MONTANTE - CAMADA PROFUNFA

Description: BARRAGEM UMARI
Comments:
File Name: USFCJI.slp
Last Saved Date: 03/05/02
Last Saved Time: 11:32:46
Analysis Method: Bishop
Direction of Slip Movement: Left to Right
Slip Surface Option: Grid and Radius
P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru
Seismic Coefficient: Horizontal and Vertical



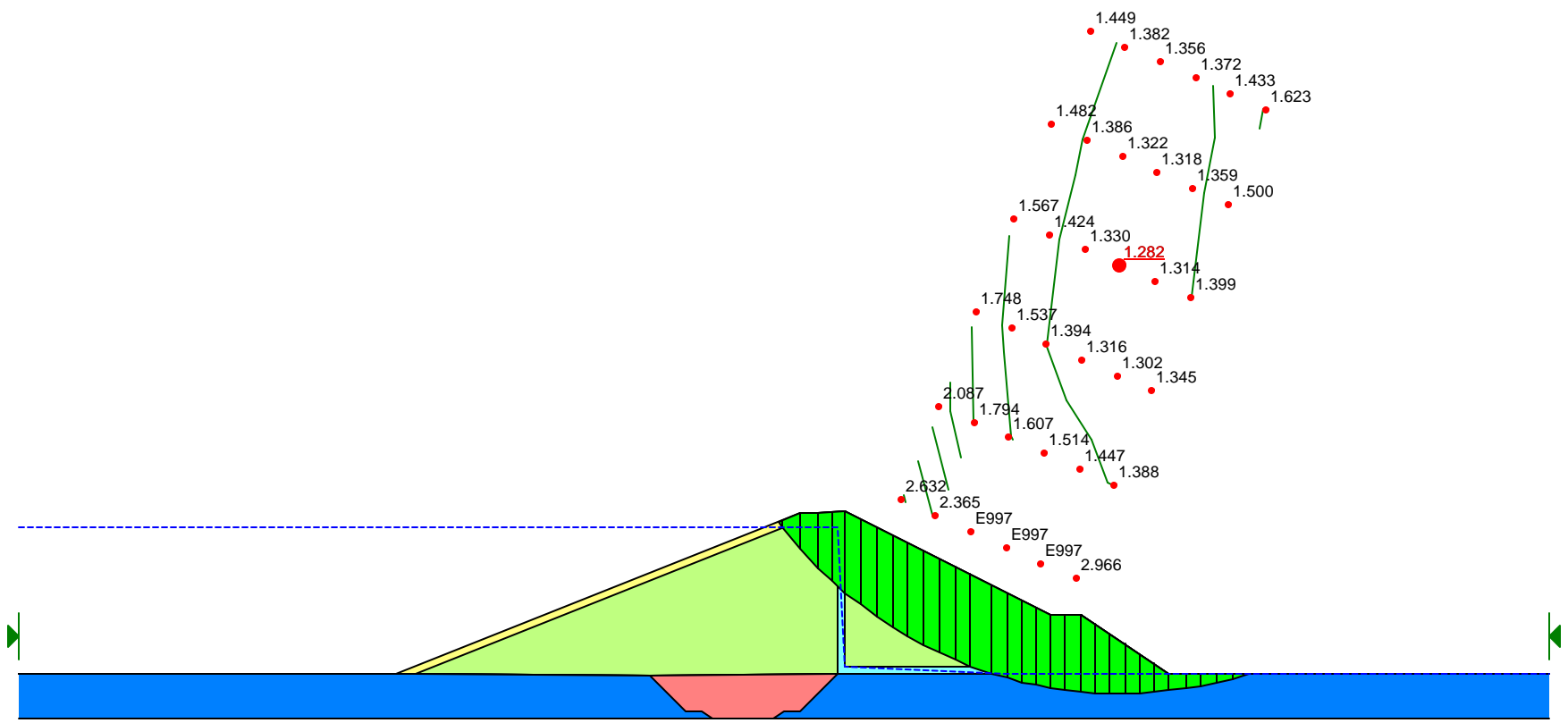
ANÁLISE DE ESTABILIDADE - SÍSMICA
FINAL DE CONSTRUÇÃO - TALUDE DE JUSANTE - CAMADA INTERMEDIÁRIA

Description: BARRAGEM UMARI
Comments:
File Name: USFCJP.slp
Last Saved Date: 03/05/02
Last Saved Time: 11:35:23
Analysis Method: Bishop
Direction of Slip Movement: Left to Right
Slip Surface Option: Grid and Radius
P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru
Seismic Coefficient: Horizontal and Vertical



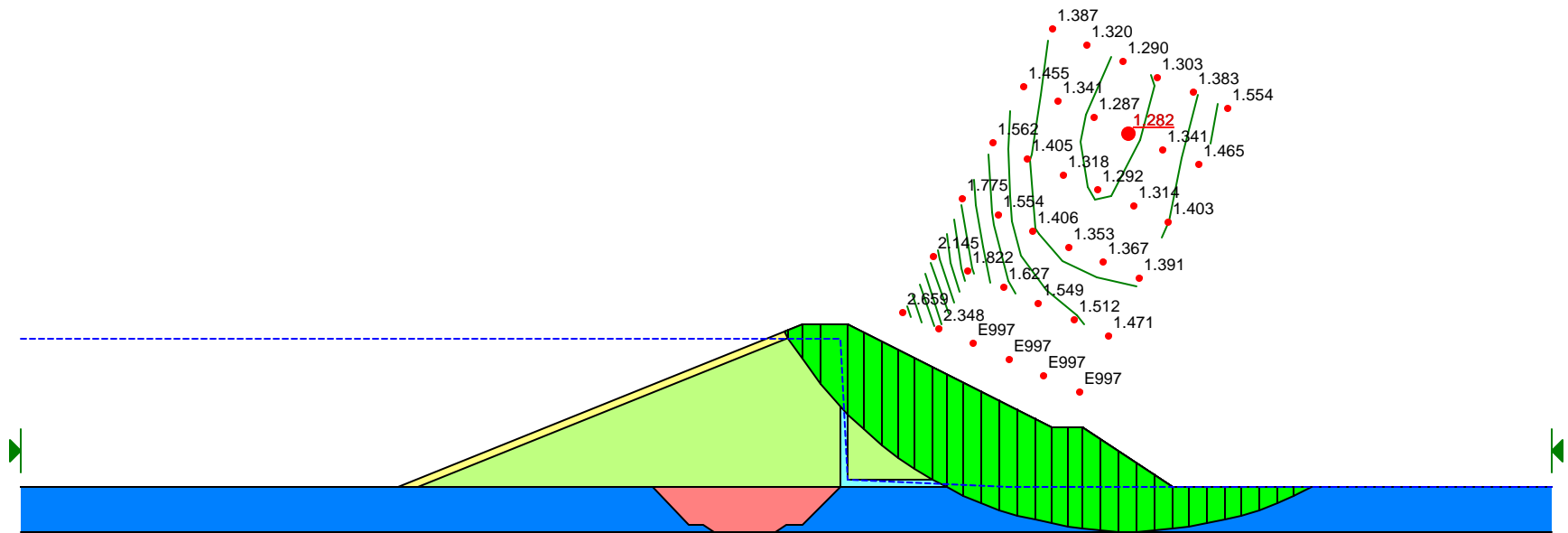
ANÁLISE DE ESTABILIDADE - SÍSMICA
FINAL DE CONSTRUÇÃO - TALUDE DE JUSANTE - CAMADA PROFUNDA

Description: BARRAGEM UMARI
Comments:
File Name: USRCJI.slp
Last Saved Date: 02/05/02
Last Saved Time: 21:40:19
Analysis Method: Bishop
Direction of Slip Movement: Left to Right
Slip Surface Option: Grid and Radius
P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru
Seismic Coefficient: Horizontal and Vertical



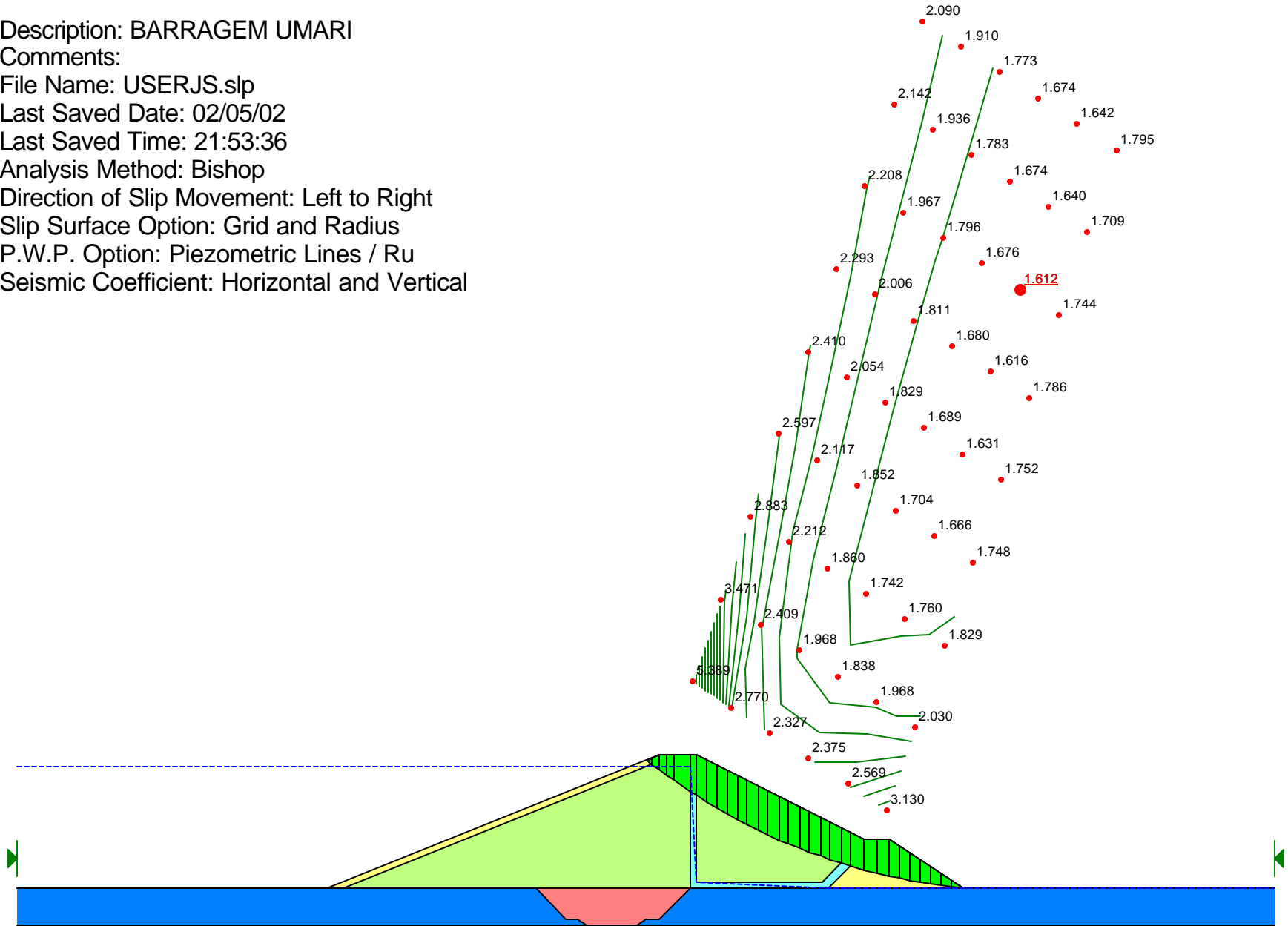
ANÁLISE DE ESTABILIDADE - SÍSMICA
RESERVATÓRIO CHEIO - TALUDE DE JUSANTE - CAMADA INTERMEDIÁRIA

Description: BARRAGEM UMARI
Comments:
File Name: USRCJP.slp
Last Saved Date: 02/05/02
Last Saved Time: 21:38:10
Analysis Method: Bishop
Direction of Slip Movement: Left to Right
Slip Surface Option: Grid and Radius
P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru
Seismic Coefficient: Horizontal and Vertical



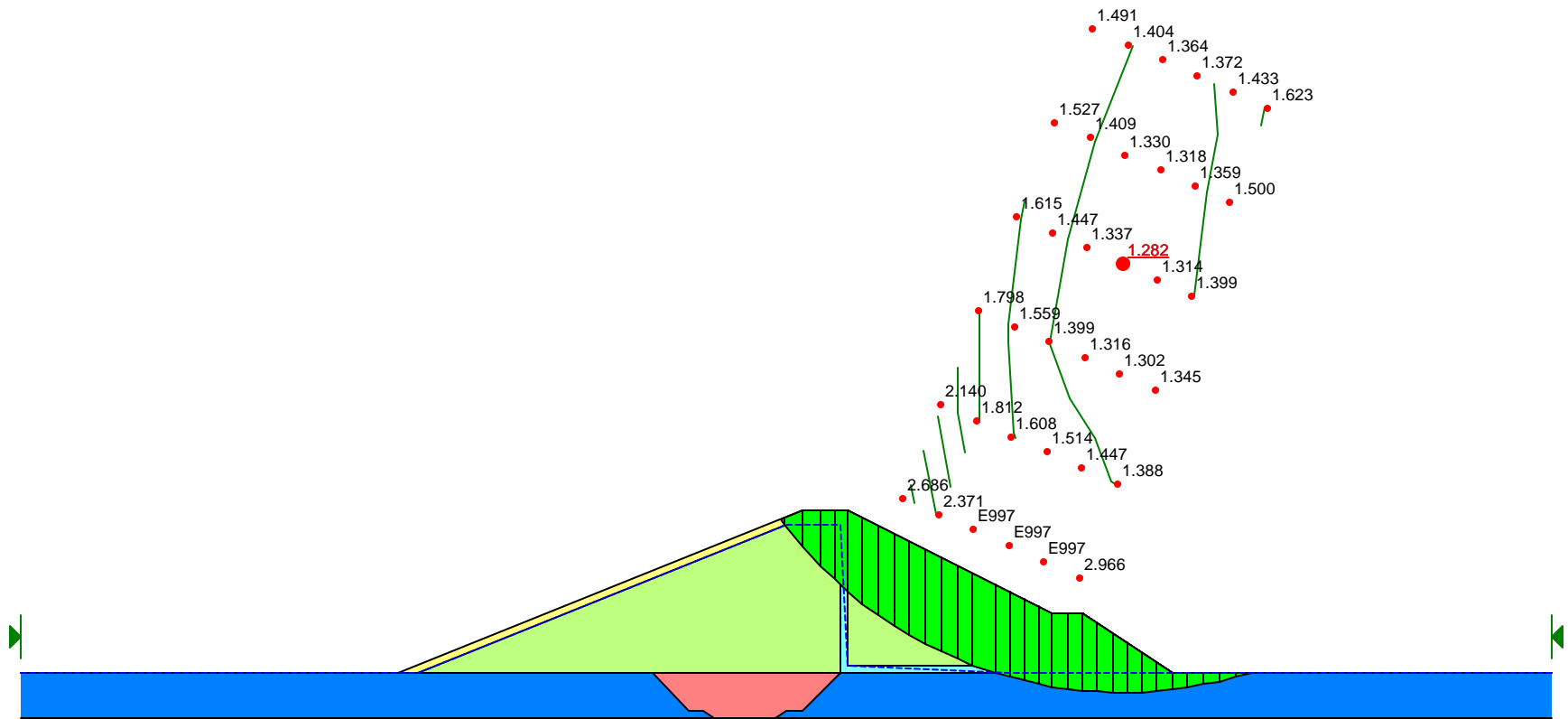
ANÁLISE DE ESTABILIDADE - SÍSMICA
RESERVATÓRIO CHEIO - TALUDE DE JUSANTE - CAMADA PROFUNDA

Description: BARRAGEM UMARI
 Comments:
 File Name: USERJS.slp
 Last Saved Date: 02/05/02
 Last Saved Time: 21:53:36
 Analysis Method: Bishop
 Direction of Slip Movement: Left to Right
 Slip Surface Option: Grid and Radius
 P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru
 Seismic Coefficient: Horizontal and Vertical



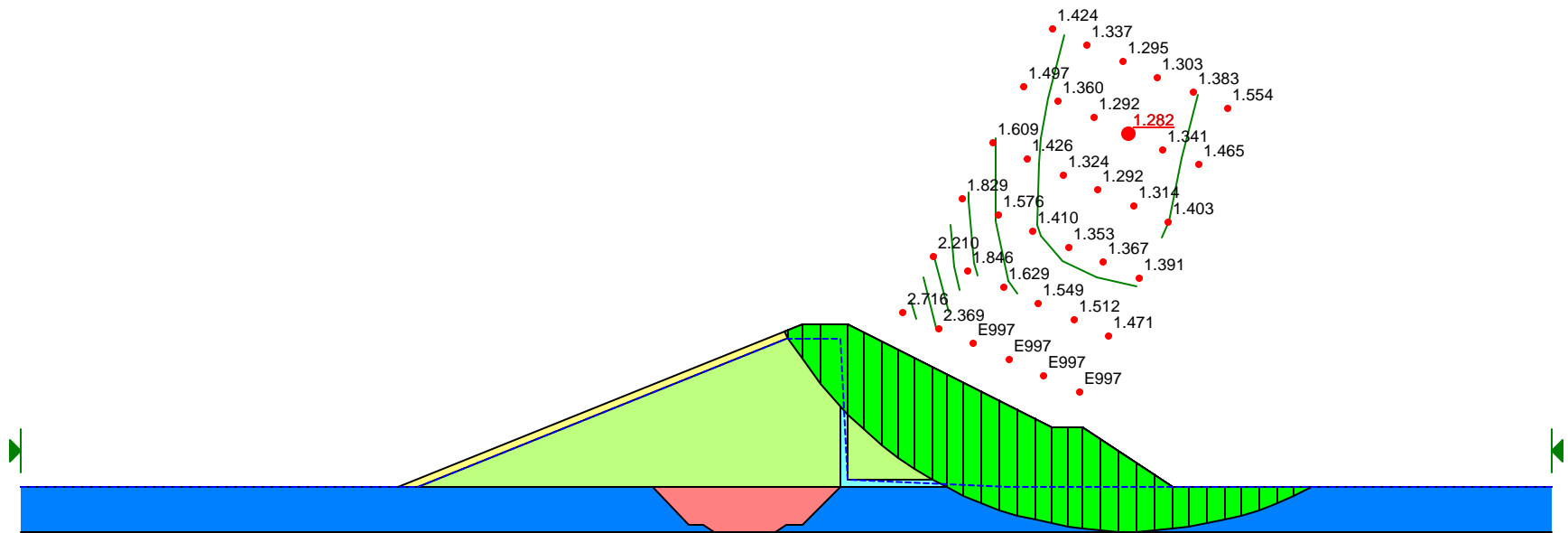
ANÁLISE DE ESTABILIDADE - SÍSMICA
 ESVAZIAMENTO RÁPIDO - TALUDE DE JUSANTE - CAMADA SUPERFICIAL

Description: BARRAGEM UMARI
Comments:
File Name: USERJI.slp
Last Saved Date: 03/05/02
Last Saved Time: 10:19:37
Analysis Method: Bishop
Direction of Slip Movement: Left to Right
Slip Surface Option: Grid and Radius
P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru
Seismic Coefficient: Horizontal and Vertical



ANÁLISE DE ESTABILIDADE - SÍSMICA
ESVAZIAMENTO RÁPIDO - TALUDE DE JUSANTE - CAMADA INTERMEDIÁRIA

Description: BARRAGEM UMARI
Comments:
File Name: USERJP.slp
Last Saved Date: 02/05/02
Last Saved Time: 21:56:59
Analysis Method: Bishop
Direction of Slip Movement: Left to Right
Slip Surface Option: Grid and Radius
P.W.P. Option: Piezometric Lines / Ru
Seismic Coefficient: Horizontal and Vertical



ANÁLISE DE ESTABILIDADE - SÍSMICA
ESVAZIAMENTO RÁPIDO - TALUDE DE JUSANTE - CAMADA PROFUNDA



MONTGOMERY WATSON



12. COTA DO VOLUME DE ALERTA



12. COTA DO VOLUME DE ALERTA

A cota do definida para o volume de alerta foi 304,0m, onde o lago está acumulando 7,65hm³ que correspondente à cerca 21,8% do volume máximo.



MONTGOMERY WATSON



13. TOMADA D'ÁGUA



13. TOMADA D'ÁGUA

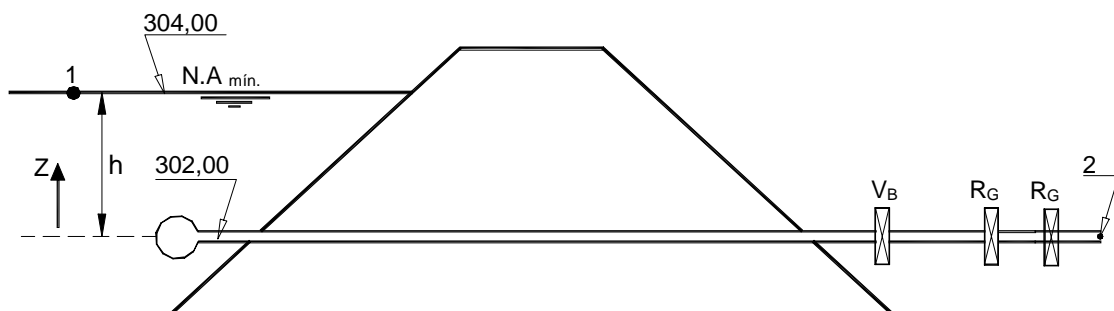
A tomada d'água ficará localizada na estaca 40+10. A tomada d'água terá extensão de 90,00m. A galeria será em tubo de ferro fundido de diâmetro

$f = 500\text{mm}$. O corpo da galeria consistirá de um maciço de concreto ciclópico e sobre este ficará o corpo da galeria que terá um envoltório de concreto armado.

Na extremidade de montante terá uma caixa de concreto armado com uma grade de retenção e um crivo. Em jusante terá também uma caixa com três células, o primeiro acomodará a válvula borboleta e um registro de gaveta.

A segunda é um dissipador de energia. Finalmente a terceira célula é um tanque tranquilizador com um vertedouro triangular na extremidade.

13.1. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DA GALERIA



Considerando a válvula borboleta e os registros de gaveta totalmente abertos. Considerando o nível mínimo de operação, cota 304,0m , e a vazão a ser regularizada de $0,39\text{m}^3/\text{s}$ com 90% dimensiona-se o tubo para passar essa vazão com velocidade de $2,0\text{m}/\text{s}$.

$$Q = V.S$$



$$S = \frac{Q}{V}$$

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

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,39}{\pi \times 2,0}} = 0,49\text{m}$$

Será adotado $D=500\text{mm}$.

A velocidade para a vazão será :

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{0,39}{0,196} \cong 1,99\text{m/s}$$

Determinação das vazões e velocidade para as cotas de 304,00m a 310,00m com a válvula borboleta e o registro de gaveta totalmente abertas.

- Para a cota mínima 304,00m.

Aplicando a equação de Bernoulli entre os pontos 1 e 2.

$$\frac{P_1}{\gamma} + h + \frac{\overline{V_1^2}}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + 0 + \frac{\overline{V_2^2}}{2g} + h_f + h_L$$

tem-se:

$$P_1 = P_2 = P_{\text{atm}}$$

$$V_1 \cong 0$$

h_f = perda de carga por fricção



h_L = perda de carga localizada.

h_f é determinada pela expressão de Darcy-Weisbach dada por:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

$$h_L = \sum K_i \frac{V_2^2}{2g}$$

K_i = coeficiente de perda de carga localizada.

$$K_1 = \text{Grade} = 1,45$$

$$K_2 = \text{Crivo} = 2,30$$

$$K_3 = \text{Válvula Borboleta} = 0,36$$

$$K_4 = \text{Registro de Gaveta} = 0,10$$

$$K_5 = \text{Saída} = 1,0$$

$$h_f = h_f + h_L$$

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V_2^2}{2g} + \sum K_i \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

$$h_f = f \cdot \frac{80}{0,50} \cdot \frac{V_2^2}{19,62} + 5,21 \times \frac{V_2^2}{19,62}$$

$$h_f = 8,15 \cdot f \cdot V_2^2 + 0,26 V_2^2$$

Substituindo na equação de Bernoulli, obtém:

$$h = \frac{V_2^2}{2g} + 8,15 \cdot f \cdot V_2^2 + 0,26 V_2^2$$



$$h = 0,051.V_2^2 + (8,15f + 0,26).V_2^2$$

$$V_2 = \left[\frac{h}{(8,15f + 0,31)} \right]^{1/2}$$

Tem-se a velocidade como função de f . O processo de resolução deste problema é pelo método da convergência. Atribui-se valor a f e determina-se V_2 . Com V_2 calcula f e determina-se novamente V_2 . O processo prossegue até a convergência.

$$Re = \frac{V.D}{\nu}$$

Onde:

Re = Número de Reynold

ν = Viscosidade Cinemética

Para a água a 30° tem-se:

$$\nu = 8,04 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

Do ábaco de Rugosidade Relativa x Diâmetro tem-se para ferro fundido de

$$\phi = 500\text{mm}, \frac{e}{D} = 0,0005.$$

Para $h = 304,00 - 302,00$, adotando $f = 0,03$ tem-se:

$$V_2 = \left[\frac{2,0}{8,15 \times 0,03 + 0,31} \right]^{1/2} = 1,89 \text{ m/s}$$

Para $V_2 = 1,89 \text{ m/s}$

$$Re = \frac{1,89 \times 0,50}{8,07 \times 10^{-7}} = 1,1 \times 10^6$$



$$\text{Para } Re = 1,1 \times 10^6 \text{ e } \frac{e}{D} = 0,005$$

Do ábaco de Moody tira-se:

$$f = 0,0168m$$

Para $f = 0,0168$ tem-se:

$$V_2 = \left[\frac{2,0}{8,15 \times 0,0168 + 0,31} \right]^{1/2} = 2,11 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{2,11 \times 0,50}{8,07 \times 10^{-7}} = 1,3 \times 10^6$$

do Ábaco de Moody tira-se $f \cong 0,0168$ OK!

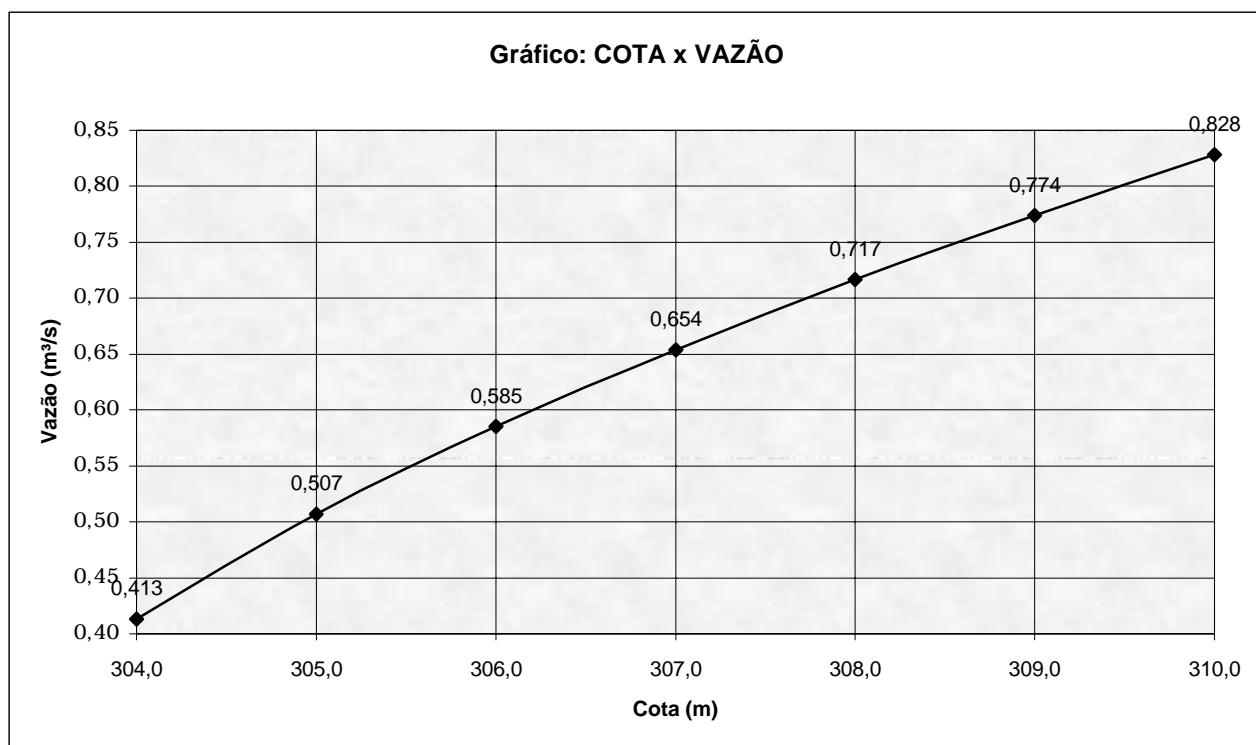
A vazão para a cota 304,00 é $Q = 2,11 \times 0,196 = 0,413 \text{ m}^3/\text{s}$

Esse procedimento foi repetido da Cota 304,00m a 310,00m, obtendo-se o quadro a seguir:

COTA (m)	VAZÃO (m ³ /s)	VELOCIDADE (m/s)
304,00	0,413	2,11
305,00	0,507	2,59
306,00	0,585	2,99
307,00	0,654	3,34
308,00	0,717	3,66
309,00	0,774	3,95
310,00	0,828	4,22

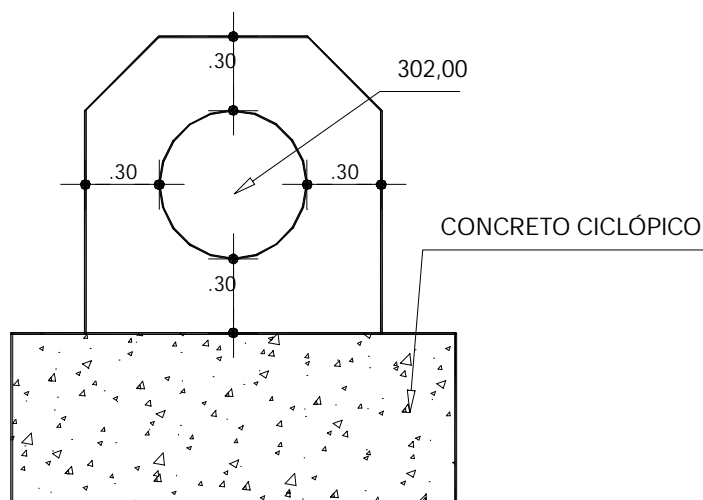


Na figura a seguir é apresentada a curva de operação Cota x Vazão.



13.2. DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

A galeria foi dimensionada considerando a tubulação funcionando na seção mais carregada. Ver seção esquemática.



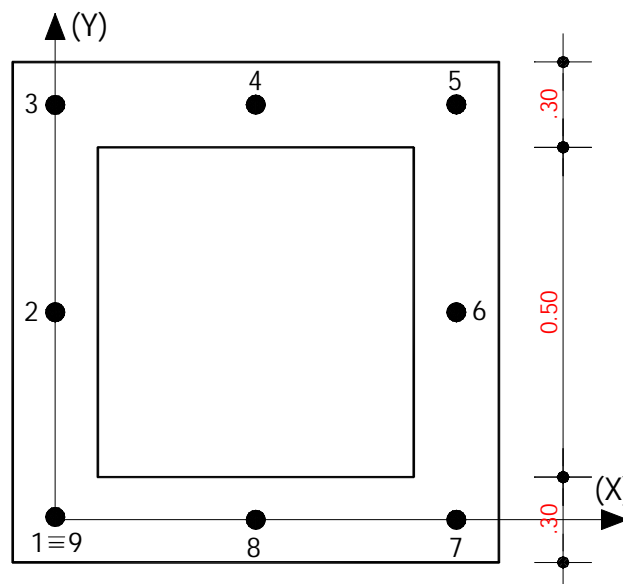


A galeria está submetida a tensão vertical $\sigma_v = 44,00 \text{ tf/m}^2$

A modelagem foi feita considerando um quadro fechado e o cálculo foi feito pelo programa Sistrut.

Os resultados dos cálculos são mostrados a seguir.

O quadro da modelagem é apresentado a seguir.



O quadro tem nove nós e oito membros.



MONTGOMERY WATSON



14. ANÁLISE DOS RECALQUES



14. ANÁLISE DOS RECALQUES

Os materiais que formam o corpo da barragens são submetidos a deformação elásticas devido a ação do peso próprio. A avaliação desses recalques tem a finalidade de corrigir a cota do coroamento da barragem para compensar o abatimento. Para determinação deste recalque adotou-se uma forma simplificada de cálculo descrita a seguir:

- a) Dividiu-se o maciço, em sua seção máxima, em lamelas de 2,0m de espessura.
- b) Para cada lamela determinou-se a tensão vertical no meio da camada .
- c) Aplicou-se a expressão dada por :

$$S = \sum_{i=1}^N \frac{\sigma_{mi}}{E_i} \cdot \Delta H_i$$

onde:

S = Recalque total em m.

σ_{mi} =Tensão vertical no meio de cada lamela, kgf/cm²

ΔH_i = Espessura da lamela.

E_i = Módulo de elasticidade do material da lamela i.

O módulo de elasticidade foi obtido da análise das curvas de Tensão x Deformação, obtidos dos ensaios de compressão triaxial. Para facilidade de determinação, sem que isso implicasse em perda de precisão, pelo módulo secante.

Outro aspecto considerado foi a variação da pressão de confinamento com a altura da barragem.



Considerando apenas a jazidas J-02, que comporá o núcleo e fundação da barragem, o peso específico aparente seco máxima obtido do ensaio de compactação é de 1,866tf/m³ e a umidade ótima correspondente é de 11,3%. O peso úmido será de 2,07tf/m³. Com base no peso úmido foi considerado para efeito de tensão confinante, as seguintes tensões medidas em função da altura da barragem, tomando como referência o eixo Z, com zero no coroamento e orientação para baixo:

Tabela 14.1 – Tensão Confinante

Z (m)	TENSÃO CONFINANTE (kgf/cm ²)
Menor que 5,0m	1,0
Entre 5,0m e 10,0m	2,0
Maior que 10,0m	4,0

Com base nas condições da acima citadas, foram determinados os módulos de elasticidade para uso no cálculo dos recalques. Esses resultados são mostrados a seguir:

Modulo de Elasticidade

TENSÃO CONFINANTE (kgf/cm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDADE (KN/m ²)			Valor Médio (kPa)
	Jazidas			
	J-01		J-02	
	F-20	F-225	F-20	
1,0	10.700	9.500	6.800	9.00
2,0	14.300	10.300	9.200	11.270
4,0	17.070	11.900	12.400	13.790

Assim sendo:

FATIA PLANO MÉDIO (m)	ESPESSURA (m)	TENSÃO MÉDIA (kN/m ²)	E (kN/m ²)	Si (mm)
0,5	1,0	10,50	9.00	1,17
2,0	2,00	42,00	9.00	9,33
4,0	2,00	84,0	9.00	18,67
6,0	2,00	126,0	11.270	22,36
8,0	2,00	168,0	11.270	29,81



FATIA PLANO MÉDIO (m)	ESPESSURA (m)	TENSÃO MÉDIA (kN/m ²)	E (kN/m ²)	Si (mm)
10,0	2,00	210,0	11.270	37,27
12,0	2,00	252,0	13.790	36,55
14,0	2,00	294,0	13.790	42,64
16,0	2,00	336,0	13.790	48,73
18,00	2,00	378,0	13.790	54,82
20,00	2,00	420,0	13.790	60,91

O recalque elástico esperado é de $S = 362,26\text{mm}$.

Esse rebaixamento do coroamento deve ser corrigido antes da colocação do revestimento primário.

Consórcio



MONTGOMERY WATSON

