CONSULTORIA E ENGENHARIA

RIO BENGALAS

CORTINA ATIRANTADA

TRECHO ENTRE AS ESTACAS 100 A 120

ESTABILIDADE GLOBAL

MEMÓRIA DE CÁLCULO

CSE-013-BEN-GT-001-MC R0

Novembro/2013

SUMÁRIO

ITEM **Pág.**

1. INTRODUÇÃO 02

2. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DO LOCAL 03

3. ANÁLISES DE ESTABILIDADE 05

3.1 PERFIL GEOTÉCNICO DE CÁLCULO 05

3.2 ANÁLISES DE ESTABILIDADE GLOBAL 06

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS 10

ANEXO 11

Desenho CSE-013-BEN-GT-001-DE – "Rio Bengalas - Perfil Geológico-Geotécnico entre as Estacas 100 e 120"

1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta a memória de cálculo elaborada para a verificação da estabilidade global da cortina atirantada a ser construída nas duas margens do rio Bengalas, no município de Nova Friburgo, no estado do Rio de Janeiro, no trecho contido entre as estacas 100 e 120.

A cortina projetada, apresentada no desenho nº INE06-RB-ET-PE-DE-009-R2 - "*Cortina Atirantada – Módulo Típico (Placa de 2,75 m) – Formas – Rio Bengala*", tem seu topo na cota 838,80 m e altura de 5,80 m, aproximadamente. O dimensionamento efetuado pela Garambone Projetos e Consultoria Ltda levou à adoção de dois níveis de tirantes Dywidag, com diâmetro de 38 mm, carga nominal de 45 tf, espaçados de cerca de 6,00 m e comprimento livre de 12,00 m (nível superior) e 8,00 m (nível inferior).

2. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DO LOCAL

No trecho em questão foram executadas 16 sondagens a percussão, sendo oito na margem direita (SP-03, SP-06, SP-08, SP-10, SP-13, SP-16, SP-18 e SP-20) e oito na margem esquerda (SP-02, SP-05, SP-07, SP-09, SP-12, SP-15, SP-17 e SP-19), cujos boletins individuais e localização são apresentados no relatório "Boletins de Sondagem: E99 a E272". Observe-se que essas sondagens foram realizadas em março/2013, ou seja, em época de cheias.

No ANEXO encontra-se o perfil geológico-geotécnico do trecho, extraído das referidas sondagens.

As investigações evidenciaram a presença de uma camada superficial de aterro de argila arenosa/areia argilosa, de consistência mole a média, sobrejacente a uma camada de areia fina, média e grossa, com mica, pouco a medianamente compacta, cinza, seguida por camada de solo residual, constituído de areia fina, média e grossa, de compacidade crescente com a profundidade, variando de medianamente a muito compacta. As sondagens foram paralisadas quando atingiram o "impenetrável à percussão".

A profundidade do nível d'água variou de 2,5 m a 4,0 m abaixo do nível do terreno, aproximadamente entre as cotas 837 m e 835 m.

Na margem direita, a camada de aterro possui espessura mínima de 1,70 m e máxima de 4,00 m e número de golpes (N_{SPT}) variando entre 4 e 10. Na camada subjacente de areia, com espessura variável entre cerca de 2,50 m e 6,00 m, os valores de N_{SPT} variaram de 5 a 21 golpes, apresentando pontualmente compacidade elevada. Pode-se considerar, entretanto, que na média este valor ficou em torno de 13 golpes. O estrato de solo residual apresentou N_{SPT} mínimo de 18 golpes e máximo de 59 golpes.

Na margem esquerda o aterro superficial tem espessura mínima de 0,70 m e máxima de 4,75 m, com N_{SPT} entre 2 e 6. A camada de areia subjacente apresenta-se mais espessa nesta margem, variando de 5,00 m a 10,00 m, com N_{SPT} médio de 12 golpes (variação entre 5 e 25). O solo residual subjacente apresentou valores de N_{SPT} superiores a 16 golpes.

O nível do terreno em ambas as margens encontra-se em torno da cota 839,00 m. A cota de coroamento da cortina foi projetada na cota 838,80 m e ficará assente predominantemente na camada de areia medianamente compacta a compacta subjacente ao aterro, podendo em alguns locais ficar assente na camada de solo residual.

3. ANÁLISES DE ESTABILIDADE

3.1 Perfil Geotécnico de Cálculo

A partir da análise do perfil geológico-geotécnico do trecho em questão, materializado no desenho apresentado no Anexo 1, pode-se constatar que a investigação que apresenta pior condição para a estabilidade global da cortina é a representada pela sondagem SP-07, executada na margem esquerda.

Assim, as análises aqui empreendidas serão baseadas nas condições geológico-geotécnicas da sondagem SP-07, admitindo-se, *ipso facto*, que as demais situações referentes ao trecho analisado apresentam fatores de segurança mais elevados.

A partir dos valores de N_{SPT} das sondagens, verificaram-se na literatura especializada algumas correlações existentes entre N_{SPT} e parâmetros geotécnicos (ver, por exemplo, *Schnaid, F., "Ensaios de Campo e suas Aplicações à Engenharia de Fundações", São Paulo – Ed. Oficina de Textos, 2000*) e com base na experiência da Projetista e do conhecimento das características dos solos da região, foram adotados os parâmetros geotécnicos indicados na Figura 1 a seguir para o perfil de cálculo elaborado a partir da sondagem SP-07, que representa de forma conservadora os parâmetros esperados *in situ*.

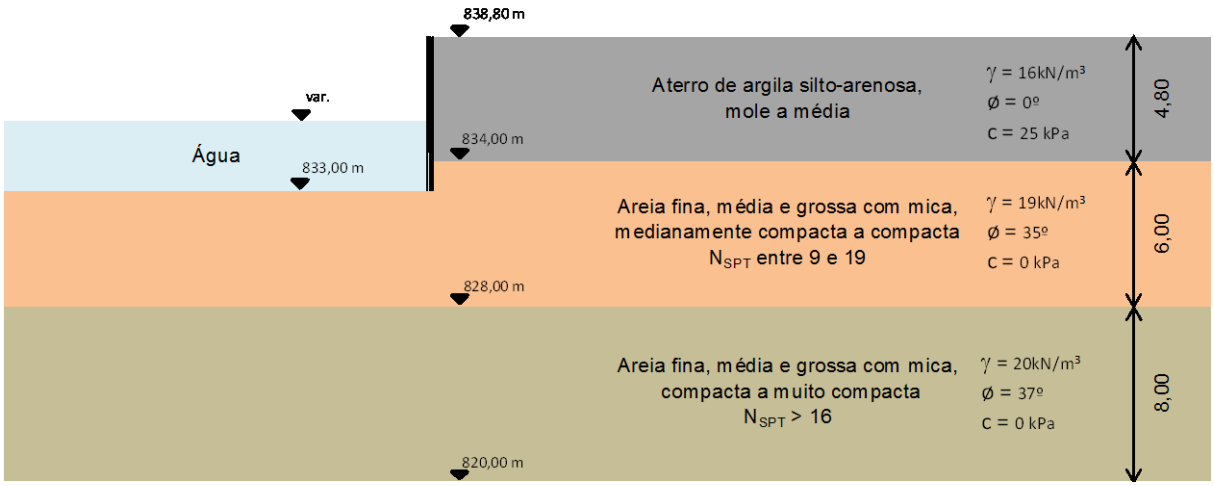


FIGURA 1
SONDAGEM SP-7 - PERFIL GEOTÉCNICO DE CÁLCULO

3.2 Análises de Estabilidade Global

As análises de estabilidade foram efetuadas com o auxílio do programa SLOPE/W, a partir da metodologia desenvolvida por Morgerstern e Price.

A geometria das análises considerou as seguintes características para o trecho em questão, a saber:

- cota de coroamento da cortina: 838,80 m;
- cota de assentamento da cortina: 833,00 m;
- tirantes Dywidag ϕ38 mm e carga nominal de 45tf;
- comprimento livre dos tirantes: 12,00 m (tirante superior) e 8,00 m (tirante inferior);
- comprimento do bulbo de ancoragem: 8,00 m;
- espaçamento entre tirantes: 6,00 m (sentido longitudinal);
- sobrecarga: 10 kPa;
- instalação de drenagem atrás da cortina, conforme indicado no desenho nº INE06-RB-ET-PE-DE-009-R2.

Foram definidas as seguintes situações de projeto:

a) época de cheias:

- terreno: N.A. = 837,00 m
- canal: N.A. = 835,00 m

b) época de estiagem:

- terreno: N.A. = 835,00 m
- canal: N.A. = 833,50 m

Admitiu-se como fator de segurança mínimo o valor de F.S. = 1,5.

As saídas do programa SLOPE/W para cada uma das situações definidas acima estão apresentadas nas Figuras 2 e 3 a seguir.

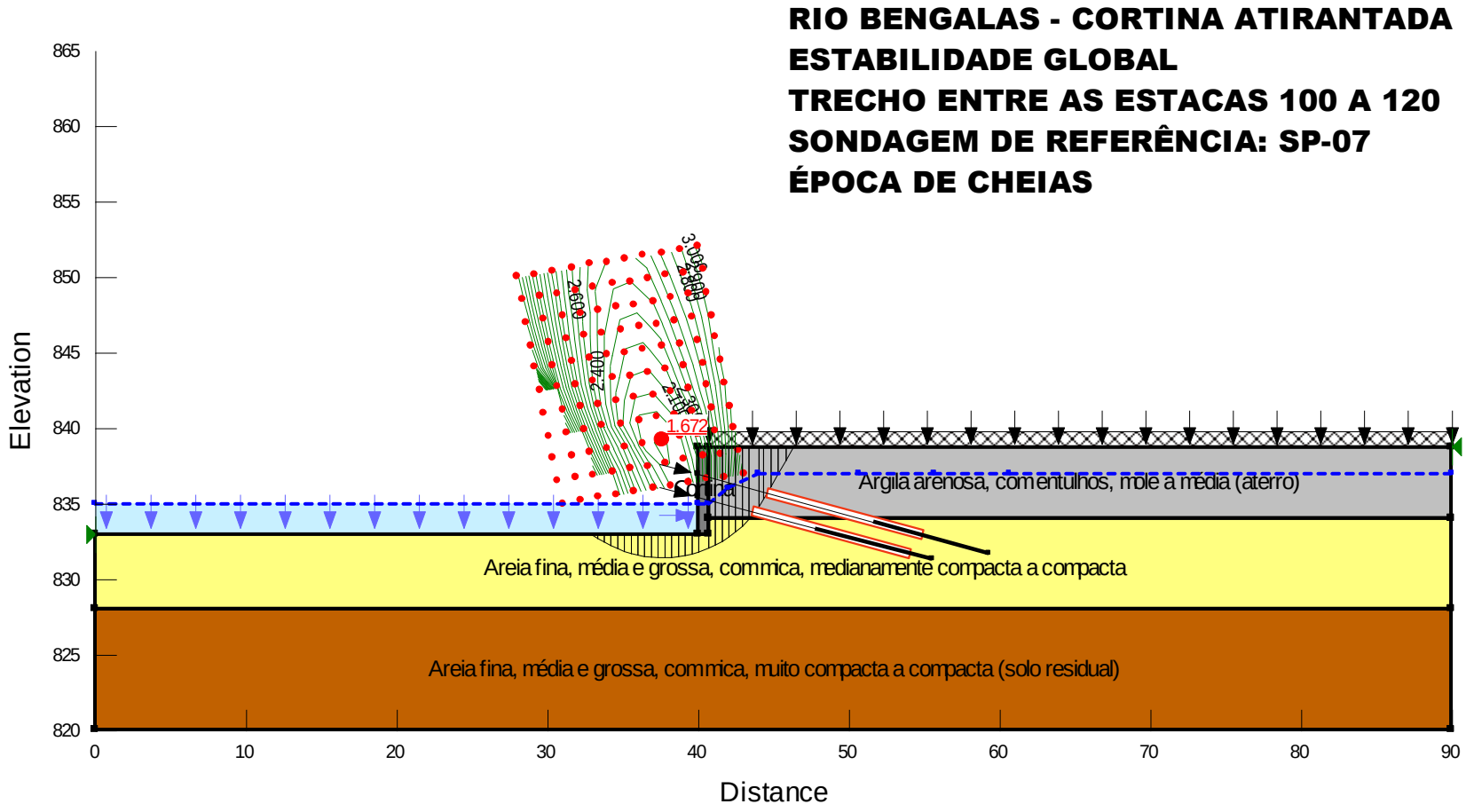


FIGURA 2 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE – ÉPOCA DE CHEIAS

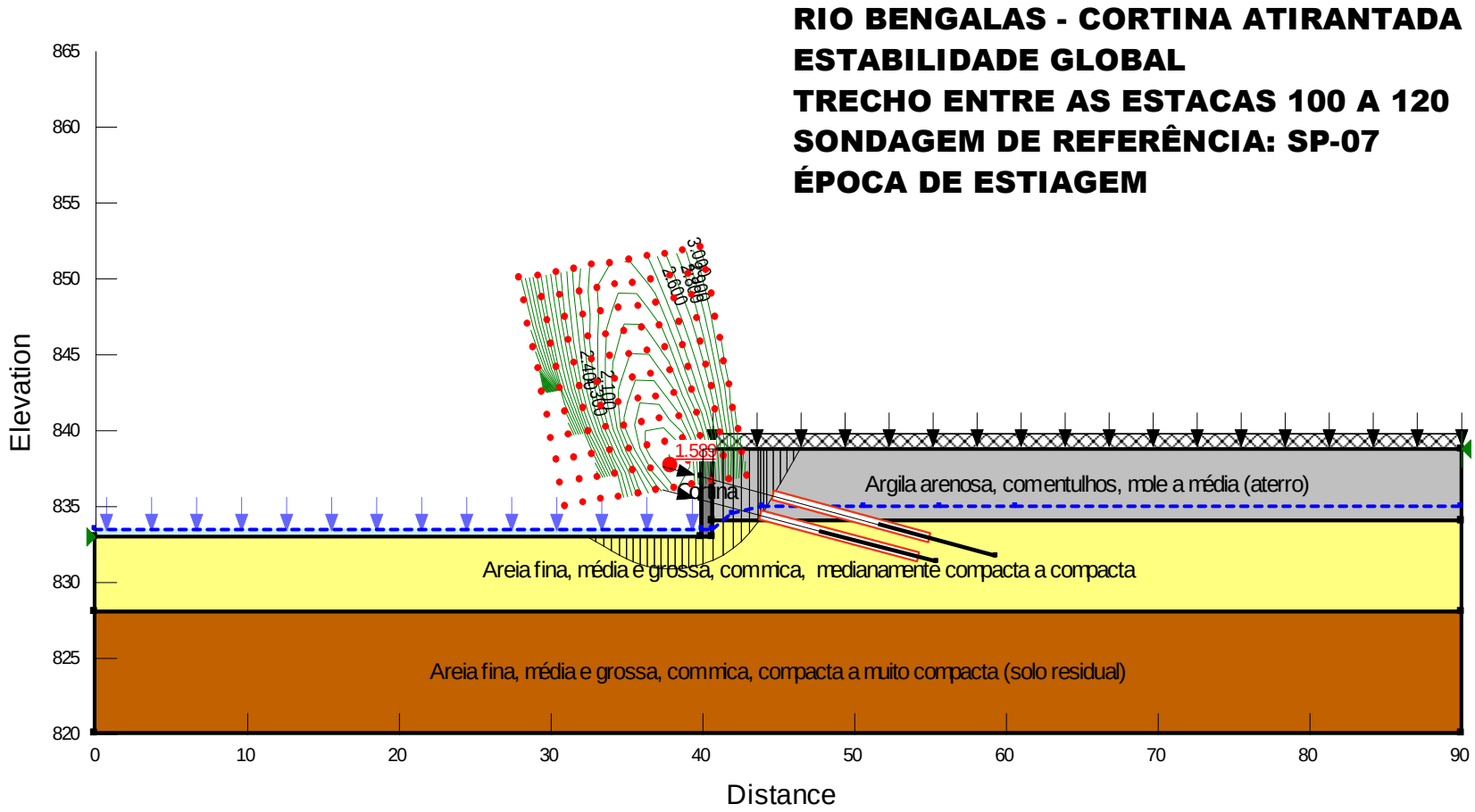


FIGURA 3 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE – ÉPOCA DE ESTIAGEM

O Quadro 1 a seguir apresenta o resumo dos resultados obtidos nas análises empreendidas. Constata-se que os fatores de segurança obtidos atendem aos critérios adotados.

QUADRO 1

RESUMO DAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE

CASO	FATOR DE SEGURANÇA
Época de cheia	1,672
Época de estiagem	1,589

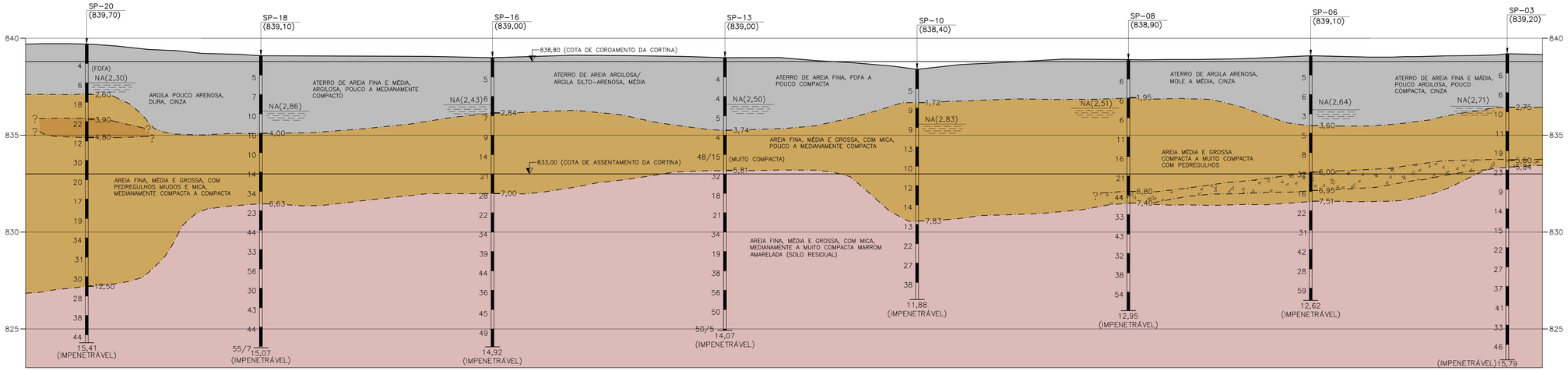
A estabilidade interna da cortina foi verificada pela Garambone Projetos e Consultoria Ltda.

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

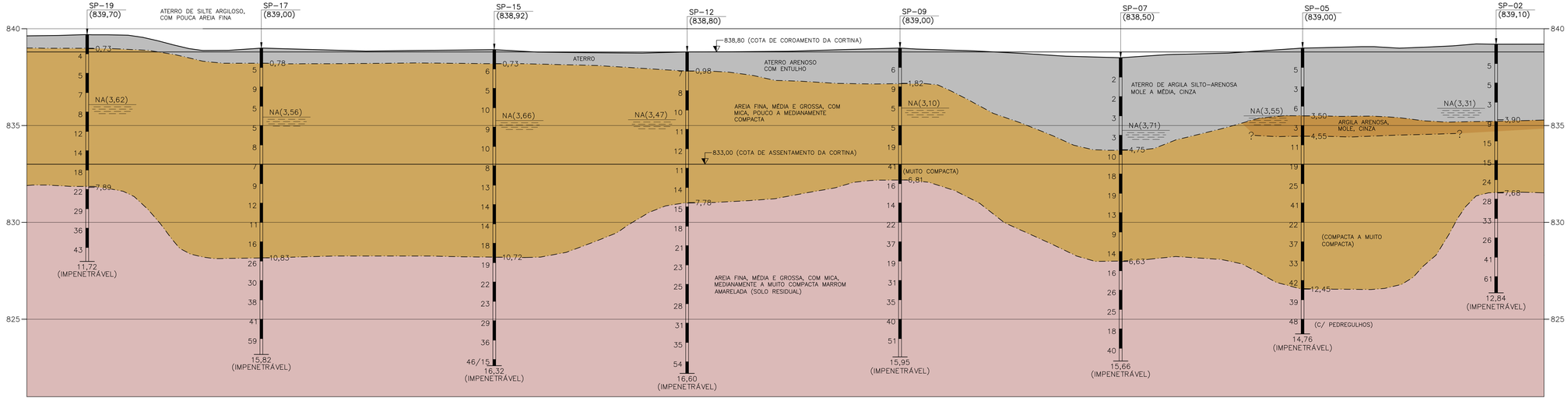
As análises aqui efetuadas demonstraram que o trecho contido entre as estacas 100 a 120 apresenta adequadas condições de estabilidade global considerando a execução de cortina atirantada com 5,80 m de altura, tendo em vista que as verificações para o perfil geotécnico com condições mais desfavoráveis resultaram em fatores de segurança compatíveis com as situações de projeto.

Vale ressaltar que a instalação de um eficiente sistema de drenagem é condição para a segurança da estrutura.

ANEXO



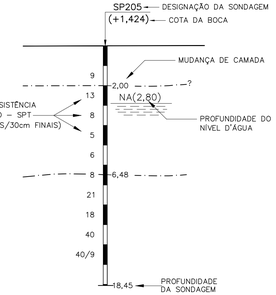
MARGEM DIREITA
ESC. V=1:100
H=1:500



MARGEM ESQUERDA
ESC. V=1:100
H=1:500

CONVENÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

- CONTATO LITOLÓGICO E/OU ENTRE MATERIAIS
- CONTATO LITOLÓGICO INFERIDO



NOTAS:

1 – DIMENSÕES, ELEVAÇÕES E COORDENADAS EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO DE OUTRA FORMA.

DOCUMENTO DE REFERÊNCIA:

BOLETINS DE SONDAGEM – E99 A E272 (RIO BENGALAS)

2 0 2 4 6 8(m)
ESCALA ORIGINAL 1:100

10 0 10 20 30 40(m)
ESCALA ORIGINAL 1:500

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	VERIF.	APROV.
0	13/11/13	EMISSÃO INICIAL	YSM	NAFL

EMISSÃO		
DES.	CMS	13/11/13
PROJ.	YSM	13/11/13
VERIF.	YSM	13/11/13
APROV.	NAFL	13/11/13
ESCALAS	INDICADAS	

EMITENTE: CSE CONSULTORIA E ENGENHARIA

CLIENTE:

OBRA: RIO BENGALAS

TÍTULO: PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO ENTRE AS ESTACAS 100 E 120

Nº EMITENTE: CSE-013-BEN-GT-001-DE

Nº CLIENTE:

REVISÃO: 0

CONSULTORIA E ENGENHARIA

RIO BENGALAS

CORTINA ATIRANTADA

TRECHO ENTRE AS ESTACAS 120 A 140

ESTABILIDADE GLOBAL

MEMÓRIA DE CÁLCULO

CSE-013-BEN-GT-002-MC R0

Novembro/2013

SUMÁRIO

ITEM **Pág.**

1. INTRODUÇÃO 02

2. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DO LOCAL 03

3. ANÁLISES DE ESTABILIDADE 05

3.1 PERFIL GEOTÉCNICO DE CÁLCULO 05

3.2 ANÁLISES DE ESTABILIDADE GLOBAL 06

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS 10

ANEXO 11

Desenho CSE-013-BEN-GT-002-DE – "Rio Bengalas - Perfil Geológico-Geotécnico entre as Estacas 120 e 140"

1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta a memória de cálculo elaborada para a verificação da estabilidade global da cortina atirantada a ser construída nas duas margens do rio Bengalas, no município de Nova Friburgo, no estado do Rio de Janeiro, no trecho contido entre as estacas 120 e 140.

A cortina projetada, apresentada no desenho nº INE06-RB-ET-PE-DE-009-R2 - "*Cortina Atirantada – Módulo Típico (Placa de 2,75 m) – Formas – Rio Bengala*", tem seu topo na cota 838,80 m e altura de 5,80 m, aproximadamente. O dimensionamento efetuado pela Garambone Projetos e Consultoria Ltda levou à adoção de dois níveis de tirantes Dywidag, com diâmetro de 38 mm, carga nominal de 45 tf, espaçados de cerca de 6,00 m e comprimento livre de 12,00 m (nível superior) e 8,00 m (nível inferior).

2. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DO LOCAL

No trecho em questão foram executadas 12 sondagens a percussão, sendo seis na margem direita (SP-23, SP-26, SP-38, SP-40, SP-42 e SP-44) e seis na margem esquerda (SP-22, SP-25, SP-37, SP-39, SP-41 e SP-43), cujos boletins individuais e localização são apresentados no relatório "Boletins de Sondagem: E99 a E272". Observe-se que essas sondagens foram realizadas em final de março/2013 a início de abril/2013, ou seja, praticamente ao término da época de cheias.

No ANEXO encontra-se o perfil geológico-geotécnico do trecho, extraído das referidas sondagens.

As investigações evidenciaram a presença de uma camada superficial de aterro de argila arenosa/areia argilosa, de consistência mole a média, sobrejacente a uma camada de areia fina, média e grossa, com mica, pouco compacta a compacta, cinza, seguida por camada de solo residual, constituído de areia fina, média e grossa, de compacidade crescente com a profundidade, variando de medianamente a muito compacta. As sondagens foram paralisadas quando atingiram o "impenetrável à percussão".

A profundidade do nível d'água variou de 1,5 m a 3,3 m abaixo do nível do terreno, aproximadamente entre as cotas 837,5 m e 835,5 m.

Na margem direita, a camada de aterro possui espessura mínima de 1,00 m e máxima de 4,00 m e número de golpes (N_{SPT}) variando entre 3 e 10. Na camada subjacente de areia, com espessura variável entre cerca de 2,00 m e 8,00 m, os valores de N_{SPT} variaram de 7 a 30 golpes, apresentando pontualmente compacidade elevada. O estrato de solo residual apresentou N_{SPT} mínimo de 11 golpes e máximo de 62 golpes.

Na margem esquerda o aterro superficial tem espessura mínima de 0,70 m e máxima de 4,00 m, com N_{SPT} entre 5 e 8 golpes. A camada de areia subjacente varia de 4,00 m a 10,00 m, com N_{SPT} médio de cerca de 17 golpes (variação entre 7 e 40). O solo residual subjacente apresentou, via de regra, valores de N_{SPT} superiores a 20 golpes.

O nível do terreno em ambas as margens encontra-se em torno da cota 839,00 m. A cota de coroamento da cortina foi projetada na cota 838,80 m e ficará assente predominantemente na camada de areia medianamente compacta a compacta subjacente ao aterro, podendo em alguns locais ficar assente na camada de solo residual.

3. ANÁLISES DE ESTABILIDADE

3.1 Perfil Geotécnico de Cálculo

A partir da análise do perfil geológico-geotécnico do trecho em questão, materializado no desenho apresentado no Anexo 1, pode-se constatar que a investigação que apresenta pior condição para a estabilidade global da cortina é a representada pela sondagem SP-40, executada na margem direita.

Assim, as análises aqui empreendidas serão baseadas nas condições geológico-geotécnicas da sondagem SP-40, admitindo-se, *ipso facto*, que as demais situações referentes ao trecho analisado apresentam fatores de segurança mais elevados.

A partir dos valores de N_{SPT} das sondagens, verificaram-se na literatura especializada algumas correlações existentes entre N_{SPT} e parâmetros geotécnicos (ver, por exemplo, *Schnaid, F., "Ensaios de Campo e suas Aplicações à Engenharia de Fundações", São Paulo – Ed. Oficina de Textos, 2000*) e com base na experiência da Projetista e do conhecimento das características dos solos da região, foram adotados os parâmetros geotécnicos indicados na Figura 1 a seguir para o perfil de cálculo elaborado a partir da sondagem SP-40, que representa de forma conservadora os parâmetros esperados *in situ*.

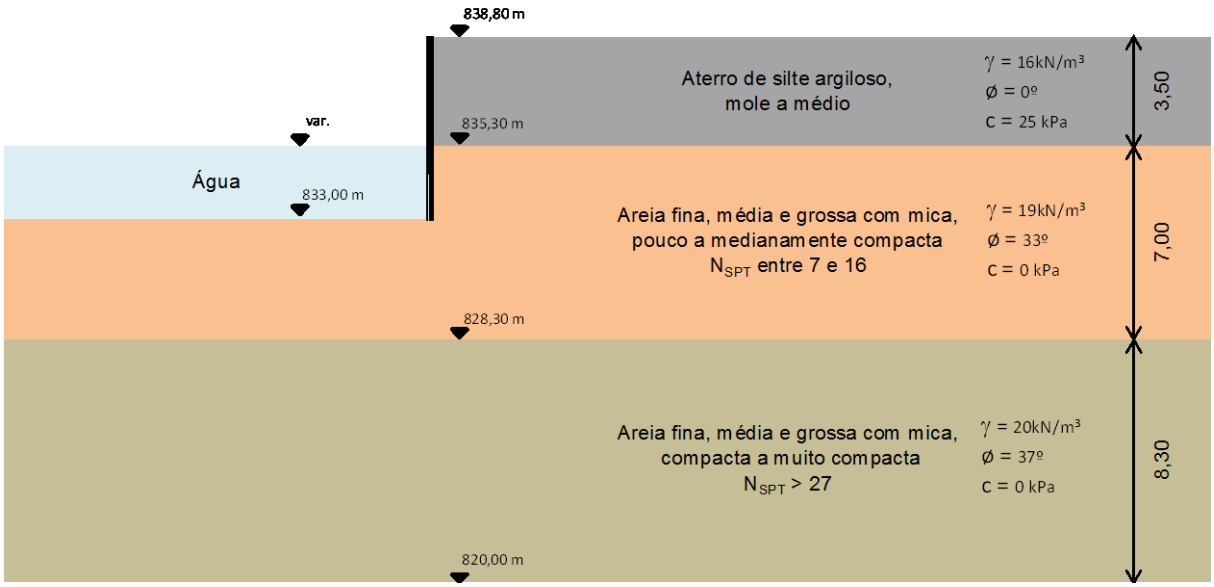


FIGURA 1
SONDAGEM SP-40 - PERFIL GEOTÉCNICO DE CÁLCULO

3.2 Análises de Estabilidade Global

As análises de estabilidade foram efetuadas com o auxílio do programa SLOPE/W, a partir da metodologia desenvolvida por Morgerstern e Price.

A geometria das análises considerou as seguintes características para o trecho em questão, a saber:

- cota de coroamento da cortina: 838,80 m;
- cota de assentamento da cortina: 833,00 m;
- tirantes Dywidag ϕ38 mm e carga nominal de 45tf;
- comprimento livre dos tirantes: 12,00 m (tirante superior) e 8,00 m (tirante inferior);
- comprimento do bulbo de ancoragem: 8,00 m;
- espaçamento entre tirantes: 6,00 m (sentido longitudinal);
- sobrecarga: 10 kPa;
- instalação de drenagem atrás da cortina, conforme indicado no desenho nº INE06-RB-ET-PE-DE-009-R2.

Foram definidas as seguintes situações de projeto:

a) época de cheias:

- terreno: N.A. = 837,50 m
- canal: N.A. = 835,00 m

b) época de estiagem:

- terreno: N.A. = 835,00 m
- canal: N.A. = 833,50 m

Admitiu-se como fator de segurança mínimo o valor de F.S. = 1,5.

As saídas do programa SLOPE/W para cada uma das situações definidas acima estão apresentadas nas Figuras 2 e 3 a seguir.

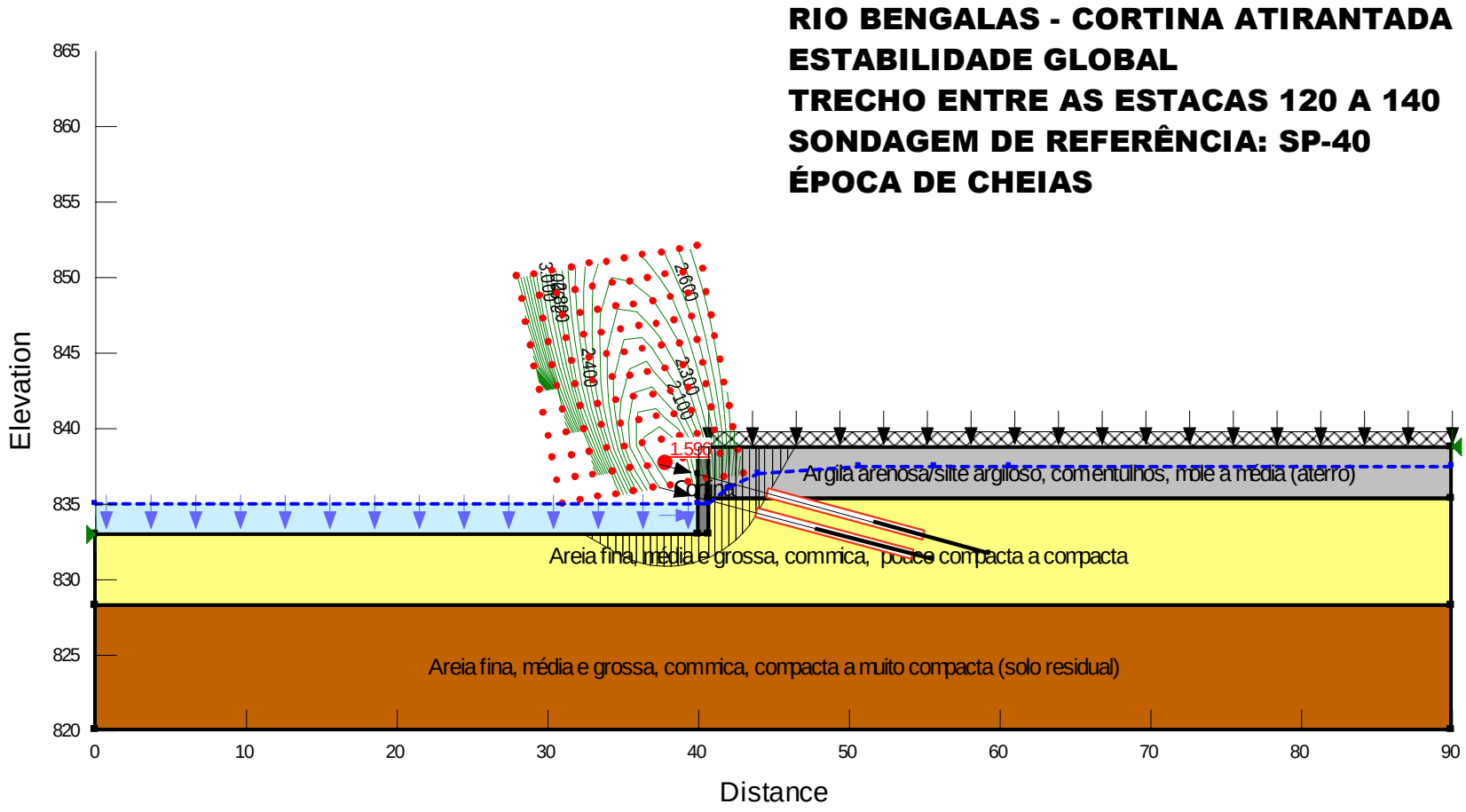


FIGURA 2 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE – ÉPOCA DE CHEIAS

CSE Consultoria e Serviços de Engenharia Ltda.
Rua México, 31 - Sala 1401 - Centro - CEP 20031-144 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: (21) 2240-6758 / Fax.: (21) 2544-8662
E-mail: cse@csengenharia.com.br

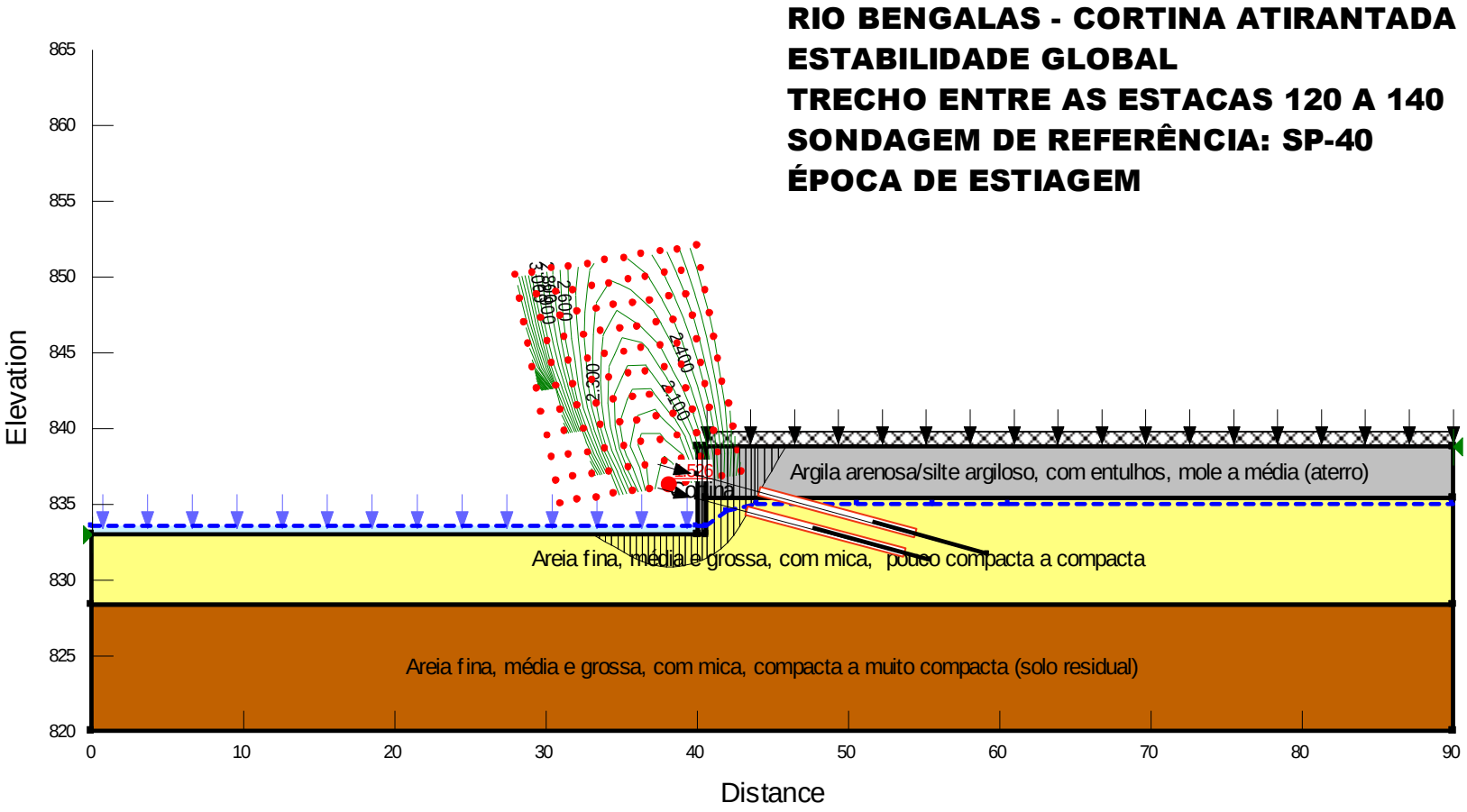


FIGURA 3 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE – ÉPOCA DE ESTIAGEM

O Quadro 1 a seguir apresenta o resumo dos resultados obtidos nas análises empreendidas. Constata-se que os fatores de segurança obtidos atendem aos critérios adotados.

QUADRO 1

RESUMO DAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE

CASO	FATOR DE SEGURANÇA
Época de cheia	1,596
Época de estiagem	1,526

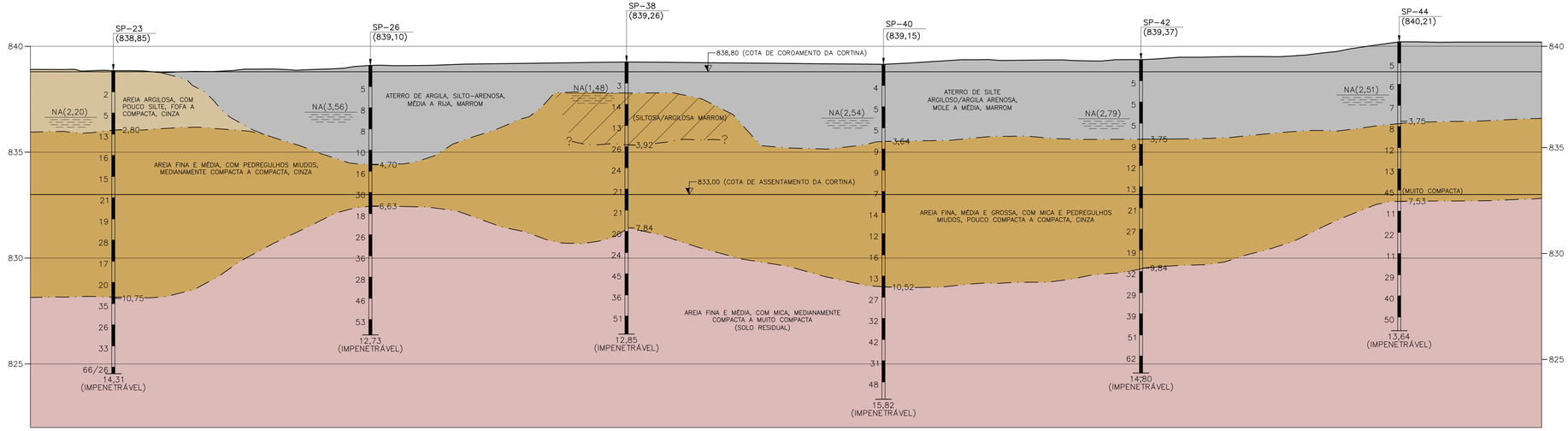
A estabilidade interna da cortina foi verificada pela Garambone Projetos e Consultoria Ltda.

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

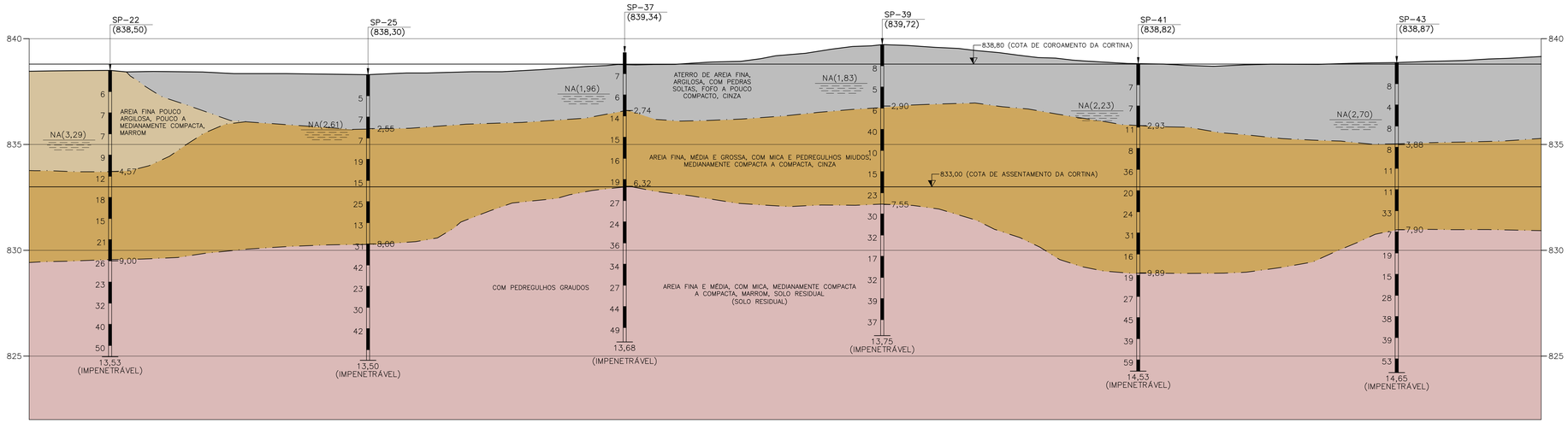
As análises aqui efetuadas demonstraram que o trecho contido entre as estacas 120 a 140 apresenta adequadas condições de estabilidade global considerando a execução de cortina atirantada com 5,80 m de altura, tendo em vista que as verificações para o perfil geotécnico com condições mais desfavoráveis resultaram em fatores de segurança compatíveis com as situações de projeto.

Vale ressaltar que a instalação de um eficiente sistema de drenagem é condição para a segurança da estrutura.

ANEXO

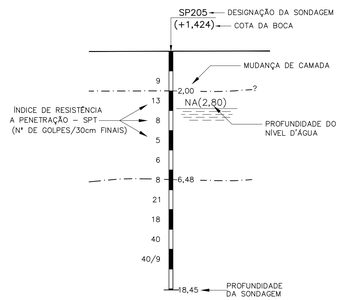


MARGEM DIREITA
ESC. V=1:100
H=1:500



MARGEM ESQUERDA
ESC. V=1:100
H=1:500

CONVENÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS



NOTAS:

1 – DIMENSÕES, ELEVAÇÕES E COORDENADAS EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO DE OUTRA FORMA.

DOCUMENTO DE REFERÊNCIA:

BOLETINS DE SONDAGEM – E99 A E272 (RIO BENGALAS)

2 0 2 4 6 8(m)
ESCALA ORIGINAL 1:100

10 0 10 20 30 40(m)
ESCALA ORIGINAL 1:500

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	VERIF.	APROV.
0	13/11/13	EMISSÃO INICIAL	YSM	NAFL

EMISSÃO		
DES.	CMS	13/11/13
PROJ.	YSM	13/11/13
VERIF.	YSM	13/11/13
APROV.	NAFL	13/11/13
ESCALAS	INDICADAS	

CLIENTE

OBRA
RIO BENGALAS

EMITENTE
CSE CONSULTORIA E ENGENHARIA

TÍTULO
PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO ENTRE AS ESTACAS 120 A 140

Nº EMITENTE
CSE-013-BEN-GT-002-DE

Nº CLIENTE

REVISÃO
0

CONSULTORIA E ENGENHARIA

RIO BENGALAS

CORTINA ATIRANTADA

TRECHO ENTRE AS ESTACAS 140 A 160

ESTABILIDADE GLOBAL

MEMÓRIA DE CÁLCULO

CSE-013-BEN-GT-003-MC R0

Novembro/2013

SUMÁRIO

ITEM **Pág.**

1. INTRODUÇÃO 02

2. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DO LOCAL 03

3. ANÁLISES DE ESTABILIDADE 05

3.1 PERFIL GEOTÉCNICO DE CÁLCULO 05

3.2 ANÁLISES DE ESTABILIDADE GLOBAL 06

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS 10

ANEXO 11

Desenho CSE-013-BEN-GT-003-DE – "Rio Bengalas - Perfil Geológico-Geotécnico entre as Estacas 140 e 160"

1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta a memória de cálculo elaborada para a verificação da estabilidade global da cortina atirantada a ser construída nas duas margens do rio Bengalas, no município de Nova Friburgo, no estado do Rio de Janeiro, no trecho contido entre as estacas 140 e 160.

A cortina projetada, apresentada no desenho nº INE06-RB-ET-PE-DE-009-R2 - "*Cortina Atirantada – Módulo Típico (Placa de 2,75 m) – Formas – Rio Bengala*", tem seu topo na cota 838,80 m e altura de 5,80 m, aproximadamente. O dimensionamento efetuado pela Garambone Projetos e Consultoria Ltda levou à adoção de dois níveis de tirantes Dywidag, com diâmetro de 38 mm, carga nominal de 45 tf, espaçados de cerca de 6,00 m e comprimento livre de 12,00 m (nível superior) e 8,00 m (nível inferior).

2. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DO LOCAL

No trecho em questão foram executadas/disponibilizadas 11 sondagens a percussão, sendo seis na margem direita (SP-46, SP-48, SP-50, SP-52, SP-54 e SP-56) e apenas cinco na margem esquerda (SP-47, SP-49, SP-51, SP-53 e SP-55, tendo em vista que não foi localizado o resultado referente à sondagem SP-45), cujos boletins individuais e localização são apresentados no relatório "Boletins de Sondagem: E99 a E272". Observe-se que essas sondagens foram realizadas em início de abril/2013, ou seja, praticamente ao término da época de cheias.

No ANEXO encontra-se o perfil geológico-geotécnico do trecho, extraído das referidas sondagens.

As investigações evidenciaram a presença de uma camada superficial de aterro variegado (argila arenosa, areia argilosa ou silte argiloso), de consistência mole a média, sobrejacente a uma camada de areia fina, média e grossa, com mica, pouco compacta a muito compacta, cinza, seguida por camada de solo residual, constituído de areia fina, média e grossa, de compacidade crescente com a profundidade, variando de medianamente a muito compacta. As sondagens foram paralisadas quando atingiram o "impenetrável à percussão".

A profundidade do nível d'água variou de 2,4 m a 3,9 m abaixo do nível do terreno, aproximadamente entre as cotas 837,5 m e 835,0 m.

Na margem direita, a camada de aterro possui espessura típica de 3,00 m a 4,00 m e número de golpes (N_{SPT}) variando entre 3 e 12. Na camada subjacente de areia, com espessura variável entre cerca de 3,00 m e 8,00 m, os valores de N_{SPT} variaram de 6 a 40 golpes, apresentando pontualmente compacidade elevada. O estrato de solo residual apresentou N_{SPT} mínimo de 7 golpes e máximo de 63 golpes.

Na margem esquerda o aterro superficial tem espessura mínima de 0,70 m e máxima de cerca de 3,00 m, com N_{SPT} entre 2 e 11 golpes. Na porção inicial deste trecho (entre as estacas 140 e 150 aproximadamente), entre o aterro e a camada de areia subjacente, há a ocorrência de uma camada de argila arenosa/siltosa, de compacidade mole a dura e espessura de cerca de 3,00 m. Na sequência, a camada de areia cinza varia entre de 3,00 m a 10,00 m de espessura, com N_{SPT} médio de cerca de 25 golpes (variação entre 9 e 45). O solo residual subjacente apresentou valores de N_{SPT} superiores a 20 golpes.

O nível do terreno em ambas as margens encontra-se em torno da cota 839,00 m. A cota de coroamento da cortina foi projetada na cota 838,80 m e ficará assente predominantemente na camada de areia medianamente compacta a compacta subjacente ao aterro, podendo em alguns locais ficar assente na camada de solo residual.

3. ANÁLISES DE ESTABILIDADE

3.1 Perfil Geotécnico de Cálculo

A partir da análise do perfil geológico-geotécnico do trecho em questão, materializado no desenho apresentado no Anexo 1, pode-se constatar que a investigação que apresenta pior condição para a estabilidade global da cortina é a representada pela sondagem SP-54, executada na margem direita.

Assim, as análises aqui empreendidas serão baseadas nas condições geológico-geotécnicas da sondagem SP-54, admitindo-se, *ipso facto*, que as demais situações referentes ao trecho analisado apresentam fatores de segurança mais elevados.

A partir dos valores de N_{SPT} das sondagens, verificaram-se na literatura especializada algumas correlações existentes entre N_{SPT} e parâmetros geotécnicos (ver, por exemplo, *Schnaid, F., "Ensaios de Campo e suas Aplicações à Engenharia de Fundações", São Paulo – Ed. Oficina de Textos, 2000*) e com base na experiência da Projetista e do conhecimento das características dos solos da região, foram adotados os parâmetros geotécnicos indicados na Figura 1 a seguir para o perfil de cálculo elaborado a partir da sondagem SP-54, que representa de forma conservadora os parâmetros esperados *in situ*.

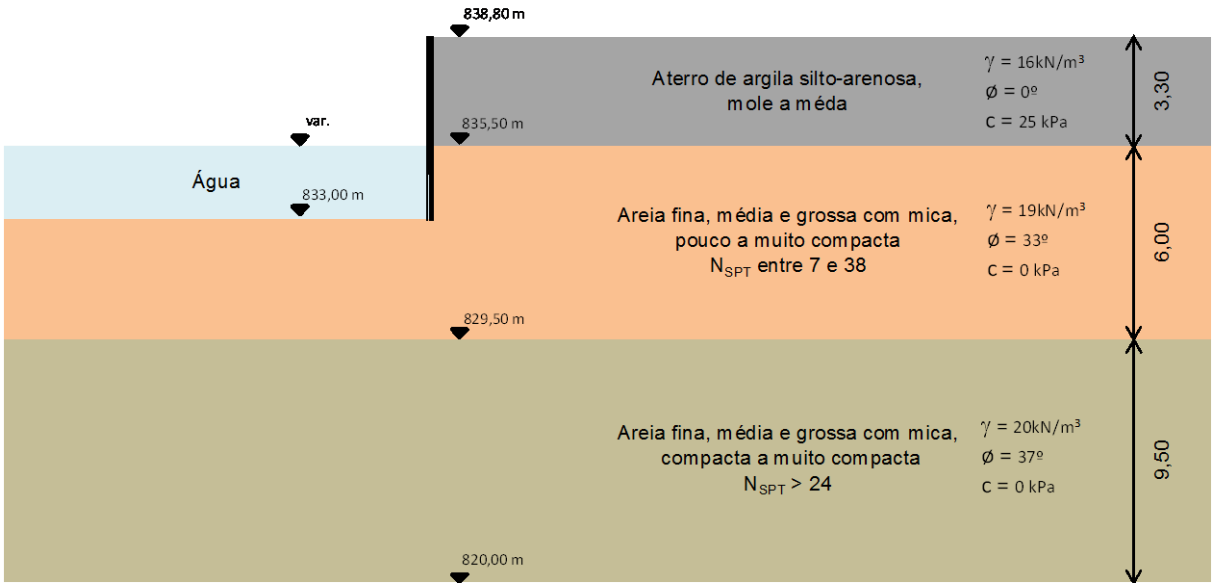


FIGURA 1
SONDAGEM SP-54 - PERFIL GEOTÉCNICO DE CÁLCULO

3.2 Análises de Estabilidade Global

As análises de estabilidade foram efetuadas com o auxílio do programa SLOPE/W, a partir da metodologia desenvolvida por Morgerstern e Price.

A geometria das análises considerou as seguintes características para o trecho em questão, a saber:

- cota de coroamento da cortina: 838,80 m;
- cota de assentamento da cortina: 833,00 m;
- tirantes Dywidag ϕ38 mm e carga nominal de 45tf;
- comprimento livre dos tirantes: 12,00 m (tirante superior) e 8,00 m (tirante inferior);
- comprimento do bulbo de ancoragem: 8,00 m;
- espaçamento entre tirantes: 6,00 m (sentido longitudinal);
- sobrecarga: 10 kPa;
- instalação de drenagem atrás da cortina, conforme indicado no desenho nº INE06-RB-ET-PE-DE-009-R2.

Foram definidas as seguintes situações de projeto:

a) época de cheias:

- terreno: N.A. = 837,50 m
- canal: N.A. = 835,00 m

b) época de estiagem:

- terreno: N.A. = 835,00 m
- canal: N.A. = 833,50 m

Admitiu-se como fator de segurança mínimo o valor de F.S. = 1,5.

As saídas do programa SLOPE/W para cada uma das situações definidas acima estão apresentadas nas Figuras 2 e 3 a seguir.

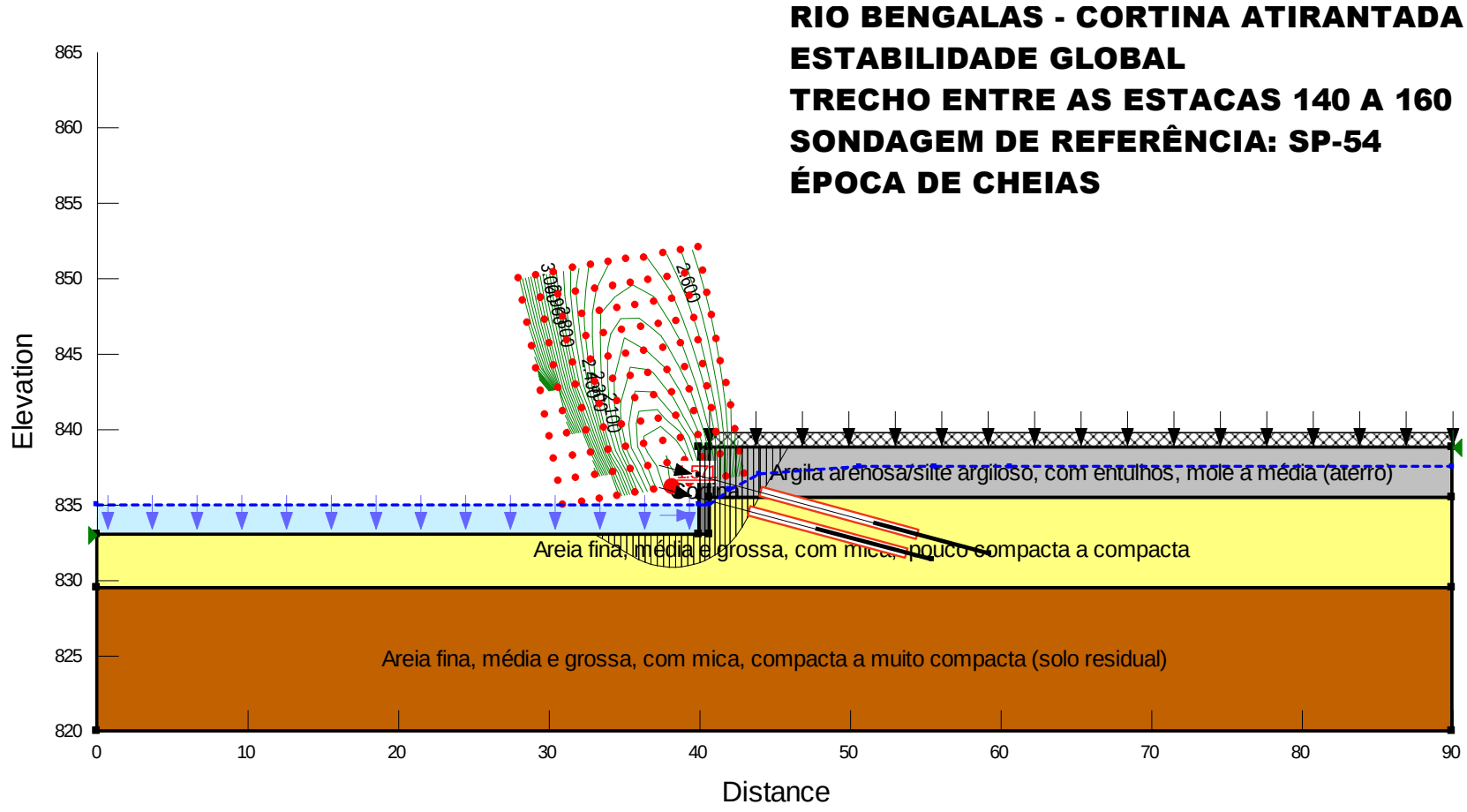


FIGURA 2 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE – ÉPOCA DE CHEIAS

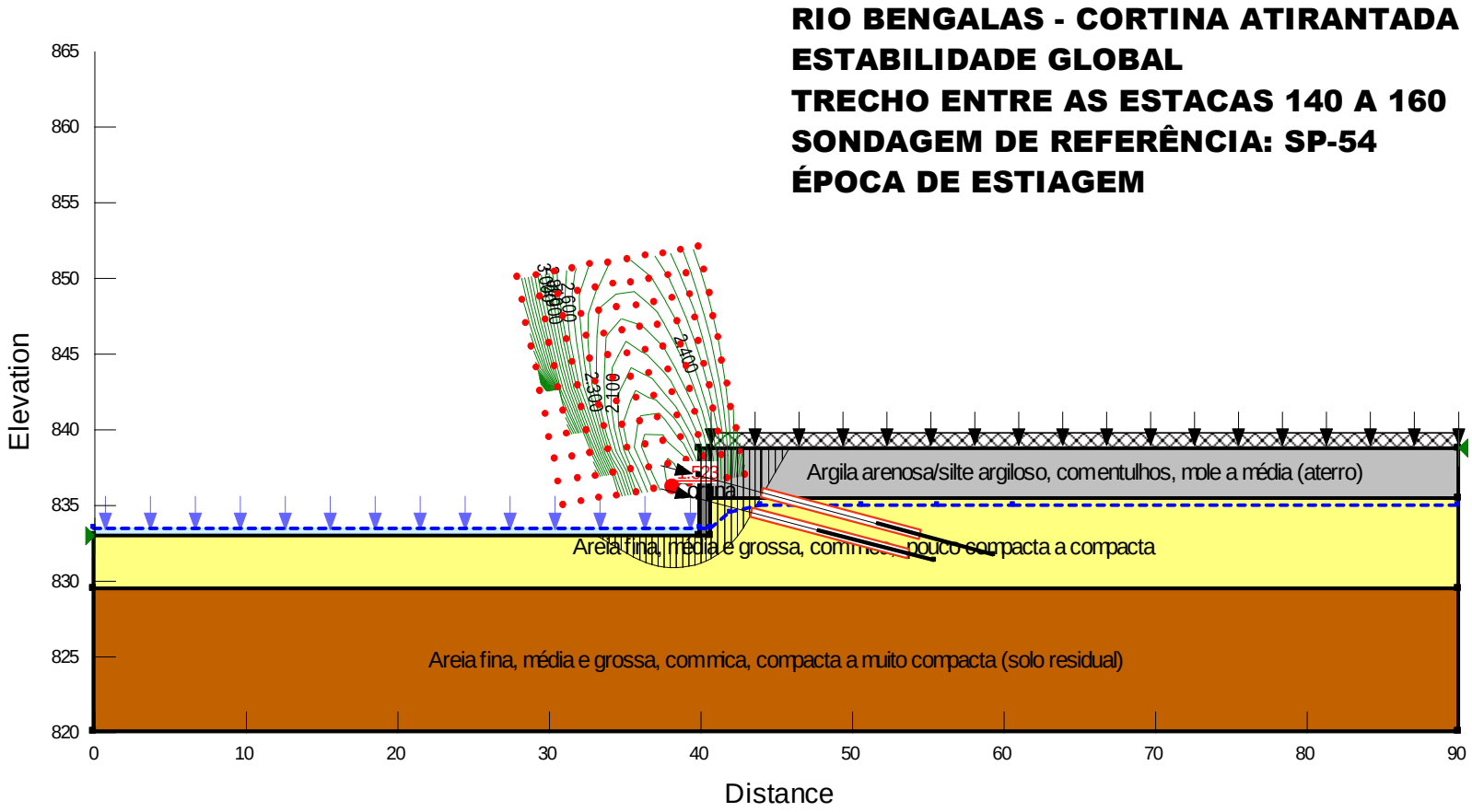


FIGURA 3 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE – ÉPOCA DE ESTIAGEM

O Quadro 1 a seguir apresenta o resumo dos resultados obtidos nas análises empreendidas. Constata-se que os fatores de segurança obtidos atendem aos critérios adotados.

QUADRO 1

RESUMO DAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE

CASO	FATOR DE SEGURANÇA
Época de cheia	1,571
Época de estiagem	1,523

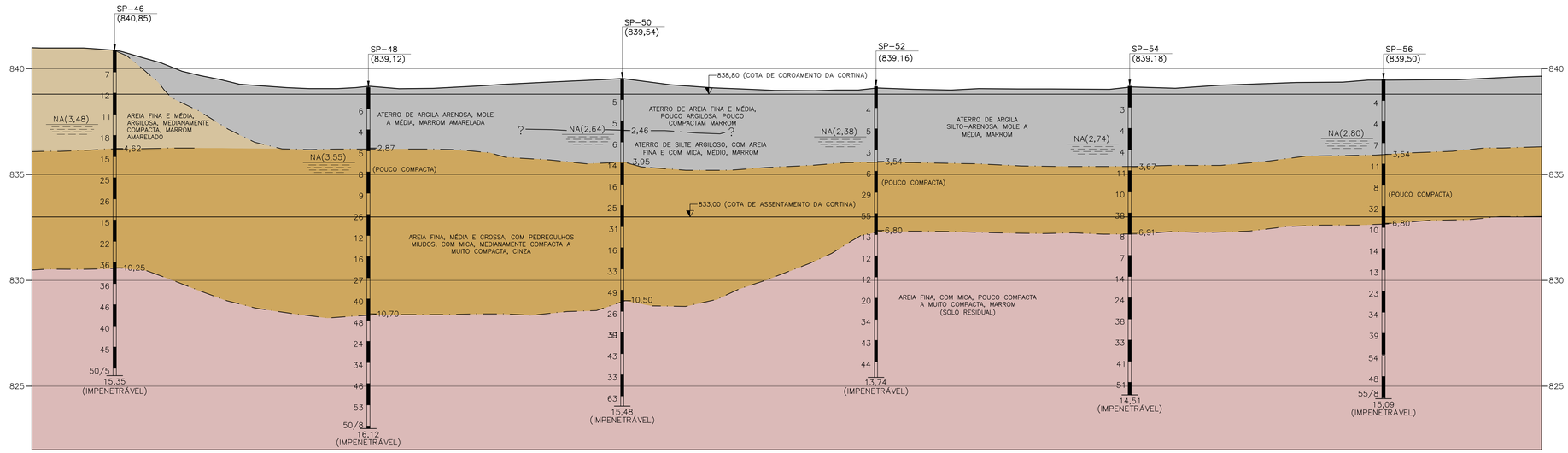
A estabilidade interna da cortina foi verificada pela Garambone Projetos e Consultoria Ltda.

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

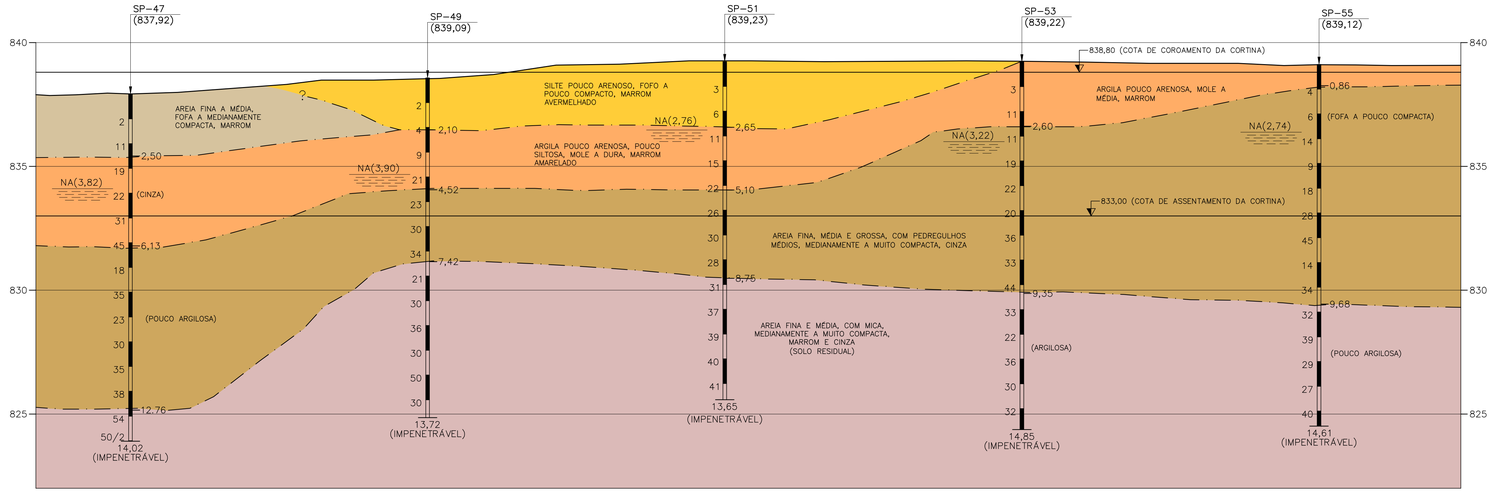
As análises aqui efetuadas demonstraram que o trecho contido entre as estacas 140 a 160 apresenta adequadas condições de estabilidade global considerando a execução de cortina atirantada com 5,80 m de altura, tendo em vista que as verificações para o perfil geotécnico com condições mais desfavoráveis resultaram em fatores de segurança compatíveis com as situações de projeto.

Vale ressaltar que a instalação de um eficiente sistema de drenagem é condição para a segurança da estrutura.

ANEXO



MARGEM DIREITA
ESC. V=1:100
H=1:500

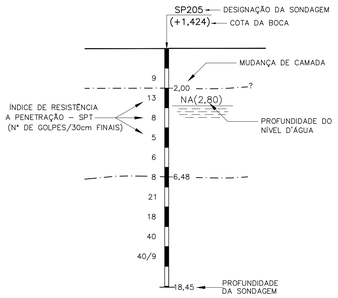


MARGEM ESQUERDA
ESC. V=1:100
H=1:500

CONVENÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

CONTATO LITOLÓGICO E/OU ENTRE MATERIAIS

CONTATO LITOLÓGICO INFERIDO



NOTAS:

1 – DIMENSÕES, ELEVAÇÕES E COORDENADAS EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO DE OUTRA FORMA.

DOCUMENTO DE REFERÊNCIA:

BOLETINS DE SONDAGEM – E99 A E272 (RIO BENGALAS)

2 0 2 4 6 8(m)
ESCALA ORIGINAL 1:100

10 0 10 20 30 40(m)
ESCALA ORIGINAL 1:500

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	VERIF.	APROV.
0	18/11/13	EMISSÃO INICIAL	YSM	NAFL

EMISSÃO		
DES.	CMS	18/11/13
PROJ.	YSM	18/11/13
VERIF.	YSM	18/11/13
APROV.	NAFL	18/11/13
ESCALAS	INDICADAS	

EMITENTE: CSE CONSULTORIA E ENGENHARIA

CLIENTE:

OBRA: RIO BENGALAS

TÍTULO: PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO ENTRE AS ESTACAS 140 A 160

Nº EMITENTE	Nº CLIENTE	REVISÃO
CSE-013-BEN-GT-003-DE		0

CONSULTORIA E ENGENHARIA

RIO BENGALAS

CORTINA ATIRANTADA

TRECHO ENTRE AS ESTACAS 160 A 180

ESTABILIDADE GLOBAL

MEMÓRIA DE CÁLCULO

CSE-013-BEN-GT-004-MC R0

Novembro/2013

SUMÁRIO

ITEM **Pág.**

1. INTRODUÇÃO 02

2. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DO LOCAL 03

3. ANÁLISES DE ESTABILIDADE 05

3.1 PERFIL GEOTÉCNICO DE CÁLCULO 05

3.2 ANÁLISES DE ESTABILIDADE GLOBAL 06

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS 10

ANEXO 11

Desenho CSE-013-BEN-GT-004-DE – "Rio Bengalas - Perfil Geológico-Geotécnico entre as Estacas 160 e 180"

1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta a memória de cálculo elaborada para a verificação da estabilidade global da cortina atirantada a ser construída nas duas margens do rio Bengalas, no município de Nova Friburgo, no estado do Rio de Janeiro, no trecho contido entre as estacas 160 e 180.

A cortina projetada, apresentada no desenho nº INE06-RB-ET-PE-DE-009-R2 - "*Cortina Atirantada – Módulo Típico (Placa de 2,75 m) – Formas – Rio Bengala*", tem seu topo na cota 838,80 m e altura de 5,80 m, aproximadamente. O dimensionamento efetuado pela Garambone Projetos e Consultoria Ltda levou à adoção de dois níveis de tirantes Dywidag, com diâmetro de 38 mm, carga nominal de 45 tf, espaçados de cerca de 6,00 m e comprimento livre de 12,00 m (nível superior) e 8,00 m (nível inferior).

2. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DO LOCAL

No trecho em questão foram executadas/disponibilizadas 14 sondagens a percussão, sendo sete na margem direita (SP-58, SP-60, SP-62, SP-64, SP-66, SP-68 e SP-70) e sete na margem esquerda (SP-57, SP-59, SP-61, SP-63, SP-65, SP-67 e SP-69), cujos boletins individuais e localização são apresentados no relatório "Boletins de Sondagem: E99 a E272". Observe-se que essas sondagens foram realizadas em sua grande maioria em início de abril/2013, ou seja, praticamente ao término da época de cheias.

No ANEXO encontra-se o perfil geológico-geotécnico do trecho, extraído das referidas sondagens.

As investigações evidenciaram a presença de uma camada superficial de aterro variegado (argila arenosa, areia argilosa ou silte argiloso), de consistência mole a média, sobrejacente a uma camada de areia fina, média e grossa, com mica, pouco compacta a muito compacta, cinza, seguida por camada de solo residual, constituído de areia fina, média e grossa, de compacidade crescente com a profundidade, variando de medianamente a muito compacta. As sondagens foram paralisadas quando atingiram o "impenetrável à percussão".

A profundidade do nível d'água variou de 2,0 m a 4,0 m abaixo do nível do terreno, aproximadamente entre as cotas 837,5 m e 836,0 m.

Na margem direita, a camada de aterro possui espessura típica de 3,00 m a 4,00 m e número de golpes (N_{SPT}) variando entre 2 e 8. Na porção central deste trecho (entre as estacas 167 e 172 aproximadamente), entre o aterro e a camada de areia subjacente, há a ocorrência de uma camada de argila arenosa, de compacidade média a dura e espessura de cerca de 1,00 a 2,00 m. Na sequência, a camada de areia predominantemente cinza varia entre 3,00 m e 8,00 m de espessura, com valores de N_{SPT} situados entre 6 a 43 golpes, apresentando pontualmente compacidade elevada. O estrato de solo residual apresentou N_{SPT} mínimo de 14 golpes e máximo de 61 golpes.

Na margem esquerda o aterro superficial tem espessura mínima de 1,00 m e máxima de cerca de 4,00 m, com N_{SPT} entre 3 e 7 golpes. Na porção central deste trecho (entre as estacas 164 e 172 aproximadamente), entre o aterro e a camada de areia subjacente, há a ocorrência de uma camada de argila arenosa, de compacidade

muito mole e espessura de cerca de 1,00 a 2,00 m. Na sequência, a camada de areia cinza varia entre de 3,00 m a 7,00 m de espessura, com N_{SPT} médio de cerca de 20 golpes (variação entre 6 e 44). O solo residual subjacente apresentou valores de N_{SPT} superiores a 7 golpes e crescente com a profundidade.

O nível do terreno em ambas as margens encontra-se aproximadamente entre as cotas 839,00 m e 841,00 m. A cota de coroamento da cortina foi projetada na cota 838,80 m e ficará assente predominantemente na camada de areia medianamente compacta a compacta subjacente ao aterro, podendo em alguns locais ficar assente na camada de solo residual.

3. ANÁLISES DE ESTABILIDADE

3.1 Perfil Geotécnico de Cálculo

A partir da análise do perfil geológico-geotécnico do trecho em questão, materializado no desenho apresentado no Anexo 1, pode-se constatar que a investigação que apresenta pior condição para a estabilidade global da cortina é a representada pela sondagem SP-63, executada na margem esquerda.

Assim, as análises aqui empreendidas serão baseadas nas condições geológico-geotécnicas da sondagem SP-63, admitindo-se, *ipso facto*, que as demais situações referentes ao trecho analisado apresentam fatores de segurança mais elevados.

A partir dos valores de N_{SPT} das sondagens, verificaram-se na literatura especializada algumas correlações existentes entre N_{SPT} e parâmetros geotécnicos (ver, por exemplo, *Schnaid, F., "Ensaios de Campo e suas Aplicações à Engenharia de Fundações", São Paulo – Ed. Oficina de Textos, 2000*) e com base na experiência da Projetista e do conhecimento das características dos solos da região, foram adotados os parâmetros geotécnicos indicados na Figura 1 a seguir para o perfil de cálculo elaborado a partir da sondagem SP-63, que representa de forma conservadora os parâmetros esperados *in situ*.

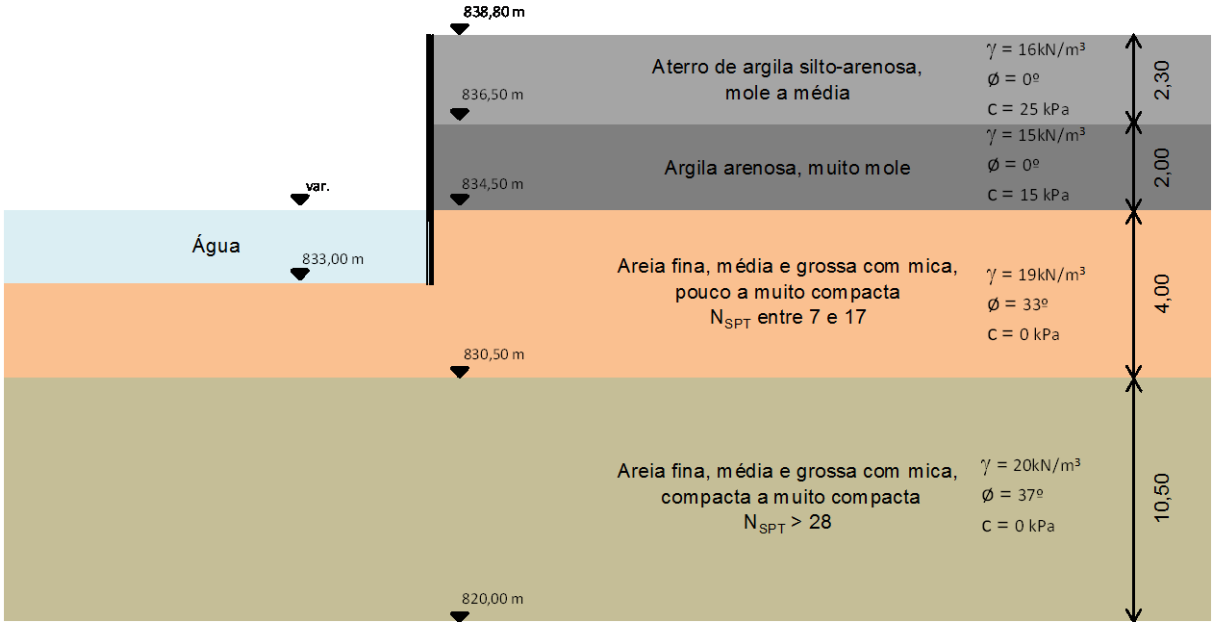


FIGURA 1
SONDAGEM SP-63 - PERFIL GEOTÉCNICO DE CÁLCULO

3.2 Análises de Estabilidade Global

As análises de estabilidade foram efetuadas com o auxílio do programa SLOPE/W, a partir da metodologia desenvolvida por Morgerstern e Price.

A geometria das análises considerou as seguintes características para o trecho em questão, a saber:

- cota de coroamento da cortina: 838,80 m;
- cota de assentamento da cortina: 833,00 m;
- tirantes Dywidag ϕ38 mm e carga nominal de 45tf;
- comprimento livre dos tirantes: 12,00 m (tirante superior) e 8,00 m (tirante inferior);
- comprimento do bulbo de ancoragem: 8,00 m;
- espaçamento entre tirantes: 6,00 m (sentido longitudinal);
- sobrecarga: 10 kPa;
- instalação de drenagem atrás da cortina, conforme indicado no desenho nº INE06-RB-ET-PE-DE-009-R2.

Foram definidas as seguintes situações de projeto:

a) época de cheias:

- terreno: N.A. = 837,50 m
- canal: N.A. = 835,00 m

b) época de estiagem:

- terreno: N.A. = 835,00 m
- canal: N.A. = 833,50 m

Admitiu-se como fator de segurança mínimo o valor de F.S. = 1,5.

As saídas do programa SLOPE/W para cada uma das situações definidas acima estão apresentadas nas Figuras 2 e 3 a seguir.

CSE Consultoria e Serviços de Engenharia Ltda.
Rua México, 31 - Sala 1401 - Centro - CEP 20031-144 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: (21) 2240-6758 / Fax.: (21) 2544-8662
E-mail: cse@csengenharia.com.br

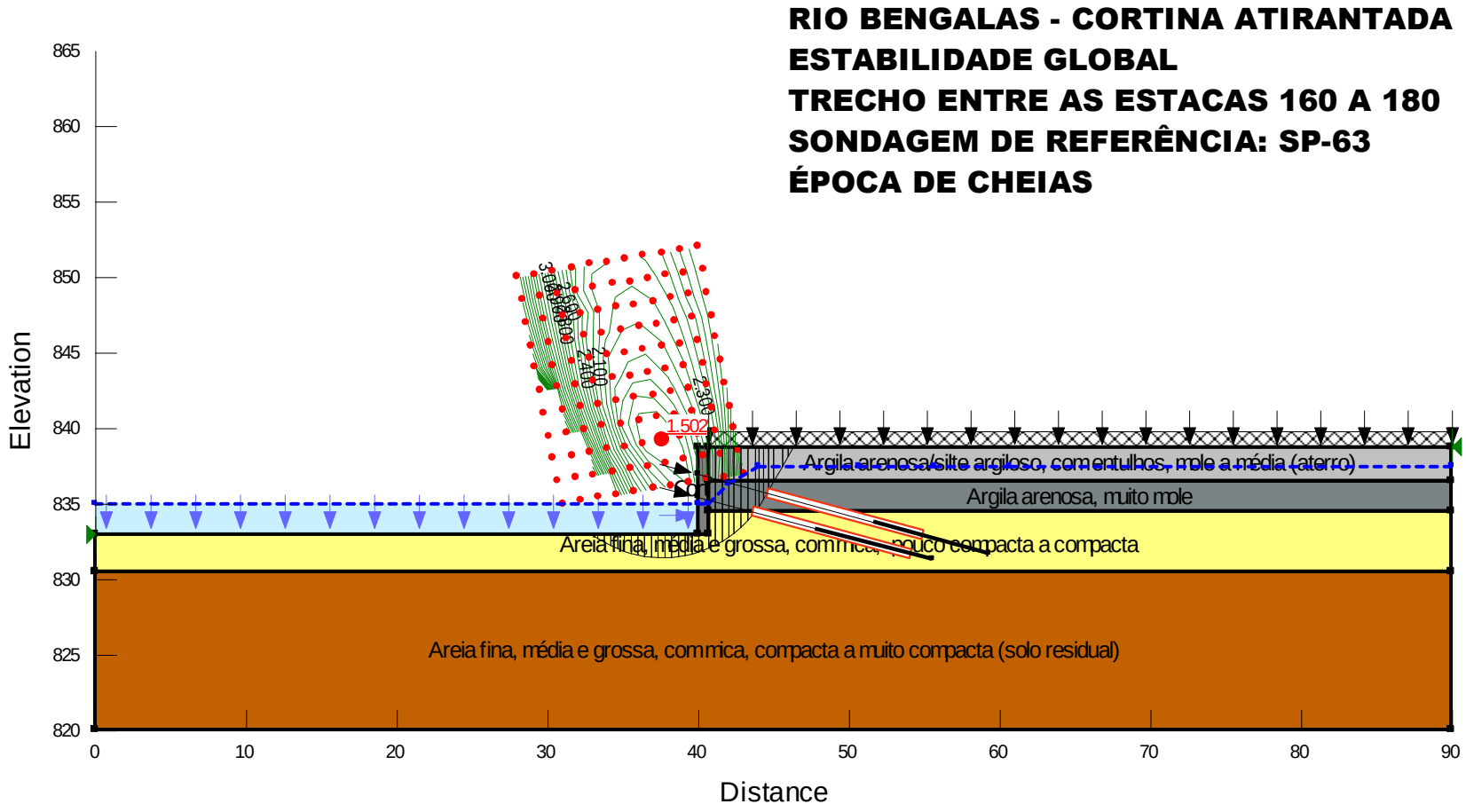


FIGURA 2 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE – ÉPOCA DE CHEIAS

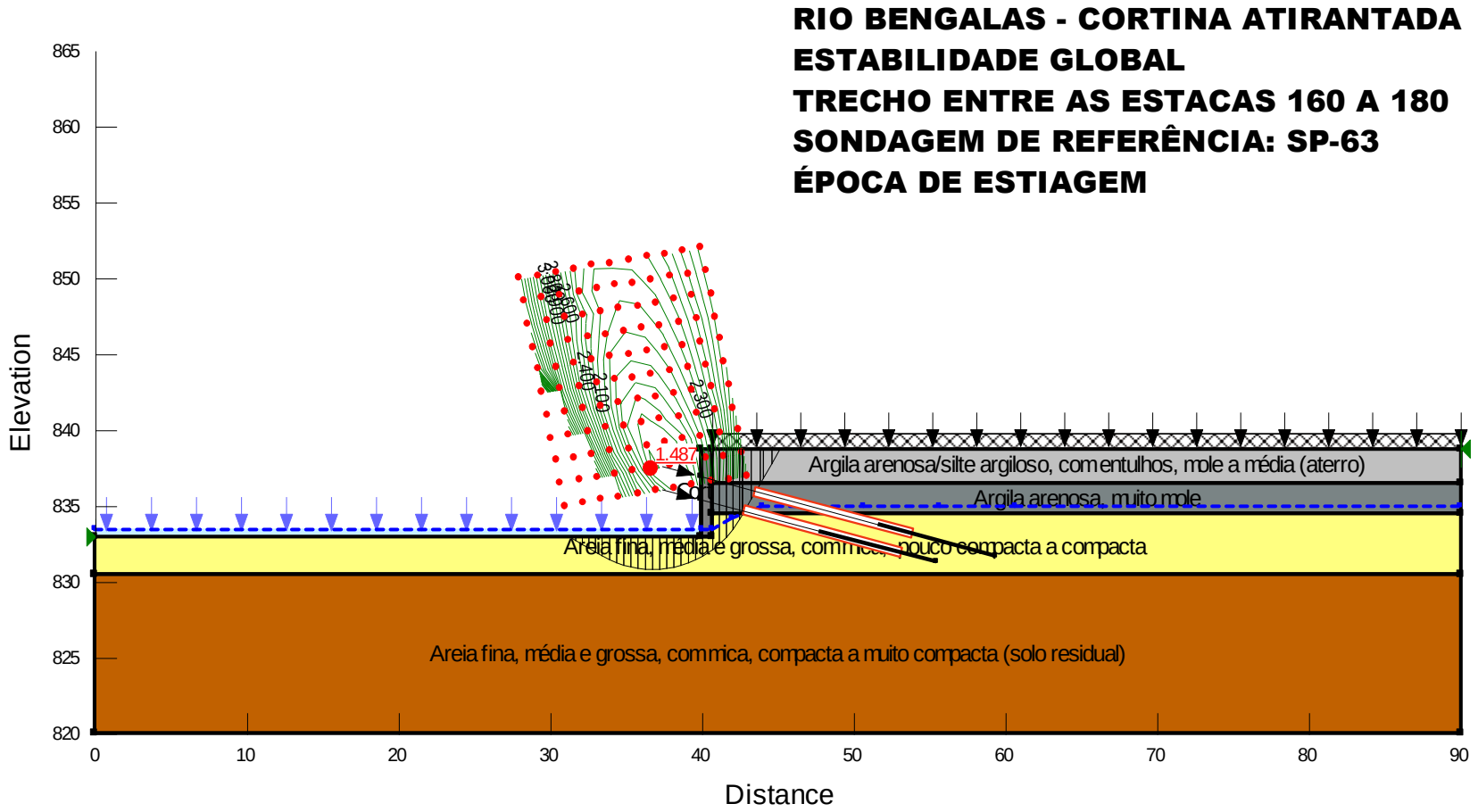


FIGURA 3 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE – ÉPOCA DE ESTIAGEM

O Quadro 1 a seguir apresenta o resumo dos resultados obtidos nas análises empreendidas. Constata-se que para a modelagem para a época de cheias o fator de segurança obtido atende aos critérios adotados, mas para a modelagem para a época de estiagem o FS obtido foi levemente inferior.

QUADRO 1

RESUMO DAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE

CASO	FATOR DE SEGURANÇA
Época de cheia	1,502
Época de estiagem	1,487

Apesar do exposto acima, deve ser lembrado que a supracitada modelagem se revestiu de caráter conservador nas condições de contorno admitidas, como se depreende, por exemplo, da consideração de uma aplicação de sobrecarga semi-infinita junto à borda do canal ou, por outro lado, da desconsideração do colchão de pedras a jusante na base da cortina, entre outros. Assim, pode-se admitir como satisfatória a obtenção de um fator de segurança de 1,49 para a modelagem em questão.

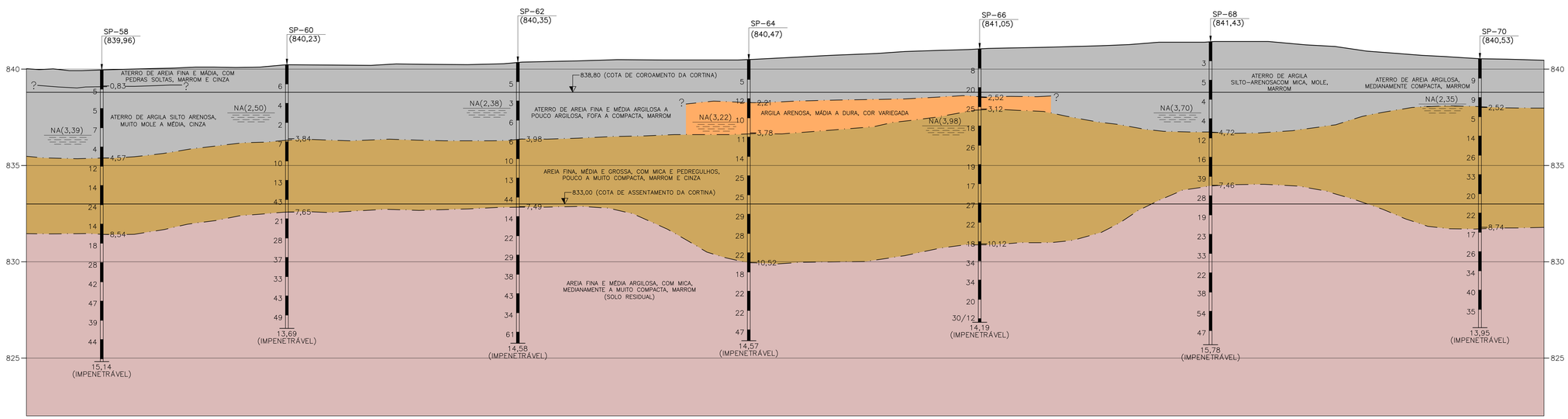
A estabilidade interna da cortina foi verificada pela Garambone Projetos e Consultoria Ltda.

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

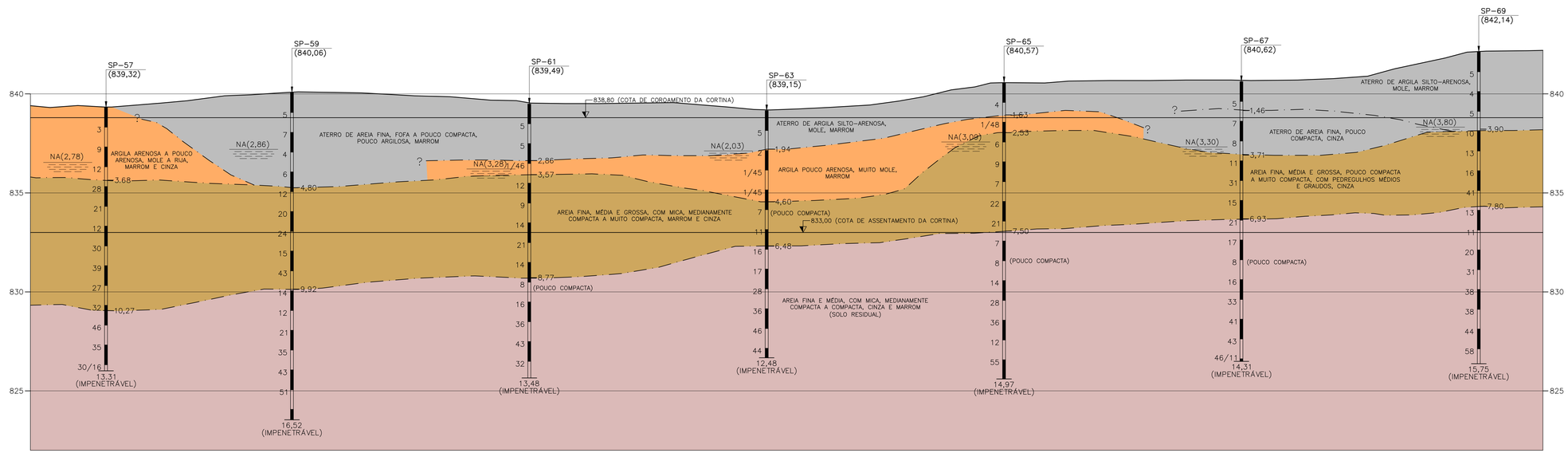
As análises aqui efetuadas demonstraram que o trecho contido entre as estacas 160 a 180 apresenta adequadas condições de estabilidade global considerando a execução de cortina atirantada com 5,80 m de altura, tendo em vista que as verificações para o perfil geotécnico com condições mais desfavoráveis resultaram em fatores de segurança compatíveis com as situações de projeto.

Vale ressaltar que a instalação de um eficiente sistema de drenagem é condição para a segurança da estrutura.

ANEXO

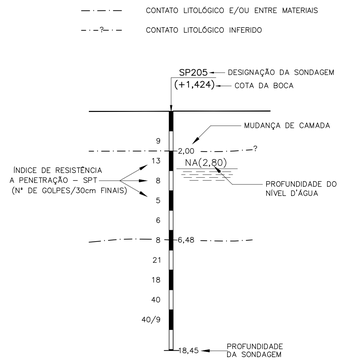


MARGEM DIREITA
ESC. V=1:100
H=1:500



MARGEM ESQUERDA
ESC. V=1:100
H=1:500

CONVENÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS



NOTAS:

1 – DIMENSÕES, ELEVAÇÕES E COORDENADAS EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO DE OUTRA FORMA.

DOCUMENTO DE REFERÊNCIA:

BOLETINS DE SONDAGEM – E99 A E272 (RIO BENGALAS)

2 0 2 4 6 8(m)
ESCALA ORIGINAL 1:100

10 0 10 20 30 40(m)
ESCALA ORIGINAL 1:500

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	VERIF.	APROV.
0	18/11/13	EMISSÃO INICIAL	YSM	NAFL

EMISSÃO		
DES.	CMS	18/11/13
PROJ.	YSM	18/11/13
VERIF.	YSM	18/11/13
APROV.	NAFL	18/11/13
ESCALAS	INDICADAS	

CLIENTE

OBRA
RIO BENGALAS

EMITENTE
CSE CONSULTORIA E ENGENHARIA

TÍTULO
PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO ENTRE AS ESTACAS 160 A 180

Nº EMITENTE
CSE-013-BEN-GT-004-DE

Nº CLIENTE

REVISÃO
0

CONSULTORIA E ENGENHARIA

RIO BENGALAS

CORTINA ATIRANTADA

TRECHO ENTRE AS ESTACAS 180 A 200

ESTABILIDADE GLOBAL

MEMÓRIA DE CÁLCULO

CSE-013-BEN-GT-005-MC R0

Novembro/2013

SUMÁRIO

ITEM **Pág.**

1. INTRODUÇÃO 02

2. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DO LOCAL 03

3. ANÁLISES DE ESTABILIDADE 05

3.1 PERFIL GEOTÉCNICO DE CÁLCULO 05

3.2 ANÁLISES DE ESTABILIDADE GLOBAL 06

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS 10

ANEXO 11

Desenho CSE-013-BEN-GT-005-DE – "Rio Bengalas - Perfil Geológico-Geotécnico entre as Estacas 180 e 200"

1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta a memória de cálculo elaborada para a verificação da estabilidade global da cortina atirantada a ser construída nas duas margens do rio Bengalas, no município de Nova Friburgo, no estado do Rio de Janeiro, no trecho contido entre as estacas 180 e 200.

A cortina projetada, apresentada no desenho nº INE06-RB-ET-PE-DE-009-R2 - "*Cortina Atirantada – Módulo Típico (Placa de 2,75 m) – Formas – Rio Bengala*", tem seu topo na cota 838,80 m e altura de 5,80 m, aproximadamente. O dimensionamento efetuado pela Garambone Projetos e Consultoria Ltda levou à adoção de dois níveis de tirantes Dywidag, com diâmetro de 38 mm, carga nominal de 45 tf, espaçados de cerca de 6,00 m e comprimento livre de 12,00 m (nível superior) e 8,00 m (nível inferior).

2. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DO LOCAL

No trecho em questão foram executadas/disponibilizadas 14 sondagens a percussão, sendo sete na margem direita (SP-72, SP-74, SP-76, SP-78, SP-80, SP-82 e SP-84) e sete na margem esquerda (SP-71, SP-73, SP-75, SP-77, SP-79, SP-81 e SP-83), cujos boletins individuais e localização são apresentados no relatório "Boletins de Sondagem: E99 a E272". Observe-se que essas sondagens foram realizadas em abril/2013, ou seja, praticamente ao término da época de cheias.

No ANEXO encontra-se o perfil geológico-geotécnico do trecho, extraído das referidas sondagens.

As investigações evidenciaram a presença de uma camada superficial de aterro variegado (argila arenosa, areia argilosa ou silte argiloso/arenoso), de consistência mole a média, sobrejacente a uma camada de areia fina, média e grossa, com mica e pedregulhos, pouco compacta a muito compacta, cinza, seguida por camada de solo residual, constituído de areia fina, média e grossa, de compacidade crescente com a profundidade, variando de medianamente a muito compacta. As sondagens foram paralisadas quando atingiram o "impenetrável à percussão".

A profundidade do nível d'água variou de 1,8 m a 3,8 m abaixo do nível do terreno, aproximadamente entre as cotas 838,0 m e 837,0 m.

Na margem direita, a camada de aterro possui espessura típica de 3,00 m a 4,00 m e número de golpes (N_{SPT}) variando entre 3 e 7. Na porção central deste trecho (entre as estacas 185 e 190 aproximadamente), entre o aterro e a camada de areia subjacente, há a ocorrência de uma camada de argila arenosa, de compacidade muito mole a mole em espessura de cerca de 2,00 a 3,00 m. Na sequência, a camada de areia predominantemente cinza varia entre 2,00 m e 12,00 m de espessura, com valores de N_{SPT} situados entre 7 a 41 golpes, apresentando pontualmente compacidade elevada. O estrato de solo residual apresentou N_{SPT} mínimo de 9 golpes e máximo de 54 golpes.

Na margem esquerda o aterro superficial tem espessura de cerca de 3,00 m, com N_{SPT} entre 3 e 7 golpes. Na porção central deste trecho (entre as estacas 185 e 187 aproximadamente), entre o aterro e a camada de areia subjacente, há a ocorrência de uma camada de argila arenosa, de compacidade média e espessura de cerca de 3,00 m. Na sequência, a camada de areia cinza varia entre de 4,00 m a 7,00 m de

espessura, com N_{SPT} médio de cerca de 22 golpes (variação entre 6 e 42). O solo residual subjacente apresentou valores de N_{SPT} superiores a 13 golpes e crescente com a profundidade.

O nível do terreno em ambas as margens encontra-se aproximadamente entre as cotas 840,00 m e 841,50 m. A cota de coroamento da cortina foi projetada na cota 838,80 m e ficará assente predominantemente na camada de areia medianamente compacta a compacta subjacente ao aterro, podendo em alguns locais ficar assente na camada de solo residual.

3. ANÁLISES DE ESTABILIDADE

3.1 Perfil Geotécnico de Cálculo

A partir da análise do perfil geológico-geotécnico do trecho em questão, materializado no desenho apresentado no Anexo 1, pode-se constatar que a investigação que apresenta pior condição para a estabilidade global da cortina é a representada pela sondagem SP-78, executada na margem direita.

Assim, as análises aqui empreendidas serão baseadas nas condições geológico-geotécnicas da sondagem SP-78, admitindo-se, *ipso facto*, que as demais situações referentes ao trecho analisado apresentam fatores de segurança mais elevados.

A partir dos valores de N_{SPT} das sondagens, verificaram-se na literatura especializada algumas correlações existentes entre N_{SPT} e parâmetros geotécnicos (ver, por exemplo, *Schnaid, F., "Ensaios de Campo e suas Aplicações à Engenharia de Fundações", São Paulo – Ed. Oficina de Textos, 2000*) e com base na experiência da Projetista e do conhecimento das características dos solos da região, foram adotados os parâmetros geotécnicos indicados na Figura 1 a seguir para o perfil de cálculo elaborado a partir da sondagem SP-78, que representa de forma conservadora os parâmetros esperados *in situ*.

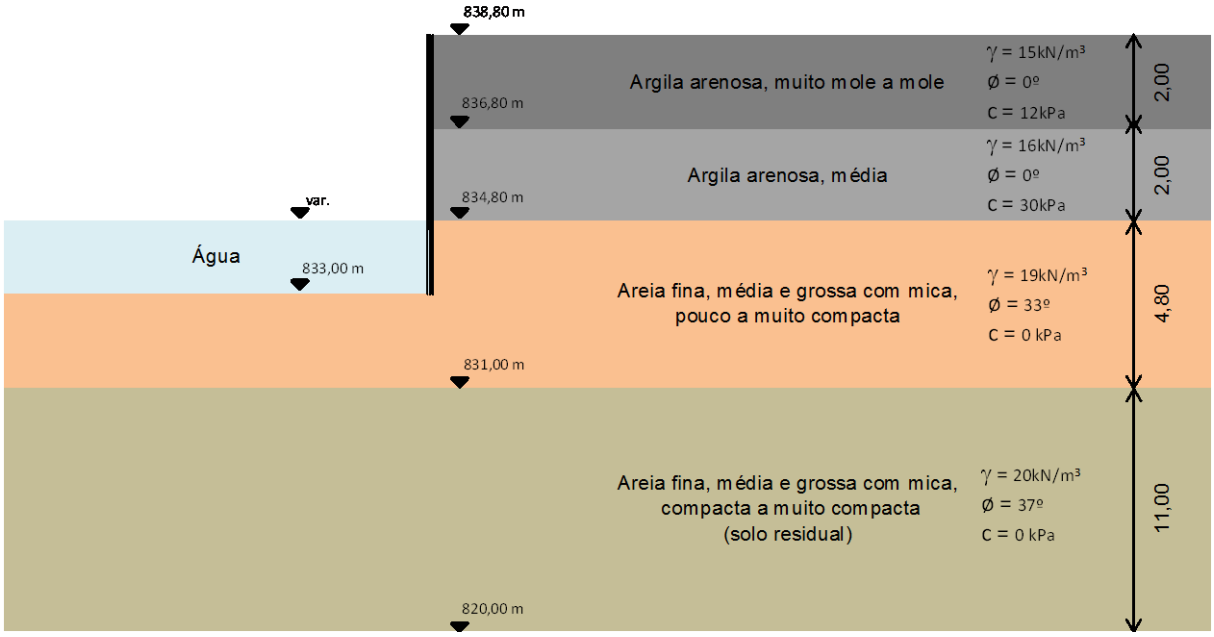


FIGURA 1
SONDAGEM SP-78 - PERFIL GEOTÉCNICO DE CÁLCULO

3.2 Análises de Estabilidade Global

As análises de estabilidade foram efetuadas com o auxílio do programa SLOPE/W, a partir da metodologia desenvolvida por Morgerstern e Price.

A geometria das análises considerou as seguintes características para o trecho em questão, a saber:

- cota de coroamento da cortina: 838,80 m;
- cota de assentamento da cortina: 833,00 m;
- tirantes Dywidag ϕ38 mm e carga nominal de 45tf;
- comprimento livre dos tirantes: 12,00 m (tirante superior) e 8,00 m (tirante inferior);
- comprimento do bulbo de ancoragem: 8,00 m;
- espaçamento entre tirantes: 6,00 m (sentido longitudinal);
- sobrecarga: 10 kPa;
- instalação de drenagem atrás da cortina, conforme indicado no desenho nº INE06-RB-ET-PE-DE-009-R2.

Foram definidas as seguintes situações de projeto:

a) época de cheias:

- terreno: N.A. = 838,00 m
- canal: N.A. = 835,00 m

b) época de estiagem:

- terreno: N.A. = 835,00 m
- canal: N.A. = 833,50 m

Admitiu-se como fator de segurança mínimo o valor de F.S. = 1,5.

As saídas do programa SLOPE/W para cada uma das situações definidas acima estão apresentadas nas Figuras 2 e 3 a seguir.

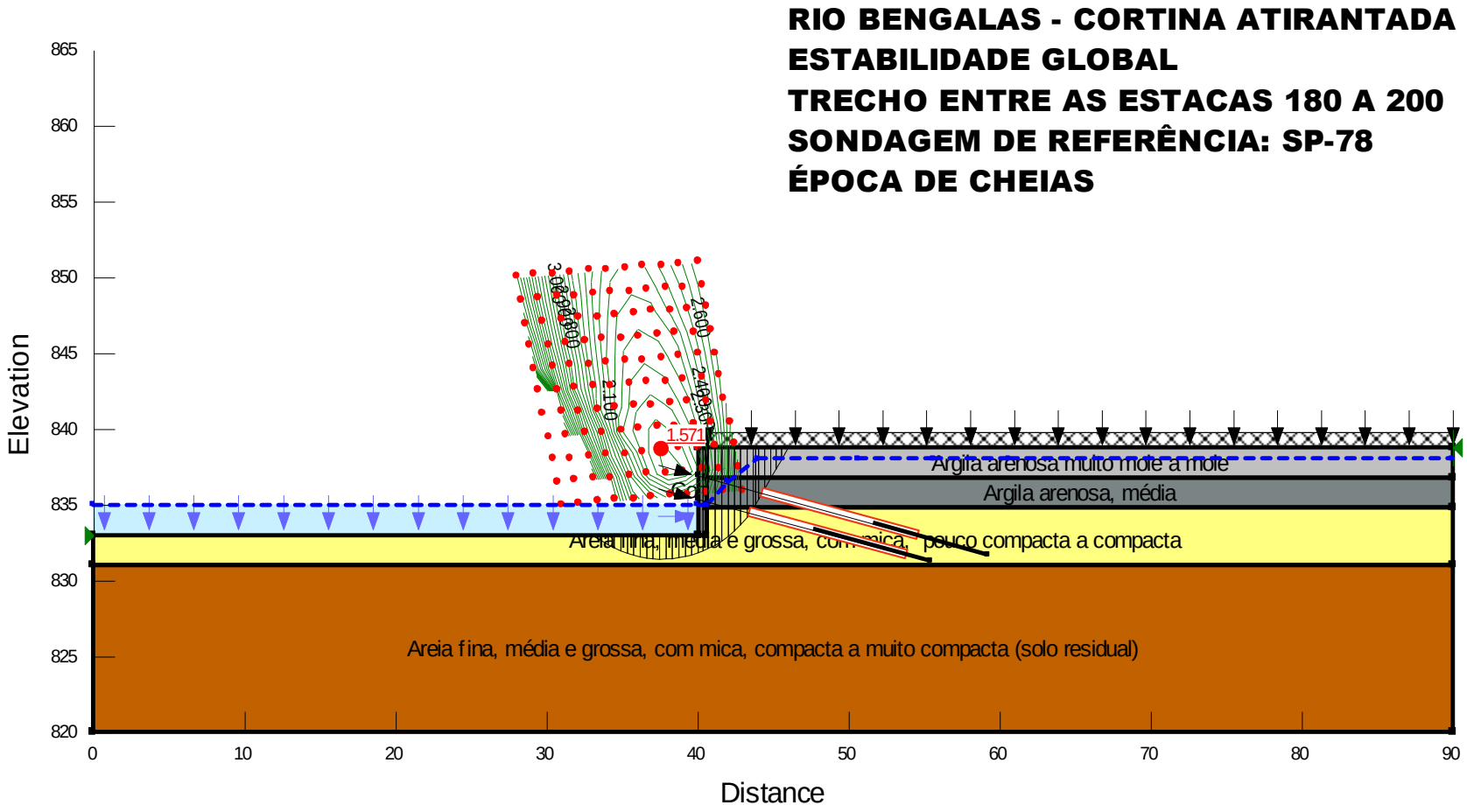


FIGURA 2 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE – ÉPOCA DE CHEIAS

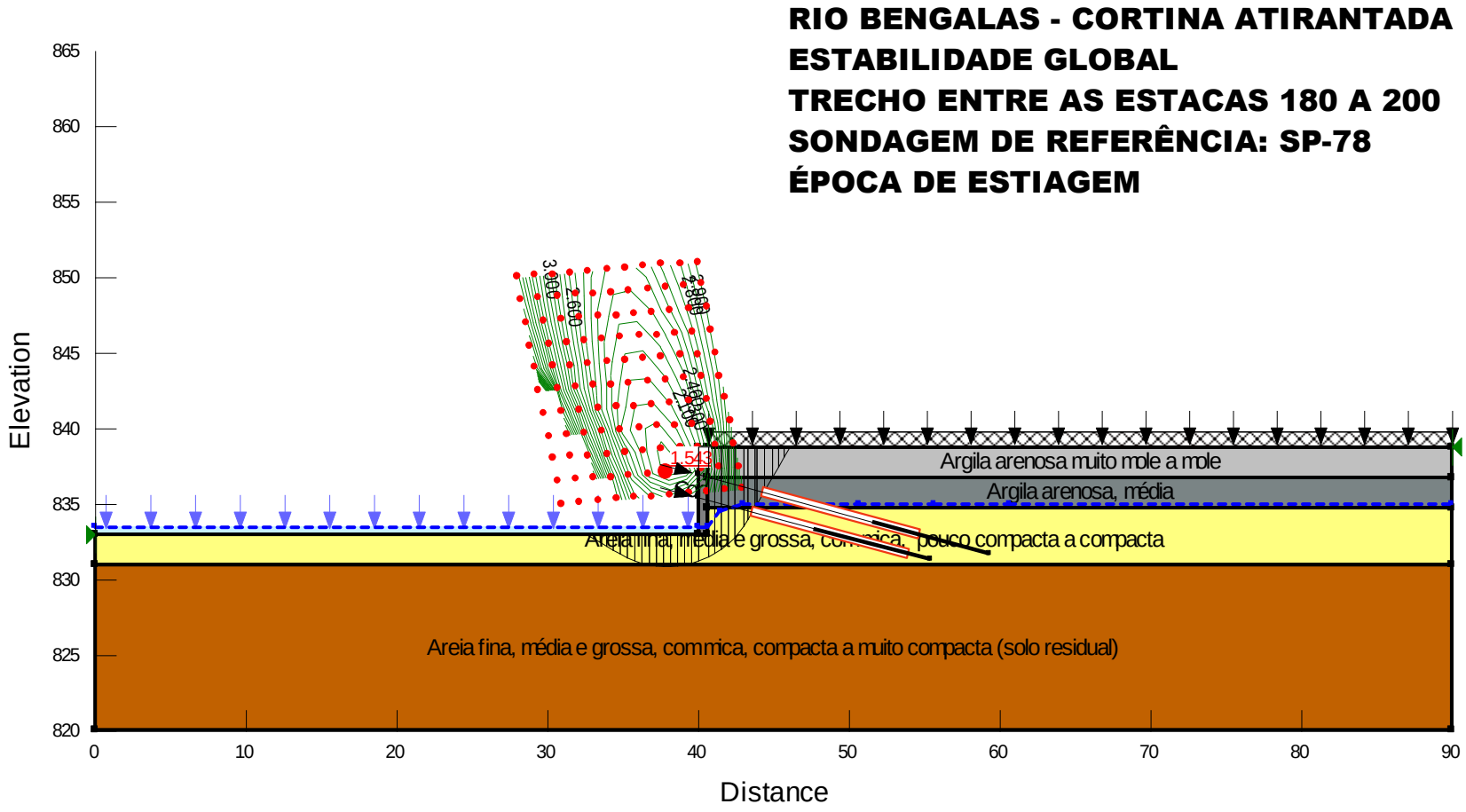


FIGURA 3 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE – ÉPOCA DE ESTIAGEM

O Quadro 1 a seguir apresenta o resumo dos resultados obtidos nas análises empreendidas. Constata-se que os fatores de segurança obtidos atendem aos critérios adotados.

QUADRO 1

RESUMO DAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE

CASO	FATOR DE SEGURANÇA
Época de cheia	1,571
Época de estiagem	1,543

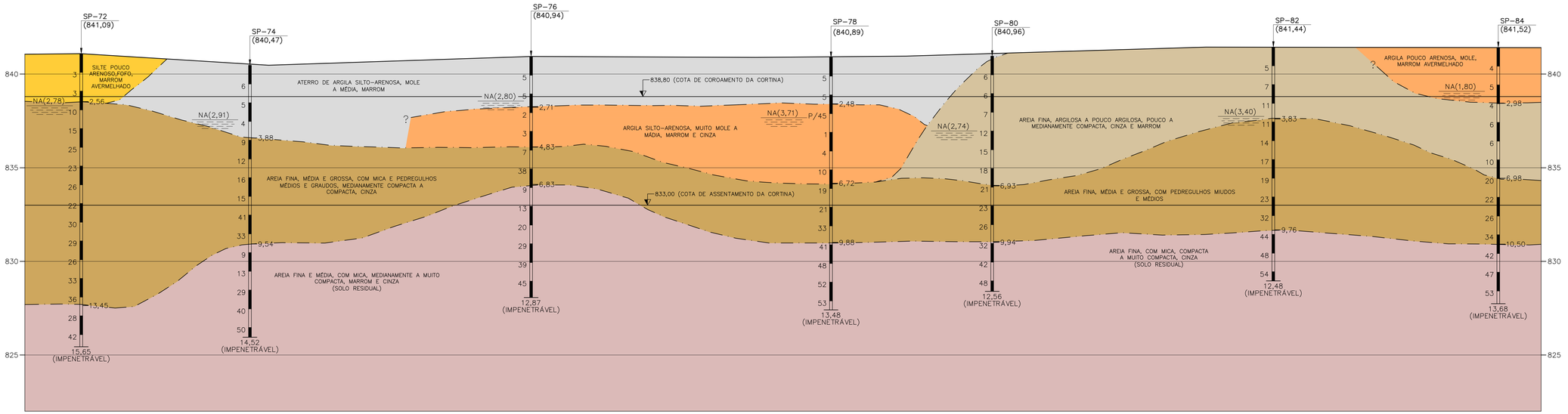
A estabilidade interna da cortina foi verificada pela Garambone Projetos e Consultoria Ltda.

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

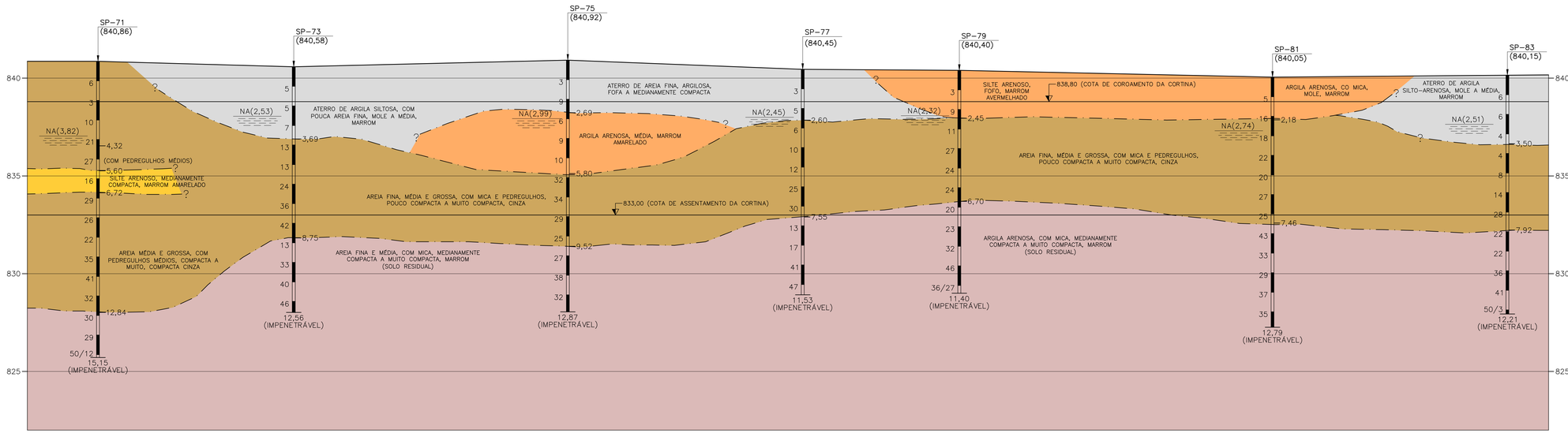
As análises aqui efetuadas demonstraram que o trecho contido entre as estacas 180 a 200 apresenta adequadas condições de estabilidade global considerando a execução de cortina atirantada com 5,80 m de altura, tendo em vista que as verificações para o perfil geotécnico com condições mais desfavoráveis resultaram em fatores de segurança compatíveis com as situações de projeto.

Vale ressaltar que a instalação de um eficiente sistema de drenagem é condição para a segurança da estrutura.

ANEXO

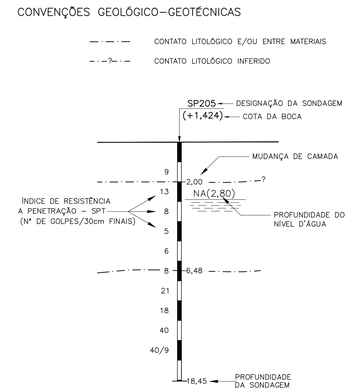


MARGEM DIREITA
ESC. V=1:100
H=1:500



MARGEM ESQUERDA
ESC. V=1:100
H=1:500

CONVENÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS



NOTAS:

1 – DIMENSÕES, ELEVAÇÕES E COORDENADAS EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO DE OUTRA FORMA.

DOCUMENTO DE REFERÊNCIA:

BOLETINS DE SONDAGEM – E99 A E272 (RIO BENGALAS)

2 0 2 4 6 8(m)
ESCALA ORIGINAL 1:100

10 0 10 20 30 40(m)
ESCALA ORIGINAL 1:500

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	VERIF.	APROV.
0	22/11/13	EMISSÃO INICIAL	YSM	NAFL

EMISSÃO		
DES.	CMS	22/11/13
PROJ.	YSM	22/11/13
VERIF.	YSM	22/11/13
APROV.	NAFL	22/11/13
ESCALAS	INDICADAS	

EMITENTE: CSE CONSULTORIA E ENGENHARIA

CLIENTE:

OBRA: RIO BENGALAS

TÍTULO: PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO ENTRE AS ESTACAS 180 A 200

Nº EMITENTE	Nº CLIENTE	REVISÃO
CSE-013-BEN-GT-005-DE		0

CONSULTORIA E ENGENHARIA

RIO BENGALAS

CORTINA ATIRANTADA

TRECHO ENTRE AS ESTACAS 200 A 220

ESTABILIDADE GLOBAL

MEMÓRIA DE CÁLCULO

CSE-013-BEN-GT-006-MC R0

Novembro/2013

SUMÁRIO

ITEM **Pág.**

1. INTRODUÇÃO 02

2. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DO LOCAL 03

3. ANÁLISES DE ESTABILIDADE 05

3.1 PERFIL GEOTÉCNICO DE CÁLCULO 05

3.2 ANÁLISES DE ESTABILIDADE GLOBAL 06

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS 10

ANEXO 11

Desenho CSE-013-BEN-GT-006-DE – "Rio Bengalas - Perfil Geológico-Geotécnico entre as Estacas 200 e 220"

1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta a memória de cálculo elaborada para a verificação da estabilidade global da cortina atirantada a ser construída nas duas margens do rio Bengalas, no município de Nova Friburgo, no estado do Rio de Janeiro, no trecho contido entre as estacas 200 e 220.

A cortina projetada, apresentada no desenho nº INE06-RB-ET-PE-DE-009-R2 - "*Cortina Atirantada – Módulo Típico (Placa de 2,75 m) – Formas – Rio Bengala*", tem seu topo na cota 838,80 m e altura de 5,80 m, aproximadamente. O dimensionamento efetuado pela Garambone Projetos e Consultoria Ltda levou à adoção de dois níveis de tirantes Dywidag, com diâmetro de 38 mm, carga nominal de 45 tf, espaçados de cerca de 6,00 m e comprimento livre de 12,00 m (nível superior) e 8,00 m (nível inferior).

2. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DO LOCAL

No trecho em questão foram executadas/disponibilizadas 13 sondagens a percussão, sendo sete na margem direita (SP-86, SP-88, SP-90, SP-92, SP-94, SP-96 e SP-98) e seis na margem esquerda (SP-85, SP-87, SP-89, SP-91, SP-93 e SP-95), cujos boletins individuais e localização são apresentados no relatório "Boletins de Sondagem: E99 a E272". Observe-se que essas sondagens foram realizadas em abril/2013, ou seja, praticamente ao término da época de cheias.

No ANEXO encontra-se o perfil geológico-geotécnico do trecho, extraído das referidas sondagens.

As investigações evidenciaram a presença de uma camada superficial de aterro de argila arenosa/silto arenosa e/ou silte argiloso, de consistência mole a média, sobrejacente a uma camada de areia fina, média e grossa, com mica e pedregulhos, pouco compacta a muito compacta, cinza, seguida por camada de solo residual, constituído de areia fina a média, de compacidade crescente com a profundidade, variando tipicamente de medianamente a muito compacta. As sondagens foram paralisadas quando atingiram o "impenetrável à percussão".

A profundidade do nível d'água variou de 2,5 m a 3,9 m abaixo do nível do terreno, aproximadamente entre as cotas 838,0 m e 837,0 m.

Na margem direita, a camada de aterro possui espessura típica de 2,00 m a 5,00 m e número de golpes (N_{SPT}) variando tipicamente entre 2 e 7. Na porção central deste trecho (entre as estacas 213 e 215 aproximadamente), há a ocorrência de cerca de 2,00m de espessura de argila silto-arenosa, de compacidade muito mole. Na sequência, a camada de areia predominantemente cinza varia entre 3,00 m e 8,00 m de espessura, com valores de N_{SPT} situados entre 6 a 44 golpes, apresentando pontualmente compacidade elevada. O estrato de solo residual apresentou N_{SPT} mínimo de 8 golpes e máximo de 56 golpes.

Na margem esquerda o aterro superficial tem espessura de cerca de 3,00 m, com N_{SPT} entre 3 e 7 golpes. Na sequência, a camada de areia cinza varia entre de 5,00 m a 6,00 m de espessura, com N_{SPT} médio de cerca de 17 golpes (variação entre 6 e 42). O solo residual subjacente apresentou valores de N_{SPT} superiores a 8 golpes e crescente rapidamente com a profundidade.

O nível do terreno em ambas as margens encontra-se aproximadamente entre as cotas 840,00 m e 841,80 m. A cota de coroamento da cortina foi projetada na cota 838,80 m e a mesma ficará assente predominantemente na camada de areia medianamente compacta a compacta subjacente ao aterro, podendo em alguns locais ficar assente na camada de solo residual.

3. ANÁLISES DE ESTABILIDADE

3.1 Perfil Geotécnico de Cálculo

A partir da análise do perfil geológico-geotécnico do trecho em questão, materializado no desenho apresentado no Anexo 1, pode-se constatar que a investigação que apresenta pior condição para a estabilidade global da cortina é a representada pela sondagem SP-94, executada na margem direita.

Assim, as análises aqui empreendidas serão baseadas nas condições geológico-geotécnicas da sondagem SP-94, admitindo-se, *ipso facto*, que as demais situações referentes ao trecho analisado apresentam fatores de segurança mais elevados.

A partir dos valores de N_{SPT} das sondagens, verificaram-se na literatura especializada algumas correlações existentes entre N_{SPT} e parâmetros geotécnicos (ver, por exemplo, *Schnaid, F., "Ensaios de Campo e suas Aplicações à Engenharia de Fundações", São Paulo – Ed. Oficina de Textos, 2000*) e com base na experiência da Projetista e do conhecimento das características dos solos da região, foram adotados os parâmetros geotécnicos indicados na Figura 1 a seguir para o perfil de cálculo elaborado a partir da sondagem SP-94, que representa de forma conservadora os parâmetros esperados *in situ*.

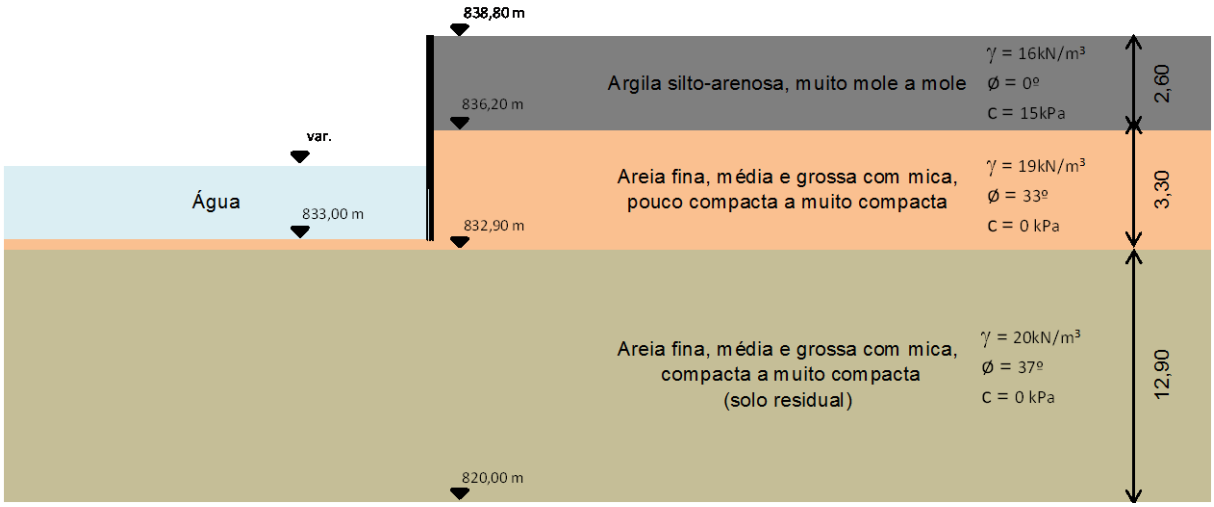


FIGURA 1
SONDAGEM SP-94 - PERFIL GEOTÉCNICO DE CÁLCULO

3.2 Análises de Estabilidade Global

As análises de estabilidade foram efetuadas com o auxílio do programa SLOPE/W, a partir da metodologia desenvolvida por Morgerstern e Price.

A geometria das análises considerou as seguintes características para o trecho em questão, a saber:

- cota de coroamento da cortina: 838,80 m;
- cota de assentamento da cortina: 833,00 m;
- tirantes Dywidag ϕ38 mm e carga nominal de 45tf;
- comprimento livre dos tirantes: 12,00 m (tirante superior) e 8,00 m (tirante inferior);
- comprimento do bulbo de ancoragem: 8,00 m;
- espaçamento entre tirantes: 6,00 m (sentido longitudinal);
- sobrecarga: 10 kPa;
- instalação de drenagem atrás da cortina, conforme indicado no desenho nº INE06-RB-ET-PE-DE-009-R2.

Foram definidas as seguintes situações de projeto:

a) época de cheias:

- terreno: N.A. = 838,00 m
- canal: N.A. = 835,00 m

b) época de estiagem:

- terreno: N.A. = 835,00 m
- canal: N.A. = 833,50 m

Admitiu-se como fator de segurança mínimo o valor de F.S. = 1,5.

As saídas do programa SLOPE/W para cada uma das situações definidas acima estão apresentadas nas Figuras 2 e 3 a seguir.

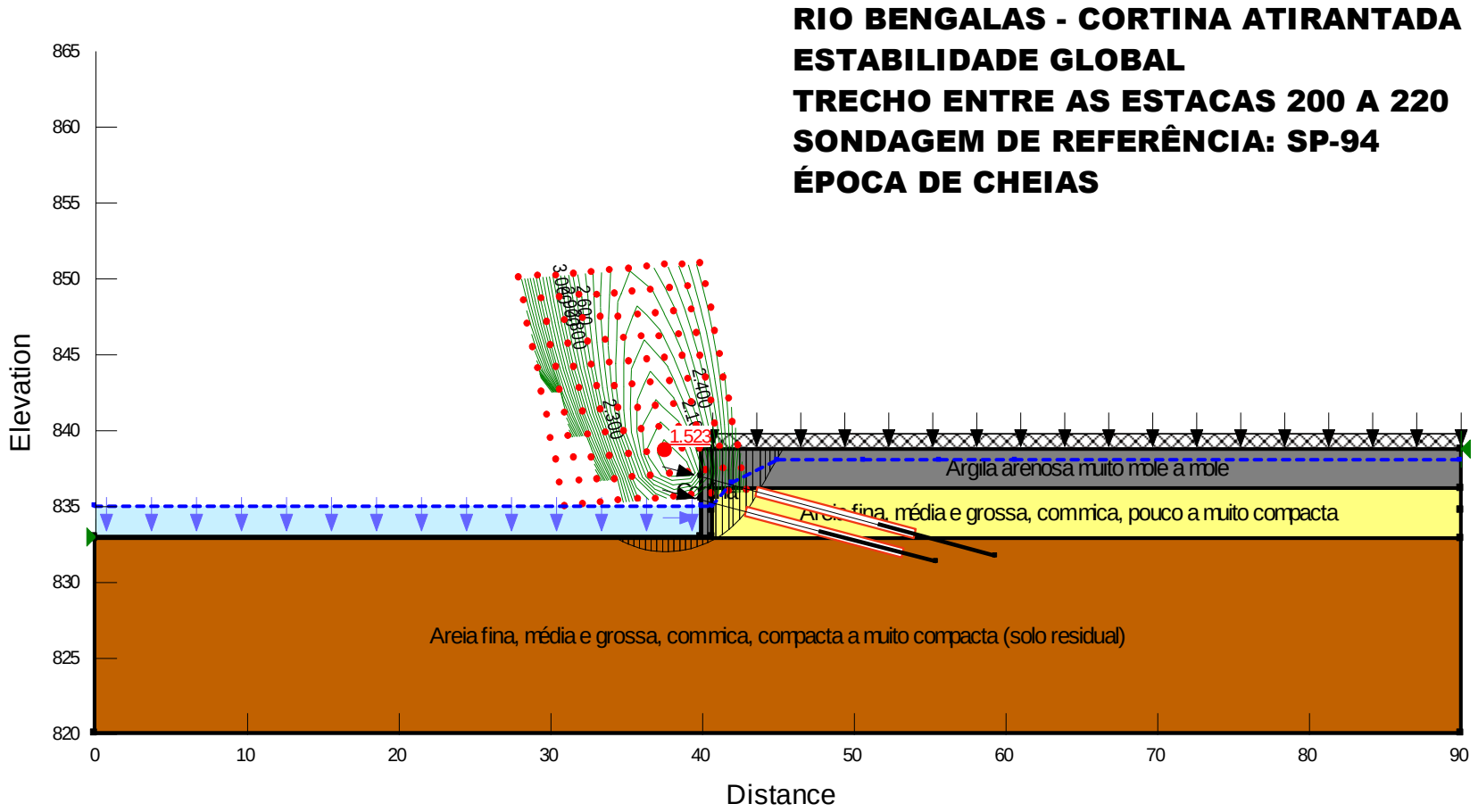


FIGURA 2 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE – ÉPOCA DE CHEIAS

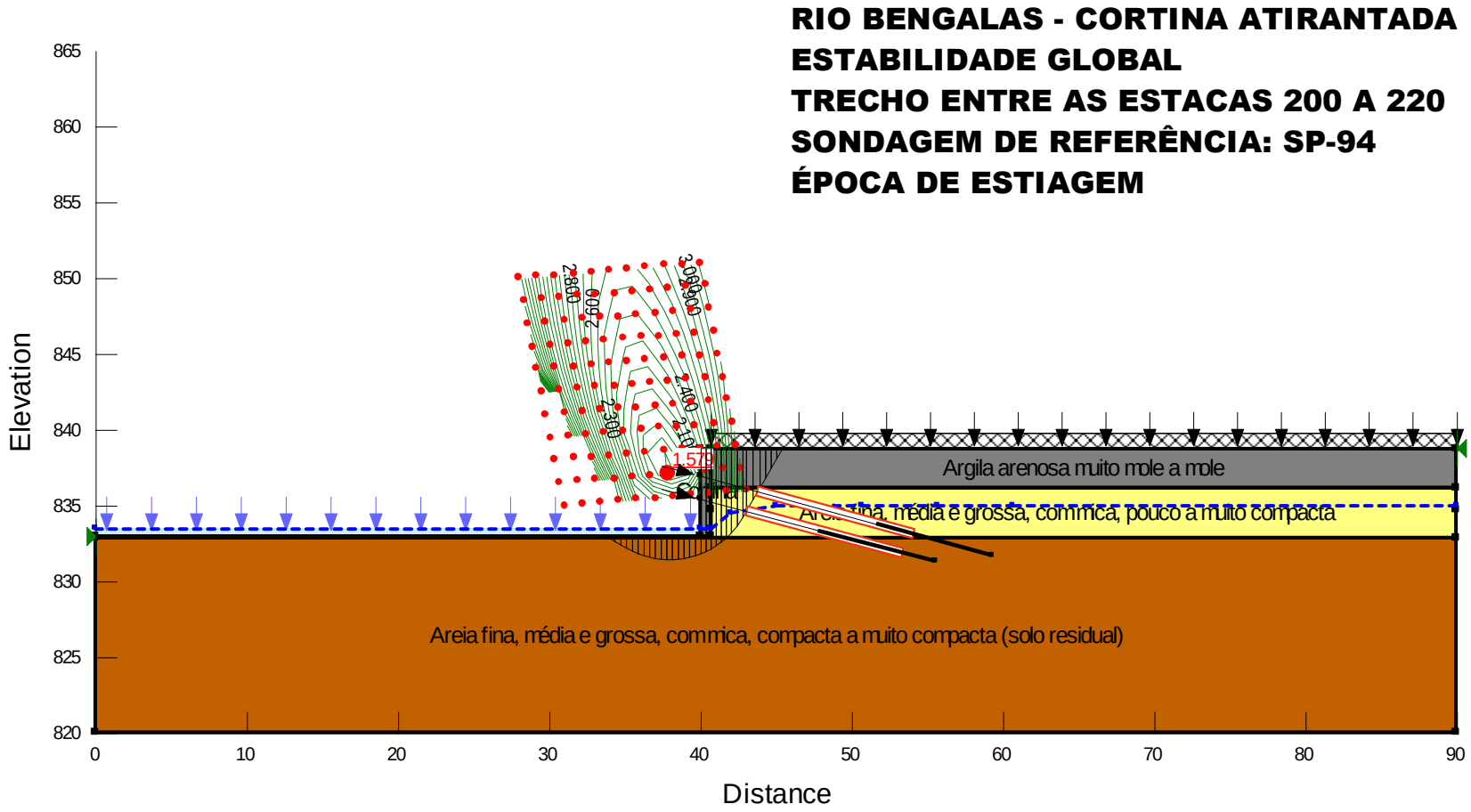


FIGURA 3 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE – ÉPOCA DE ESTIAGEM

O Quadro 1 a seguir apresenta o resumo dos resultados obtidos nas análises empreendidas. Constata-se que os fatores de segurança obtidos atendem aos critérios adotados.

QUADRO 1

RESUMO DAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE

CASO	FATOR DE SEGURANÇA
Época de cheia	1,523
Época de estiagem	1,579

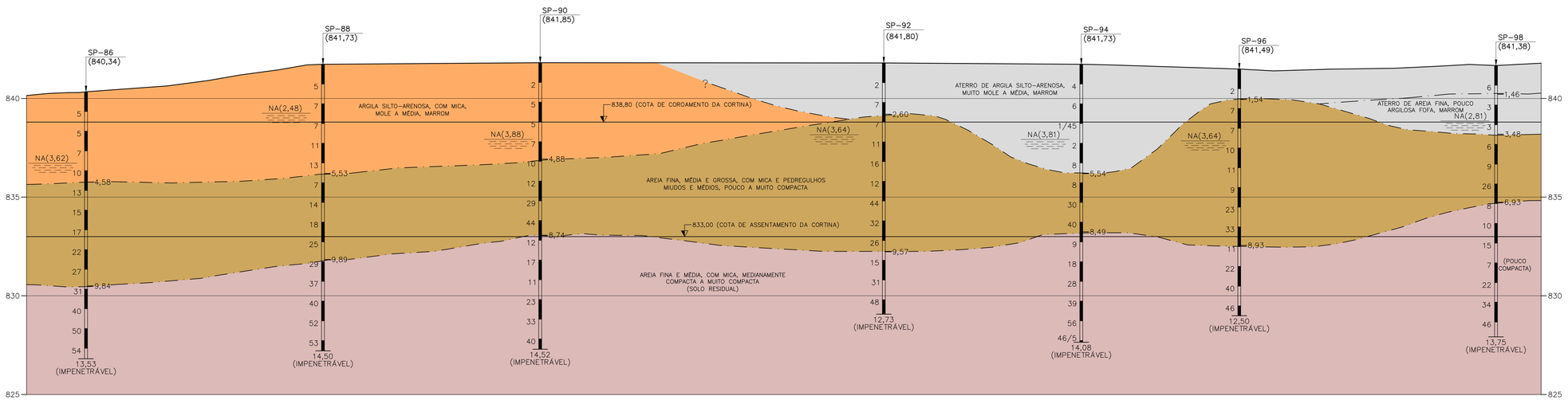
A estabilidade interna da cortina foi verificada pela Garambone Projetos e Consultoria Ltda.

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

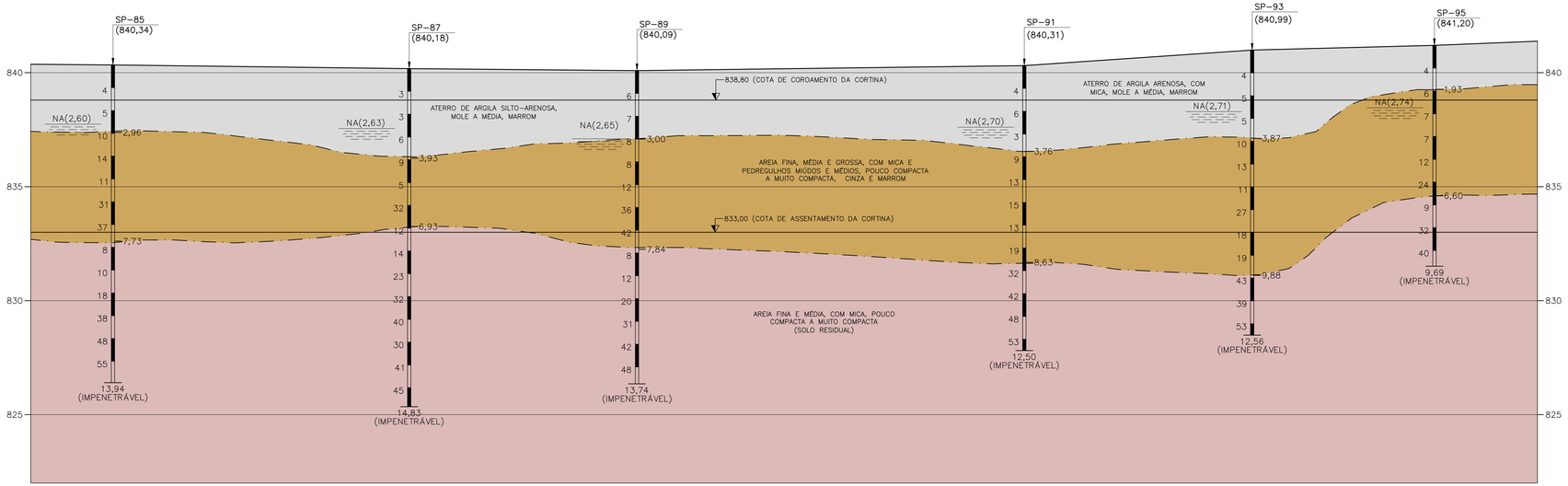
As análises aqui efetuadas demonstraram que o trecho contido entre as estacas 200 a 220 apresenta adequadas condições de estabilidade global considerando a execução de cortina atirantada com 5,80 m de altura, tendo em vista que as verificações para o perfil geotécnico com condições mais desfavoráveis resultaram em fatores de segurança compatíveis com as situações de projeto.

Vale ressaltar que a instalação de um eficiente sistema de drenagem é condição para a segurança da estrutura.

ANEXO



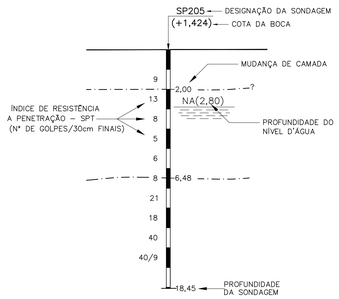
MARGEM DIREITA
ESC. V=1:100
H=1:500



MARGEM ESQUERDA
ESC. V=1:100
H=1:500

CONVENÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

- CONTATO LITOLÓGICO E/OU ENTRE MATERIAIS
- CONTATO LITOLÓGICO INFERIDO



NOTAS:

1 – DIMENSÕES, ELEVAÇÕES E COORDENADAS EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO DE OUTRA FORMA.

DOCUMENTO DE REFERÊNCIA:

BOLETINS DE SONDAGEM – E99 A E272 (RIO BENGALAS)

2 0 2 4 6 8(m)
ESCALA ORIGINAL 1:100

10 0 10 20 30 40(m)
ESCALA ORIGINAL 1:500

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	VERIF.	APROV.
0	22/11/13	EMISSÃO INICIAL	YSM	NAFL

EMISSÃO		
DES.	CMS	22/11/13
PROJ.	YSM	22/11/13
VERIF.	YSM	22/11/13
APROV.	NAFL	22/11/13
ESCALAS	INDICADAS	

EMITENTE: CSE CONSULTORIA E ENGENHARIA

CLIENTE

OBRA: RIO BENGALAS

TÍTULO: PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO ENTRE AS ESTACAS 200 A 220

Nº EMITENTE: CSE-013-BEN-GT-006-DE

Nº CLIENTE

REVISÃO: 0

CONSULTORIA E ENGENHARIA

RIO BENGALAS

CORTINA ATIRANTADA

TRECHO ENTRE AS ESTACAS 220 A 240

ESTABILIDADE GLOBAL

MEMÓRIA DE CÁLCULO

CSE-013-BEN-GT-007-MC R0

Dezembro/2013

SUMÁRIO

ITEM **Pág.**

1. INTRODUÇÃO 02

2. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DO LOCAL 03

3. ANÁLISES DE ESTABILIDADE 05

3.1 PERFIL GEOTÉCNICO DE CÁLCULO 05

3.2 ANÁLISES DE ESTABILIDADE GLOBAL 06

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS 10

ANEXO 11

Desenho CSE-013-BEN-GT-007-DE – "Rio Bengalas - Perfil Geológico-Geotécnico entre as Estacas 220 e 240"

1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta a memória de cálculo elaborada para a verificação da estabilidade global da cortina atirantada a ser construída nas duas margens do rio Bengalas, no município de Nova Friburgo, no estado do Rio de Janeiro, no trecho contido entre as estacas 220 e 240.

A cortina projetada, apresentada no desenho nº INE06-RB-ET-PE-DE-009-R2 - "*Cortina Atirantada – Módulo Típico (Placa de 2,75 m) – Formas – Rio Bengala*", tem seu topo na cota 838,80 m e altura de 5,80 m, aproximadamente. O dimensionamento efetuado pela Garambone Projetos e Consultoria Ltda levou à adoção de dois níveis de tirantes Dywidag, com diâmetro de 38 mm, carga nominal de 45 tf, espaçados de cerca de 6,00 m e comprimento livre de 12,00 m (nível superior) e 8,00 m (nível inferior).

2. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DO LOCAL

No trecho em questão foram executadas/disponibilizadas 10 sondagens a percussão, realizadas em maio/2013, sendo três na margem direita (SP-100, SP-110 e SP-112) e sete na margem esquerda (SP-99, SP-101, SP-103, SP-105, SP-107, SP-109 e SP-111), cujos boletins individuais e localização são apresentados no relatório "Boletins de Sondagem: E99 a E272". As sondagens SP-102, SP-104, SP-106 e SP-108, apesar de previstas para a margem direita, não foram executadas segundo informação da Garambone Projetos e Consultoria Ltda.

No ANEXO encontra-se o perfil geológico-geotécnico do trecho, extraído das referidas sondagens.

As investigações evidenciaram a presença de uma camada superficial de aterro de argila arenosa/silto arenosa e/ou silte argiloso, de consistência mole a média, ressaltando-se que pontualmente (SP-103 e SP-107) verificou-se a ocorrência de camada de areia fina em superfície. Subjacente a camada superficial ocorre uma camada de areia fina, média e grossa, com mica e pedregulhos, pouco compacta a muito compacta, cinza, seguida por camada de solo residual, constituído de areia fina a média, de compacidade crescente com a profundidade, variando tipicamente de medianamente a muito compacta. As sondagens foram paralisadas quando atingiram o "impenetrável à percussão".

A profundidade do nível d'água variou de 2,3 m a 3,3 m abaixo do nível do terreno, via de regra, entre as cotas 838,0 m e 837,0 m.

Na margem direita a análise da estratigrafia ficou prejudicada em função do baixo número de sondagens executadas. Já na margem esquerda a camada superficial de aterro e/ou areia fina possui espessura típica de 2,00 m a 4,00 m e número de golpes (N_{SPT}) variando entre 3 e 7. Em alguns locais deste trecho (entre as estacas 221 e 226 aproximadamente e nas vizinhanças da estaca 237), há a ocorrência de cerca de 1,00 m a 3,00 m de espessura de argila silto-arenosa, de compacidade muito mole. Na sequência, a camada de areia predominantemente cinza varia entre 3,00 m e 8,00 m de espessura, com valores de N_{SPT} situados entre 5 a 37 golpes, apresentando pontualmente compacidade elevada. O estrato de solo residual apresentou N_{SPT} mínimo de 7 golpes e máximo de 57 golpes.

O nível do terreno em ambas as margens encontra-se aproximadamente entre as cotas 840 m e 842 m. A cota de coroamento da cortina foi projetada na cota 838,80 m. Para a margem esquerda a cortina ficará assente predominantemente na camada de areia medianamente compacta a compacta subjacente ao aterro, podendo em alguns locais ficar assente na camada de solo residual, sendo que para a margem direita, apesar o baixo número de sondagens, há indícios de que o assentamento da estrutura se dará em sua maioria na camada de solo residual.

3. ANÁLISES DE ESTABILIDADE

3.1 Perfil Geotécnico de Cálculo

A partir da análise do perfil geológico-geotécnico do trecho em questão, materializado no desenho apresentado no Anexo 1, pode-se constatar que a região que apresenta pior condição para a estabilidade global da cortina é a representada pela extensão situada entre as sondagens SP-99 e SP-101, executadas na margem esquerda.

Assim, as análises aqui empreendidas serão baseadas nas condições geológico-geotécnicas mostradas por estas duas sondagens, admitindo-se, *ipso facto*, que as demais situações referentes ao trecho analisado apresentam fatores de segurança mais elevados.

A partir dos valores de N_{SPT} das sondagens, verificaram-se na literatura especializada algumas correlações existentes entre N_{SPT} e parâmetros geotécnicos (ver, por exemplo, *Schnaid, F., "Ensaios de Campo e suas Aplicações à Engenharia de Fundações", São Paulo – Ed. Oficina de Textos, 2000*) e com base na experiência da Projetista e do conhecimento das características dos solos da região, foram adotados os parâmetros geotécnicos indicados na Figura 1 a seguir para o perfil de cálculo elaborado a partir das sondagens SP-99 e SP-101, que representa de forma conservadora os parâmetros esperados *in situ*.

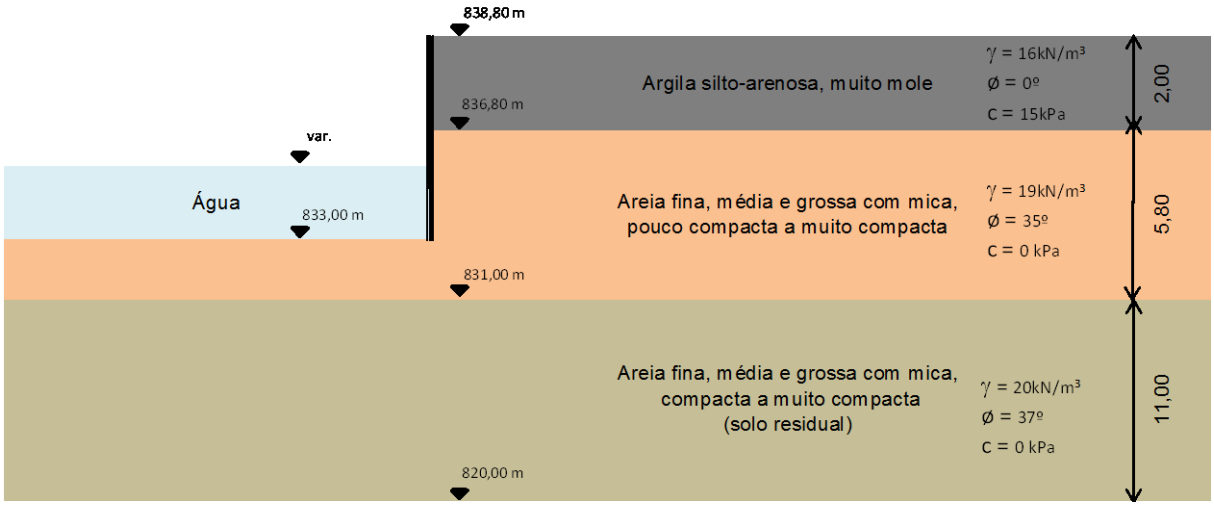


FIGURA 1
SONDAGENS SP-99 e SP-101 - PERFIL GEOTÉCNICO DE CÁLCULO

3.2 Análises de Estabilidade Global

As análises de estabilidade foram efetuadas com o auxílio do programa SLOPE/W, a partir da metodologia desenvolvida por Morgerstern e Price.

A geometria das análises considerou as seguintes características para o trecho em questão, a saber:

- cota de coroamento da cortina: 838,80 m;
- cota de assentamento da cortina: 833,00 m;
- tirantes Dywidag ϕ38 mm e carga nominal de 45tf;
- comprimento livre dos tirantes: 12,00 m (tirante superior) e 8,00 m (tirante inferior);
- comprimento do bulbo de ancoragem: 8,00 m;
- espaçamento entre tirantes: 6,00 m (sentido longitudinal);
- sobrecarga: 10 kPa;
- instalação de drenagem atrás da cortina, conforme indicado no desenho nº INE06-RB-ET-PE-DE-009-R2.

Foram definidas as seguintes situações de projeto:

a) época de cheias:

- terreno: N.A. = 838,00 m
- canal: N.A. = 835,00 m

b) época de estiagem:

- terreno: N.A. = 835,00 m
- canal: N.A. = 833,50 m

Admitiu-se como fator de segurança mínimo o valor de F.S. = 1,5.

As saídas do programa SLOPE/W para cada uma das situações definidas acima estão apresentadas nas Figuras 2 e 3 a seguir.

CSE Consultoria e Serviços de Engenharia Ltda.
Rua México, 31 - Sala 1401 - Centro - CEP 20031-144 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: (21) 2240-6758 / Fax.: (21) 2544-8662
E-mail: cse@csengenharia.com.br

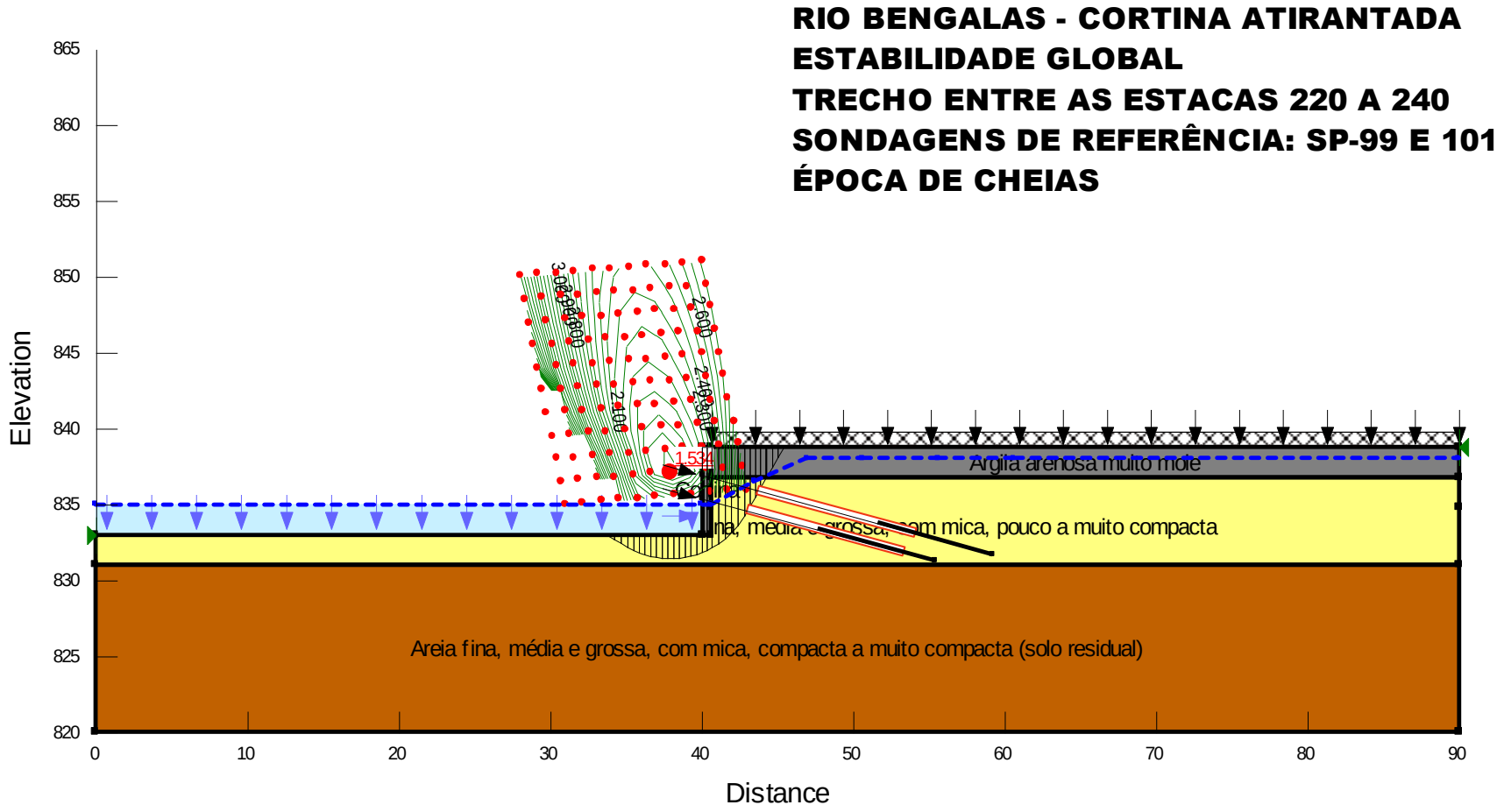


FIGURA 2 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE – ÉPOCA DE CHEIAS

CSE Consultoria e Serviços de Engenharia Ltda.
Rua México, 31 - Sala 1401 - Centro - CEP 20031-144 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: (21) 2240-6758 / Fax.: (21) 2544-8662
E-mail: cse@csengenharia.com.br

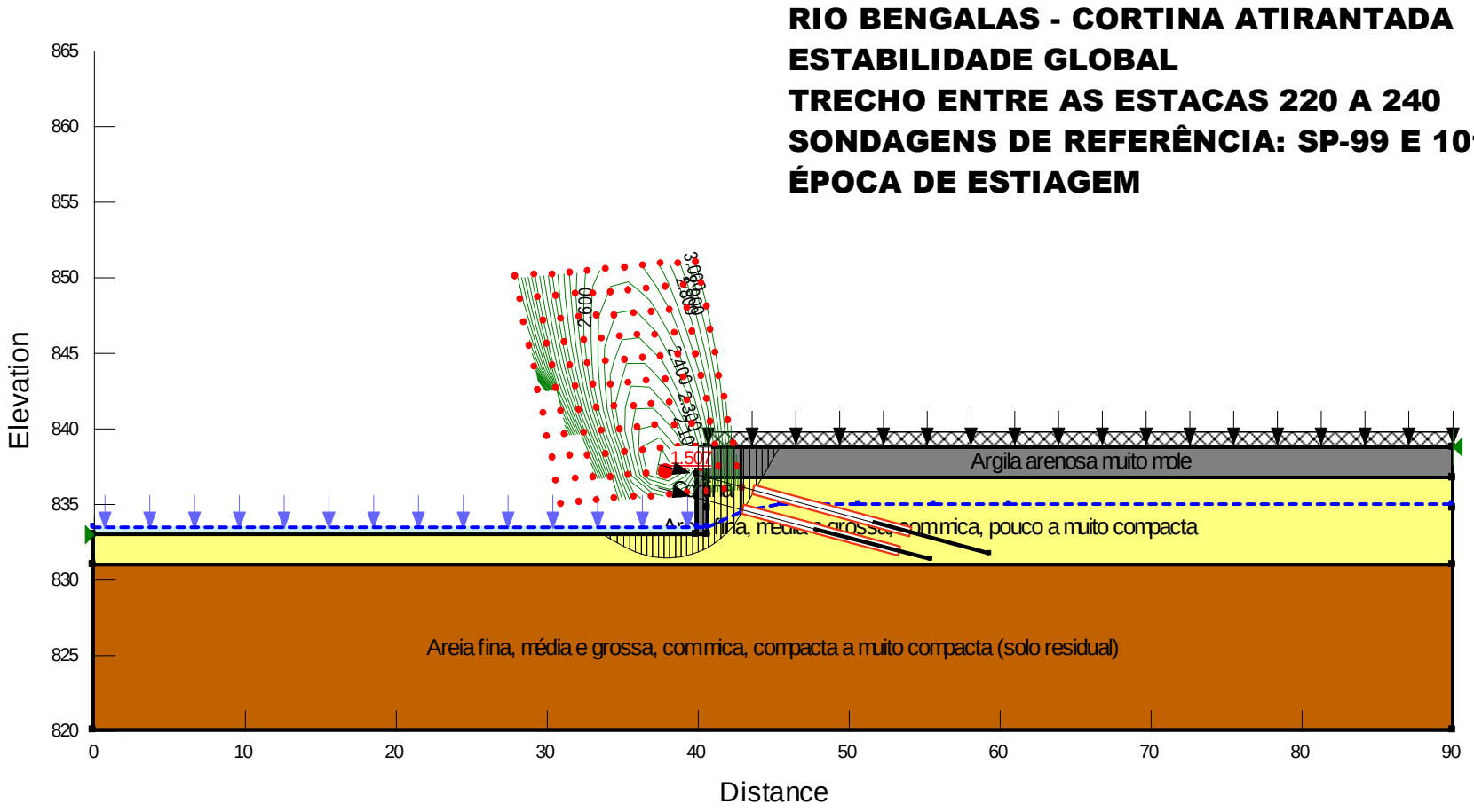


FIGURA 3 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE – ÉPOCA DE ESTIAGEM

O Quadro 1 a seguir apresenta o resumo dos resultados obtidos nas análises empreendidas. Constata-se que os fatores de segurança obtidos atendem aos critérios adotados.

QUADRO 1

RESUMO DAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE

CASO	FATOR DE SEGURANÇA
Época de cheia	1,534
Época de estiagem	1,507

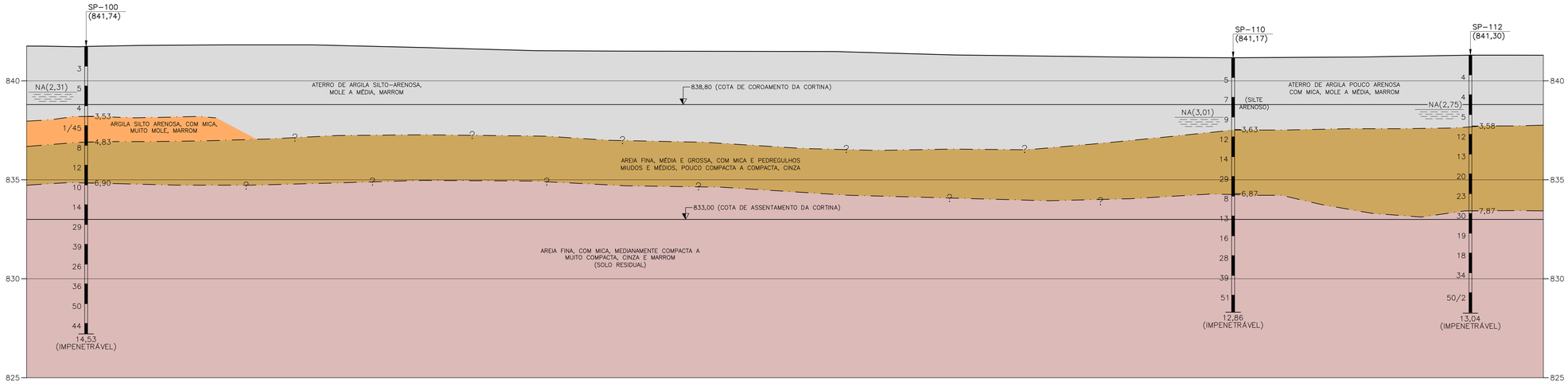
A estabilidade interna da cortina foi verificada pela Garambone Projetos e Consultoria Ltda.

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises aqui efetuadas demonstraram que o trecho contido entre as estacas 220 a 240 apresenta adequadas condições de estabilidade global considerando a execução de cortina atirantada com 5,80 m de altura, tendo em vista que as verificações para o perfil geotécnico com condições mais desfavoráveis resultaram em fatores de segurança compatíveis com as situações de projeto.

Vale ressaltar que a instalação de um eficiente sistema de drenagem é condição para a segurança da estrutura.

ANEXO

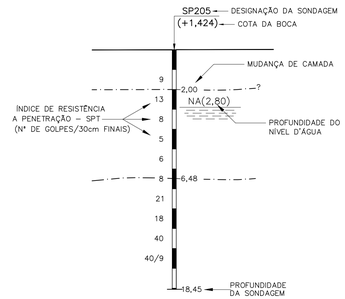


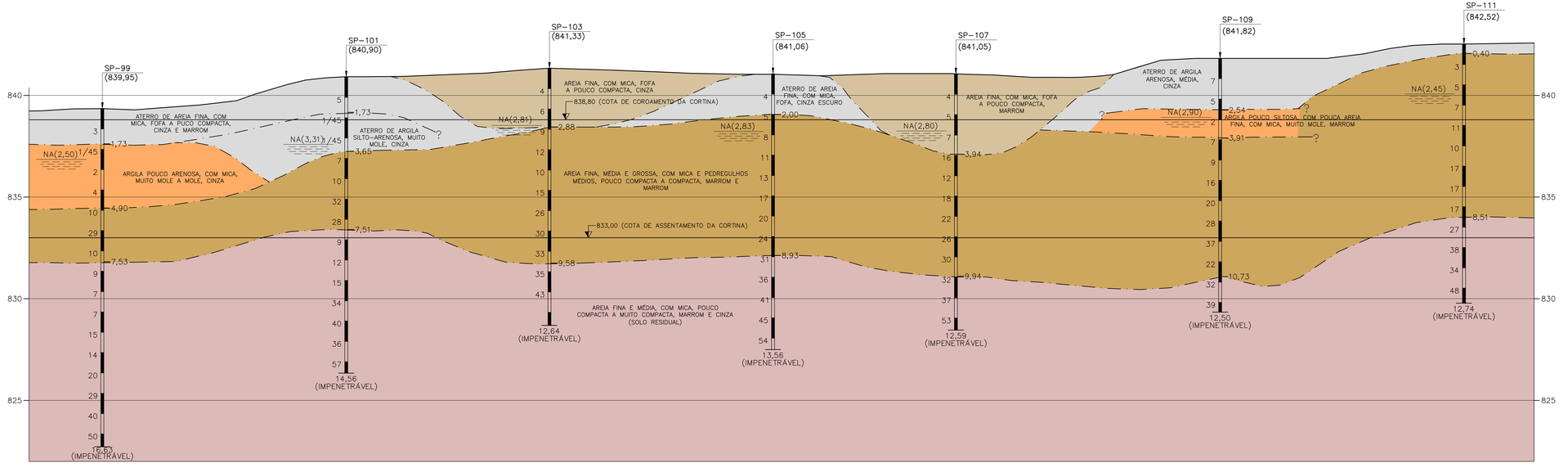
MARGEM DIREITA
ESC. V=1:100
H=1:500

CONVENÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

CONTATO LITOLÓGICO E/OU ENTRE MATERIAIS

CONTATO LITOLÓGICO INFERIDO





MARGEM ESQUERDA
ESC. V=1:100
H=1:500

NOTAS:

1 – DIMENSÕES, ELEVAÇÕES E COORDENADAS EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO DE OUTRA FORMA.

2 – AS SONDAGENS SP-102, SP-104, SP-106 E SP-108 NÃO FORAM EXECUTADAS.

DOCUMENTO DE REFERÊNCIA:

BOLETINS DE SONDAGEM – E99 A E272 (RIO BENGALAS)

2 0 2 4 6 8(m)
ESCALA ORIGINAL 1:100

10 0 10 20 30 40(m)
ESCALA ORIGINAL 1:500

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	VERIF.	APROV.
0	02/12/13	EMISSÃO INICIAL	YSM	NAFL

EMISSÃO		
DES.	CMS	02/12/13
PROJ.	YSM	02/12/13
VERIF.	YSM	02/12/13
APROV.	NAFL	02/12/13
ESCALAS	INDICADAS	

EMITENTE: CSE CONSULTORIA E ENGENHARIA

CLIENTE:

OBRA: RIO BENGALAS

TÍTULO: PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO ENTRE AS ESTACAS 220 A 240

Nº EMITENTE: CSE-013-BEN-GT-007-DE

Nº CLIENTE:

REVISÃO: 0

CONSULTORIA E ENGENHARIA

RIO BENGALAS

CORTINA ATIRANTADA

TRECHO ENTRE AS ESTACAS 240 A 260

ESTABILIDADE GLOBAL

MEMÓRIA DE CÁLCULO

CSE-013-BEN-GT-008-MC R0

Dezembro/2013

SUMÁRIO

ITEM **Pág.**

1. INTRODUÇÃO 02

2. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DO LOCAL 03

3. ANÁLISES DE ESTABILIDADE 05

3.1 PERFIL GEOTÉCNICO DE CÁLCULO 05

3.2 ANÁLISES DE ESTABILIDADE GLOBAL 06

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS 10

ANEXO 11

Desenho CSE-013-BEN-GT-008-DE – "Rio Bengalas - Perfil Geológico-Geotécnico entre as Estacas 240 e 260"

1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta a memória de cálculo elaborada para a verificação da estabilidade global da cortina atirantada a ser construída nas duas margens do rio Bengalas, no município de Nova Friburgo, no estado do Rio de Janeiro, no trecho contido entre as estacas 240 e 260.

A cortina projetada, apresentada no desenho nº INE06-RB-ET-PE-DE-009-R2 - "*Cortina Atirantada – Módulo Típico (Placa de 2,75 m) – Formas – Rio Bengala*", tem seu topo na cota 838,80 m e altura de 5,80 m, aproximadamente. O dimensionamento efetuado pela Garambone Projetos e Consultoria Ltda levou à adoção de dois níveis de tirantes Dywidag, com diâmetro de 38 mm, carga nominal de 45 tf, espaçados de cerca de 6,00 m e comprimento livre de 12,00 m (nível superior) e 8,00 m (nível inferior).

2. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DO LOCAL

No trecho em questão foram executadas/disponibilizadas 9 sondagens a percussão, realizadas em maio/2013, sendo cinco na margem direita (SP-114, SP-118, SP-120, SP-122 e SP-124) e quatro na margem esquerda (SP-113, SP-119, SP-121 e SP-123), cujos boletins individuais e localização são apresentados no relatório "Boletins de Sondagem: E99 a E272". As sondagens SP-115 e SP-117, apesar de previstas para a margem esquerda, não foram executadas segundo informação da Garambone Projetos e Consultoria Ltda.

No ANEXO encontra-se o perfil geológico-geotécnico do trecho, extraído das referidas sondagens.

As investigações evidenciaram a presença de uma camada superficial de aterro de argila arenosa/silto arenosa e/ou silte argiloso, de consistência mole a média, ressaltando-se que pontualmente (SP-113, SP-114 e SP-122) verificou-se a ocorrência de camada de areia fina em superfície. Subjacente à camada superficial ocorre uma camada de areia fina, média e grossa, com mica e pedregulhos, pouco compacta a muito compacta, cinza, seguida por camada de solo residual, constituído de areia fina a média, de compacidade crescente com a profundidade, variando tipicamente de medianamente a muito compacta. As sondagens foram paralisadas quando atingiram o "impenetrável à percussão".

A profundidade do nível d'água variou de 1,8 m a 3,3 m abaixo do nível do terreno, via de regra, entre as cotas 839,0 m e 838,0 m.

Na margem direita, a camada de aterro possui espessura de 2,00 m a 4,00 m e número de golpes (N_{SPT}) variando tipicamente entre 4 e 8. Na porção central deste trecho (próximo à estaca 252 aproximadamente), há a ocorrência de cerca de 1,00m de espessura de argila silto-arenosa, de compacidade muito mole. Na sequência, a camada de areia predominantemente cinza varia entre 5,00 m e 8,00 m de espessura, com valores de N_{SPT} situados entre 5 a 38 golpes, apresentando pontualmente compacidade elevada. O estrato de solo residual apresentou N_{SPT} mínimo de 8 golpes e máximo de 53 golpes.

Na margem esquerda o aterro superficial tem espessura de cerca de 2,00 m, com N_{SPT} entre 2 e 6 golpes. Na sequência, a camada de areia cinza varia entre de 3,00 m a 7,00 m de espessura, com N_{SPT} médio de cerca de 14 golpes (variação entre 5 e

33). O solo residual subjacente apresentou valores de N_{SPT} superiores a 22 golpes e crescente com a profundidade.

O nível do terreno em ambas as margens encontra-se aproximadamente entre as cotas 840,50 m e 842,50 m. A cota de coroamento da cortina foi projetada na cota 838,80 m e a mesma ficará assente tipicamente próxima à cota limite entre a camada de areia medianamente compacta a compacta subjacente ao aterro e a camada de solo residual.

3. ANÁLISES DE ESTABILIDADE

3.1 Perfil Geotécnico de Cálculo

A partir da análise do perfil geológico-geotécnico do trecho em questão, materializado no desenho apresentado no Anexo 1, pode-se constatar que a região que apresenta pior condição para a estabilidade global da cortina é a representada pela sondagem SP-120, executada na margem direita.

Assim, as análises aqui empreendidas serão baseadas nas condições geológico-geotécnicas mostradas por esta sondagem, admitindo-se, *ipso facto*, que as demais situações referentes ao trecho analisado apresentam fatores de segurança mais elevados.

A partir dos valores de N_{SPT} das sondagens, verificaram-se na literatura especializada algumas correlações existentes entre N_{SPT} e parâmetros geotécnicos (ver, por exemplo, *Schnaid, F., "Ensaios de Campo e suas Aplicações à Engenharia de Fundações", São Paulo – Ed. Oficina de Textos, 2000*) e com base na experiência da Projetista e do conhecimento das características dos solos da região, foram adotados os parâmetros geotécnicos indicados na Figura 1 a seguir para o perfil de cálculo elaborado a partir da sondagem SP-120, que representa de forma conservadora os parâmetros esperados *in situ*.

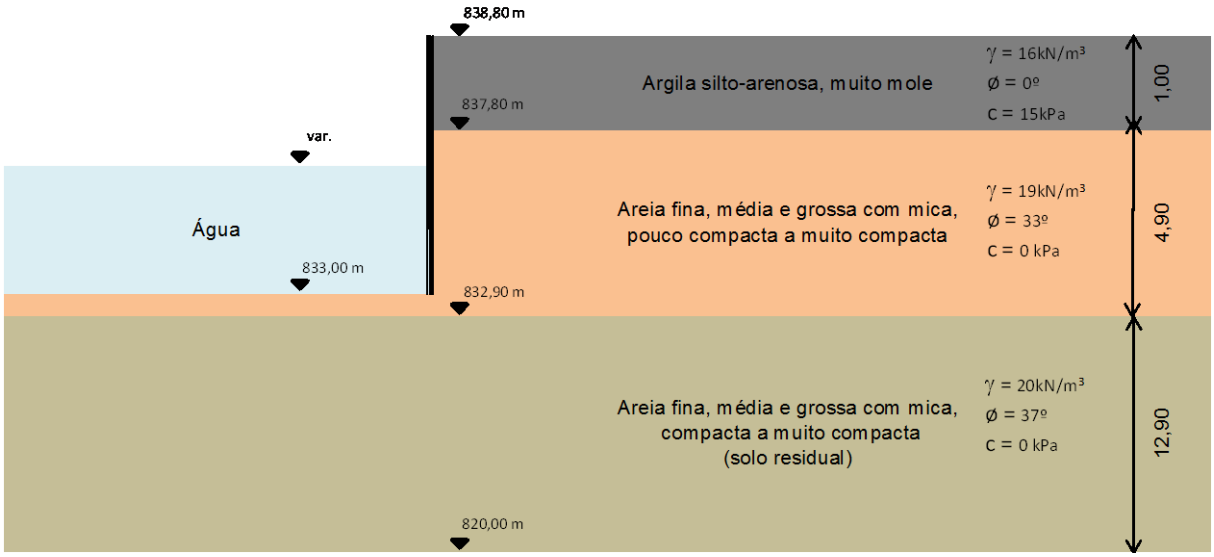


FIGURA 1
SONDAGEM SP-120 - PERFIL GEOTÉCNICO DE CÁLCULO

3.2 Análises de Estabilidade Global

As análises de estabilidade foram efetuadas com o auxílio do programa SLOPE/W, a partir da metodologia desenvolvida por Morgerstern e Price.

A geometria das análises considerou as seguintes características para o trecho em questão, a saber:

- cota de coroamento da cortina: 838,80 m;
- cota de assentamento da cortina: 833,00 m;
- tirantes Dywidag ϕ38 mm e carga nominal de 45tf;
- comprimento livre dos tirantes: 12,00 m (tirante superior) e 8,00 m (tirante inferior);
- comprimento do bulbo de ancoragem: 8,00 m;
- espaçamento entre tirantes: 6,00 m (sentido longitudinal);
- sobrecarga: 10 kPa;
- instalação de drenagem atrás da cortina, conforme indicado no desenho nº INE06-RB-ET-PE-DE-009-R2.

Foram definidas as seguintes situações de projeto:

a) época de cheias:

- terreno: N.A. = 838,50 m
- canal: N.A. = 835,00 m

b) época de estiagem:

- terreno: N.A. = 835,00 m
- canal: N.A. = 833,50 m

Admitiu-se como fator de segurança mínimo o valor de F.S. = 1,5.

As saídas do programa SLOPE/W para cada uma das situações definidas acima estão apresentadas nas Figuras 2 e 3 a seguir.

CSE Consultoria e Serviços de Engenharia Ltda.
Rua México, 31 - Sala 1401 - Centro - CEP 20031-144 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: (21) 2240-6758 / Fax.: (21) 2544-8662
E-mail: cse@csengenharia.com.br

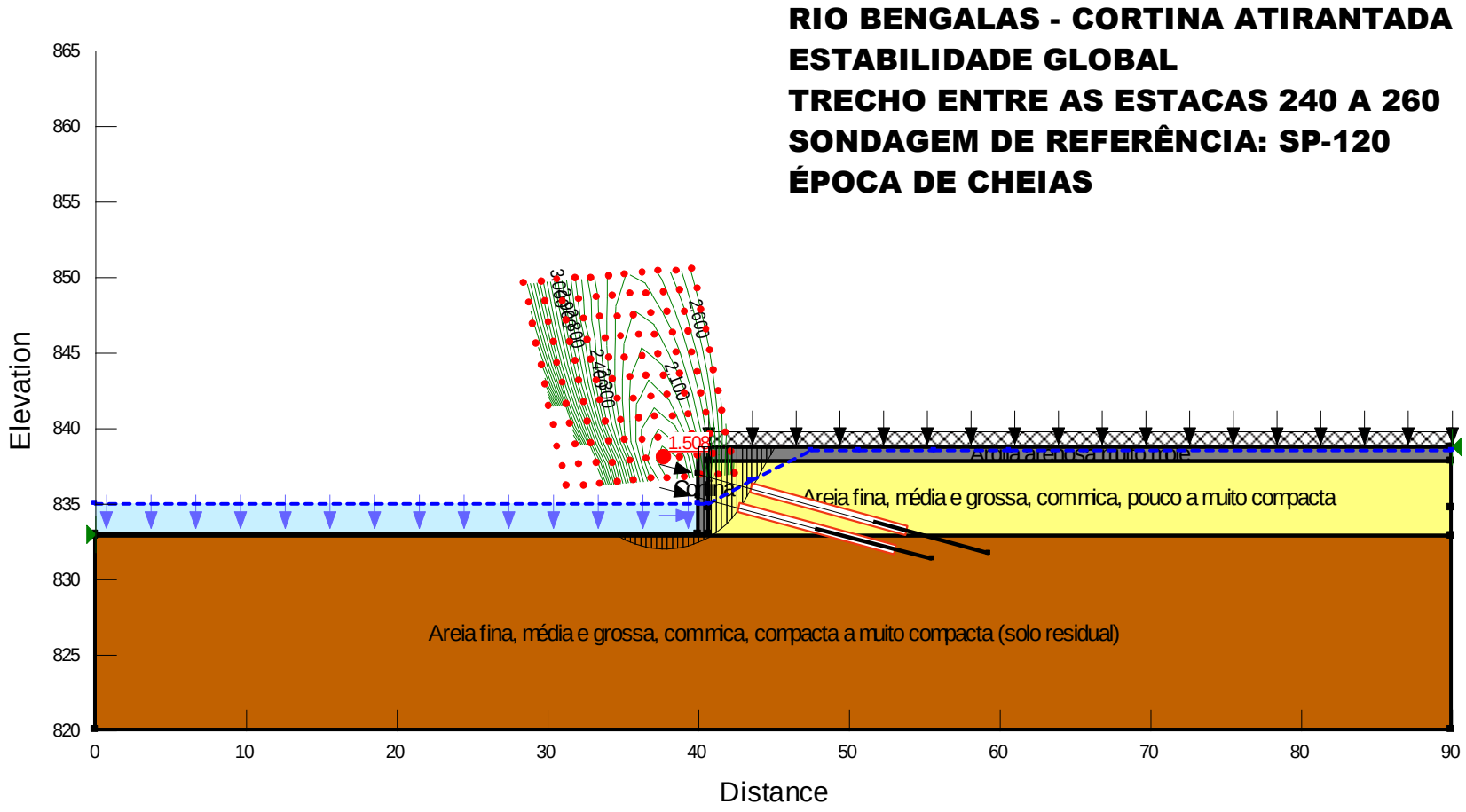


FIGURA 2 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE – ÉPOCA DE CHEIAS

CSE Consultoria e Serviços de Engenharia Ltda.
Rua México, 31 - Sala 1401 - Centro - CEP 20031-144 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: (21) 2240-6758 / Fax.: (21) 2544-8662
E-mail: cse@csengenharia.com.br

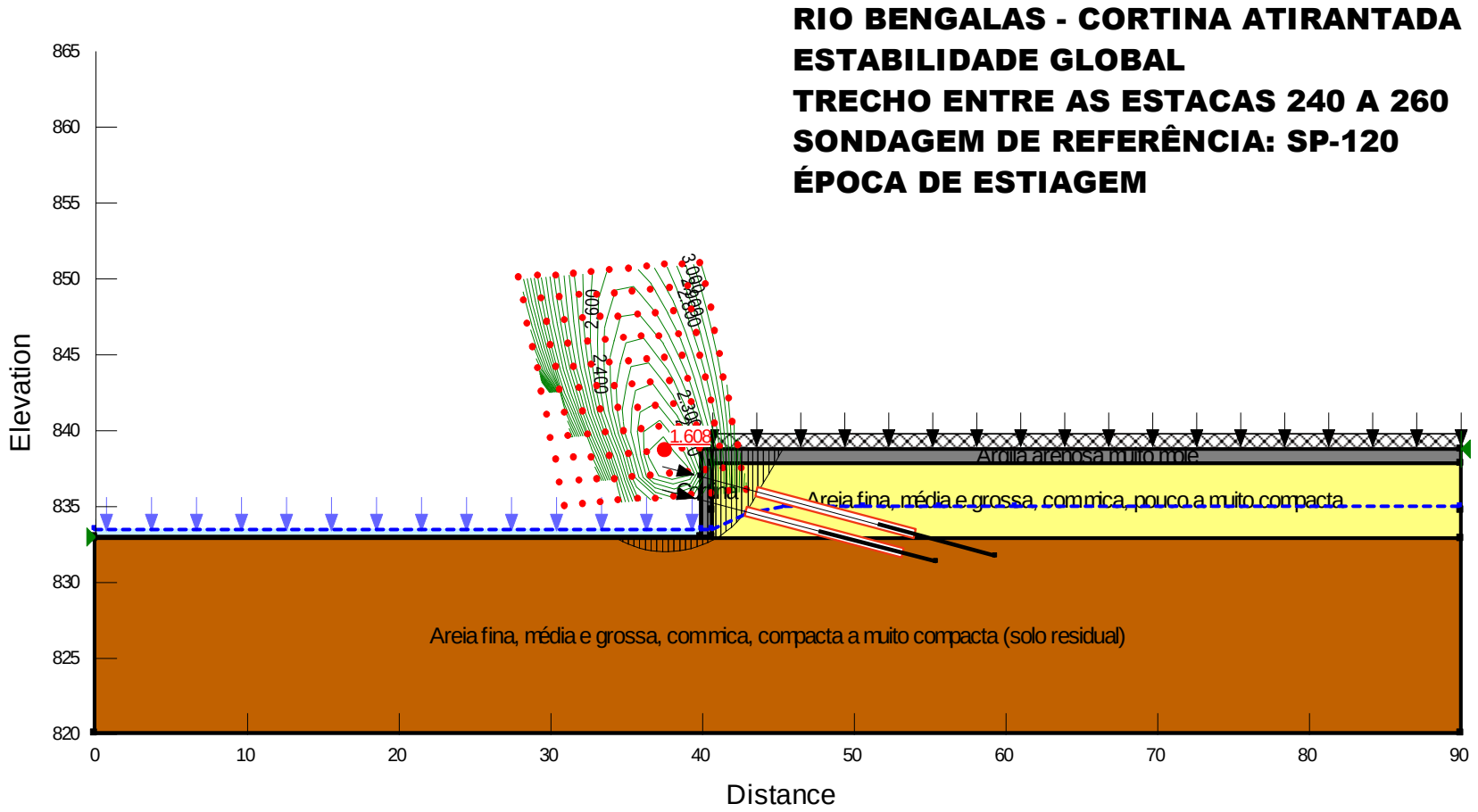


FIGURA 3 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE – ÉPOCA DE ESTIAGEM

O Quadro 1 a seguir apresenta o resumo dos resultados obtidos nas análises empreendidas. Constata-se que os fatores de segurança obtidos atendem aos critérios adotados.

QUADRO 1

RESUMO DAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE

CASO	FATOR DE SEGURANÇA
Época de cheia	1,508
Época de estiagem	1,608

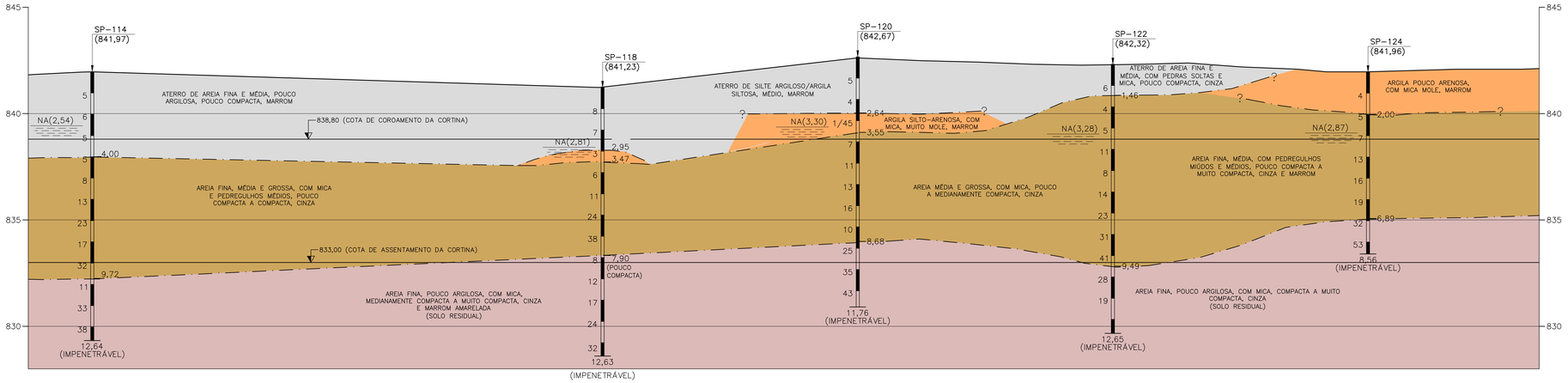
A estabilidade interna da cortina foi verificada pela Garambone Projetos e Consultoria Ltda.

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

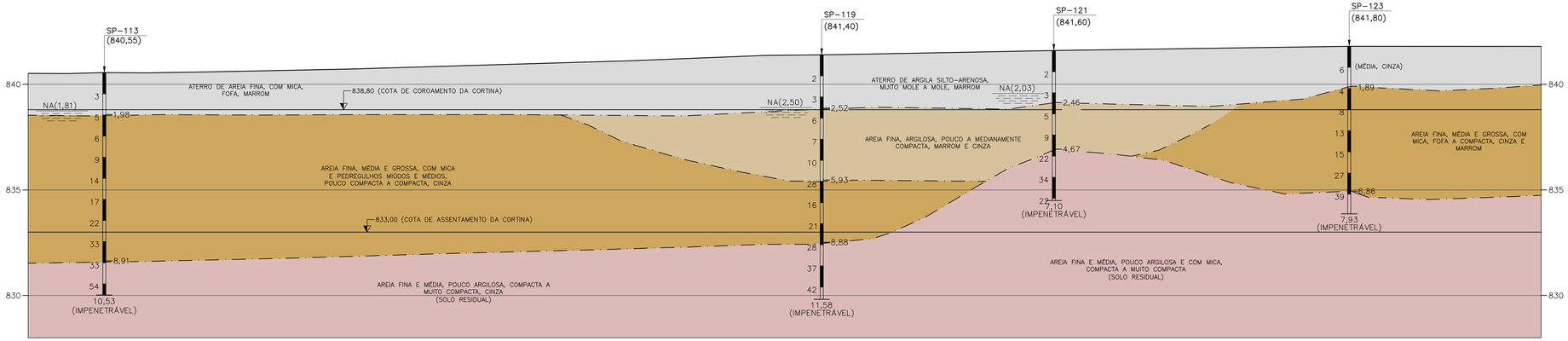
As análises aqui efetuadas demonstraram que o trecho contido entre as estacas 240 a 260 apresenta adequadas condições de estabilidade global considerando a execução de cortina atirantada com 5,80 m de altura, tendo em vista que as verificações para o perfil geotécnico com condições mais desfavoráveis resultaram em fatores de segurança compatíveis com as situações de projeto.

Vale ressaltar que a instalação de um eficiente sistema de drenagem é condição para a segurança da estrutura.

ANEXO



MARGEM DIREITA
ESC. V=1:100
H=1:500

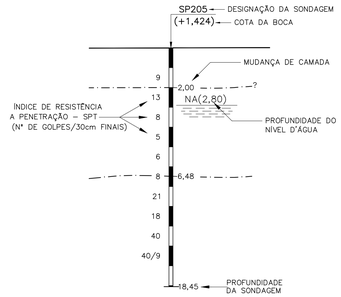


MARGEM ESQUERDA
ESC. V=1:100
H=1:500

CONVENÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

CONTATO LITOLÓGICO E/OU ENTRE MATERIAIS

CONTATO LITOLÓGICO INFERIDO



NOTAS:

1 – DIMENSÕES, ELEVAÇÕES E COORDENADAS EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO DE OUTRA FORMA.

2 – AS SONDAGENS SP-115 E SP-117 NÃO FORAM EXECUTADAS.

DOCUMENTO DE REFERÊNCIA:

BOLETINS DE SONDAGEM – E99 A E272 (RIO BENGALAS)

2 0 2 4 6 8(m)
ESCALA ORIGINAL 1:100

10 0 10 20 30 40(m)
ESCALA ORIGINAL 1:500

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	VERIF.	APROV.
0	02/12/13	EMISSÃO INICIAL	YSM	NAFL

EMISSÃO		
DES.	CMS	02/12/13
PROJ.	YSM	02/12/13
VERIF.	YSM	02/12/13
APROV.	NAFL	02/12/13
ESCALAS	INDICADAS	

EMITENTE: CSE CONSULTORIA E ENGENHARIA

CLIENTE

OBRA: RIO BENGALAS

TÍTULO: PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO ENTRE AS ESTACAS 240 A 260

Nº EMITENTE	Nº CLIENTE	REVISÃO
CSE-013-BEN-GT-008-DE		0

CONSULTORIA E ENGENHARIA

RIO BENGALAS

CORTINA ATIRANTADA

TRECHO ENTRE AS ESTACAS 260 A 275

ESTABILIDADE GLOBAL

MEMÓRIA DE CÁLCULO

CSE-013-BEN-GT-009-MC R0

Dezembro/2013

SUMÁRIO

ITEM **Pág.**

1. INTRODUÇÃO 02

2. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DO LOCAL 03

3. ANÁLISES DE ESTABILIDADE 05

3.1 PERFIL GEOTÉCNICO DE CÁLCULO 05

3.2 ANÁLISES DE ESTABILIDADE GLOBAL 06

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS 10

ANEXO 11

Desenho CSE-013-BEN-GT-009-DE – "Rio Bengalas - Perfil Geológico-Geotécnico entre as Estacas 260 e 275"

1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta a memória de cálculo elaborada para a verificação da estabilidade global da cortina atirantada a ser construída nas duas margens do rio Bengalas, no município de Nova Friburgo, no estado do Rio de Janeiro, no trecho contido entre as estacas 260 e 275.

A cortina projetada, apresentada no desenho nº INE06-RB-ET-PE-DE-009-R2 - "*Cortina Atirantada – Módulo Típico (Placa de 2,75 m) – Formas – Rio Bengala*", tem seu topo na cota 838,80 m e altura de 5,80 m, aproximadamente. O dimensionamento efetuado pela Garambone Projetos e Consultoria Ltda levou à adoção de dois níveis de tirantes Dywidag, com diâmetro de 38 mm, carga nominal de 45 tf, espaçados de cerca de 6,00 m e comprimento livre de 12,00 m (nível superior) e 8,00 m (nível inferior).

2. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DO LOCAL

No trecho em questão foram executadas 10 sondagens a percussão, sendo cinco na margem direita (SP-126, SP-128, SP-130, SP-132 e SP-134) e cinco na margem esquerda (SP-125, SP-127, SP-129, SP-131 e SP-133), cujos boletins individuais e localização são apresentados no relatório "Boletins de Sondagem: E99 a E272".

No ANEXO encontra-se o perfil geológico-geotécnico do trecho, extraído das referidas sondagens.

As investigações evidenciaram a presença de uma camada superficial predominantemente formada por argila arenosa, de consistência mole a média, sobrejacente a uma camada de areia fina, média e grossa, com mica, pouco compacta a compacta, cinza, seguida por camada de solo residual, constituído de areia fina, média e grossa, de compacidade crescente com a profundidade, variando de compacta a muito compacta. As sondagens foram paralisadas quando atingiram o "impenetrável à percussão". Especificamente na região das sondagens SP-125 e 127, na margem esquerda, verificou-se superficialmente, ao invés da camada argilosa, a presença de camada definida como de aterro superficial de areia fina / silte argiloso.

A profundidade do nível d'água variou de 1,8 m a 2,8 m abaixo do nível do terreno, via de regra aproximadamente próximo à cota 839 m.

Na margem direita, a camada de argila arenosa possui espessura da ordem de 4,00 m e número de golpes (N_{SPT}) variando entre 4 e 9. Na camada subjacente de areia, com espessura variável entre cerca de 2,00 m e 5,00 m, os valores de N_{SPT} variaram de 7 a 40 golpes, apresentando apenas pontualmente compacidade elevada. O estrato de solo residual apresentou N_{SPT} mínimo de 18 golpes e máximo de 57 golpes.

Na margem esquerda a camada de argila arenosa também possui espessura da ordem de 4,00 m, com número de golpes (N_{SPT}) variando entre 4 e 8. Próximo à sondagem SP-129 verificou-se a existência de uma camada de argila silto-arenosa de cor cinza interposta entre a camada superficial e a camada de areia, com espessura de cerca de 3,00 m e N_{SPT} variando entre 4 e 5 golpes. A camada de areia subjacente varia de 2,00 m a 6,00 m, com N_{SPT} variando entre 7 e 31 golpes. O solo residual subjacente apresentou via de regra valores de N_{SPT} superiores a 30 golpes.

O nível do terreno em ambas as margens encontra-se em torno da cota 842,00 m. A cota de coroamento da cortina foi projetada na cota 838,80 m e ficará assente predominantemente na fronteira entre a camada de areia pouco compacta a compacta e a camada de solo residual.

3. ANÁLISES DE ESTABILIDADE

3.1 Perfil Geotécnico de Cálculo

A partir da análise do perfil geológico-geotécnico do trecho em questão, materializado no desenho apresentado no Anexo 1, pode-se constatar que a região que apresenta pior condição para a estabilidade global da cortina é a situada entre as sondagens SP-127 e SP-129, na margem esquerda.

Assim, as análises aqui empreendidas serão baseadas nas condições geológico-geotécnicas das sondagens SP-127 e SP-129, admitindo-se, *ipso facto*, que as demais situações referentes ao trecho analisado apresentam fatores de segurança mais elevados.

A partir dos valores de N_{SPT} das sondagens, verificaram-se na literatura especializada algumas correlações existentes entre N_{SPT} e parâmetros geotécnicos (ver, por exemplo, *Schnaid, F., "Ensaios de Campo e suas Aplicações à Engenharia de Fundações", São Paulo – Ed. Oficina de Textos, 2000*) e com base na experiência da Projetista e do conhecimento das características dos solos da região, foram adotados os parâmetros geotécnicos indicados na Figura 1 a seguir para o perfil de cálculo elaborado a partir das sondagens SP-127 e SP-129, que representa de forma conservadora os parâmetros esperados *in situ*.

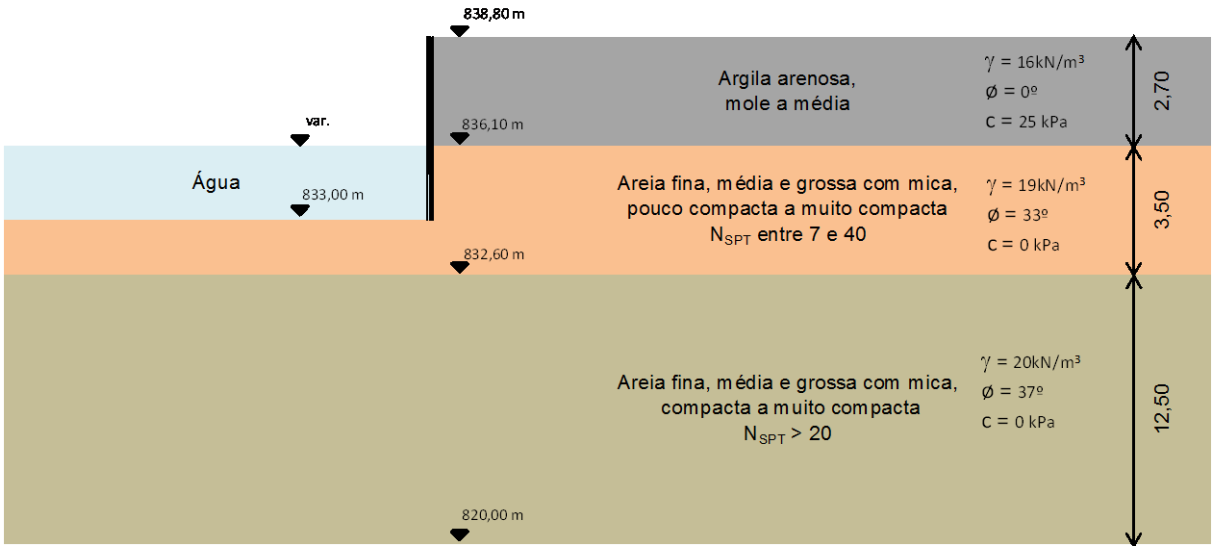


FIGURA 1
SONDAGENS SP-127 e SP-129 - PERFIL GEOTÉCNICO DE CÁLCULO

3.2 Análises de Estabilidade Global

As análises de estabilidade foram efetuadas com o auxílio do programa SLOPE/W, a partir da metodologia desenvolvida por Morgerstern e Price.

A geometria das análises considerou as seguintes características para o trecho em questão, a saber:

- cota de coroamento da cortina: 838,80 m;
- cota de assentamento da cortina: 833,00 m;
- tirantes Dywidag ϕ38 mm e carga nominal de 45tf;
- comprimento livre dos tirantes: 12,00 m (tirante superior) e 8,00 m (tirante inferior);
- comprimento do bulbo de ancoragem: 8,00 m;
- espaçamento entre tirantes: 6,00 m (sentido longitudinal);
- sobrecarga: 10 kPa;
- instalação de drenagem atrás da cortina, conforme indicado no desenho nº INE06-RB-ET-PE-DE-009-R2.

Foram definidas as seguintes situações de projeto:

a) época de cheias:

- terreno: N.A. = 838,50 m
- canal: N.A. = 835,00 m

b) época de estiagem:

- terreno: N.A. = 835,00 m
- canal: N.A. = 833,50 m

Admitiu-se como fator de segurança mínimo o valor de F.S. = 1,5.

As saídas do programa SLOPE/W para cada uma das situações definidas acima estão apresentadas nas Figuras 2 e 3 a seguir.

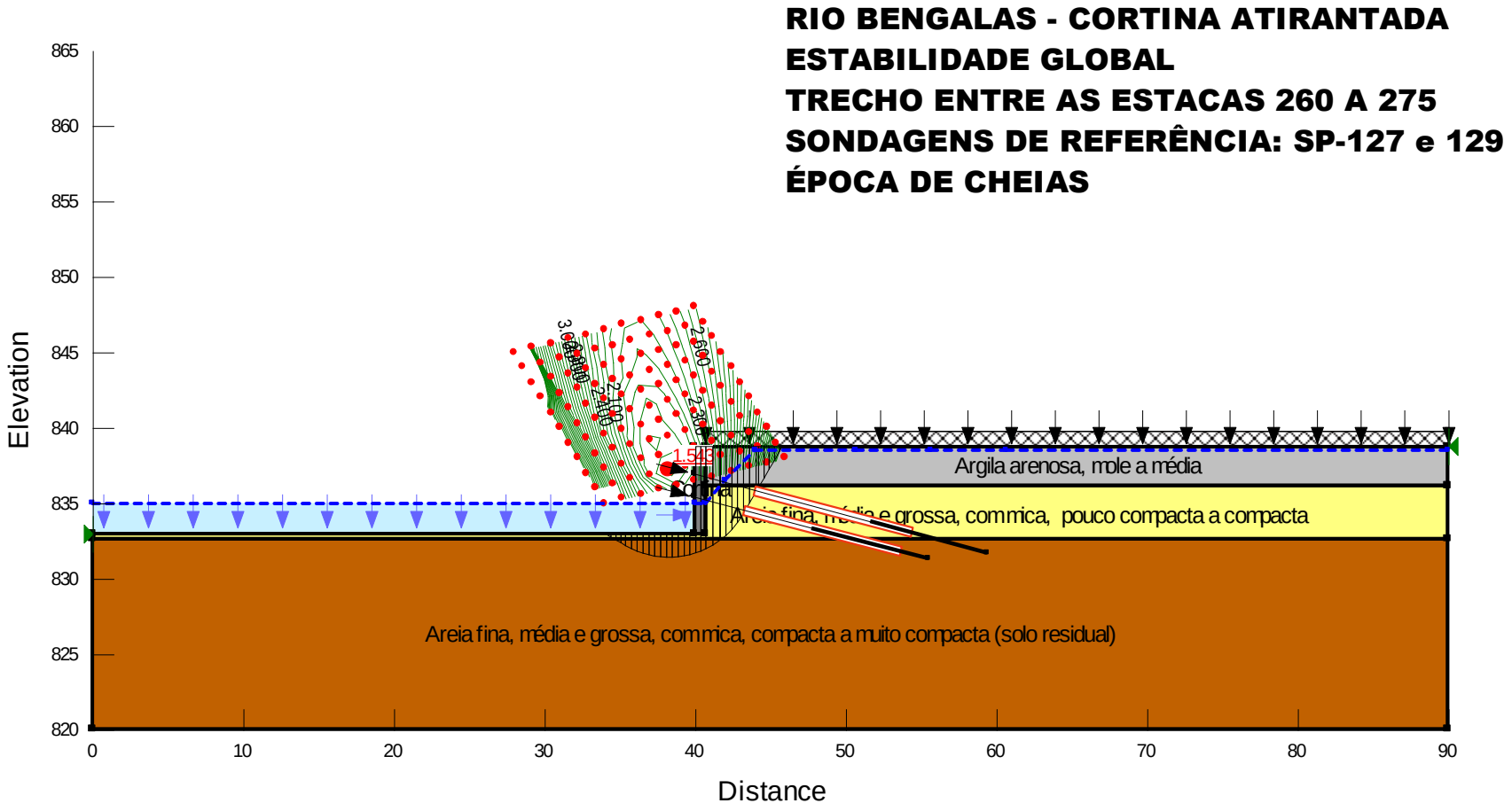


FIGURA 2 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE – ÉPOCA DE CHEIAS

CSE Consultoria e Serviços de Engenharia Ltda.
Rua México, 31 - Sala 1401 - Centro - CEP 20031-144 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: (21) 2240-6758 / Fax.: (21) 2544-8662
E-mail: cse@csengenharia.com.br

RIO BENGALAS - CORTINA ATIRANTADA
ESTABILIDADE GLOBAL
TRECHO ENTRE AS ESTACAS 260 A 275
SONDAGENS DE REFERÊNCIA: SP-127 e 129
ÉPOCA DE ESTIAGEM

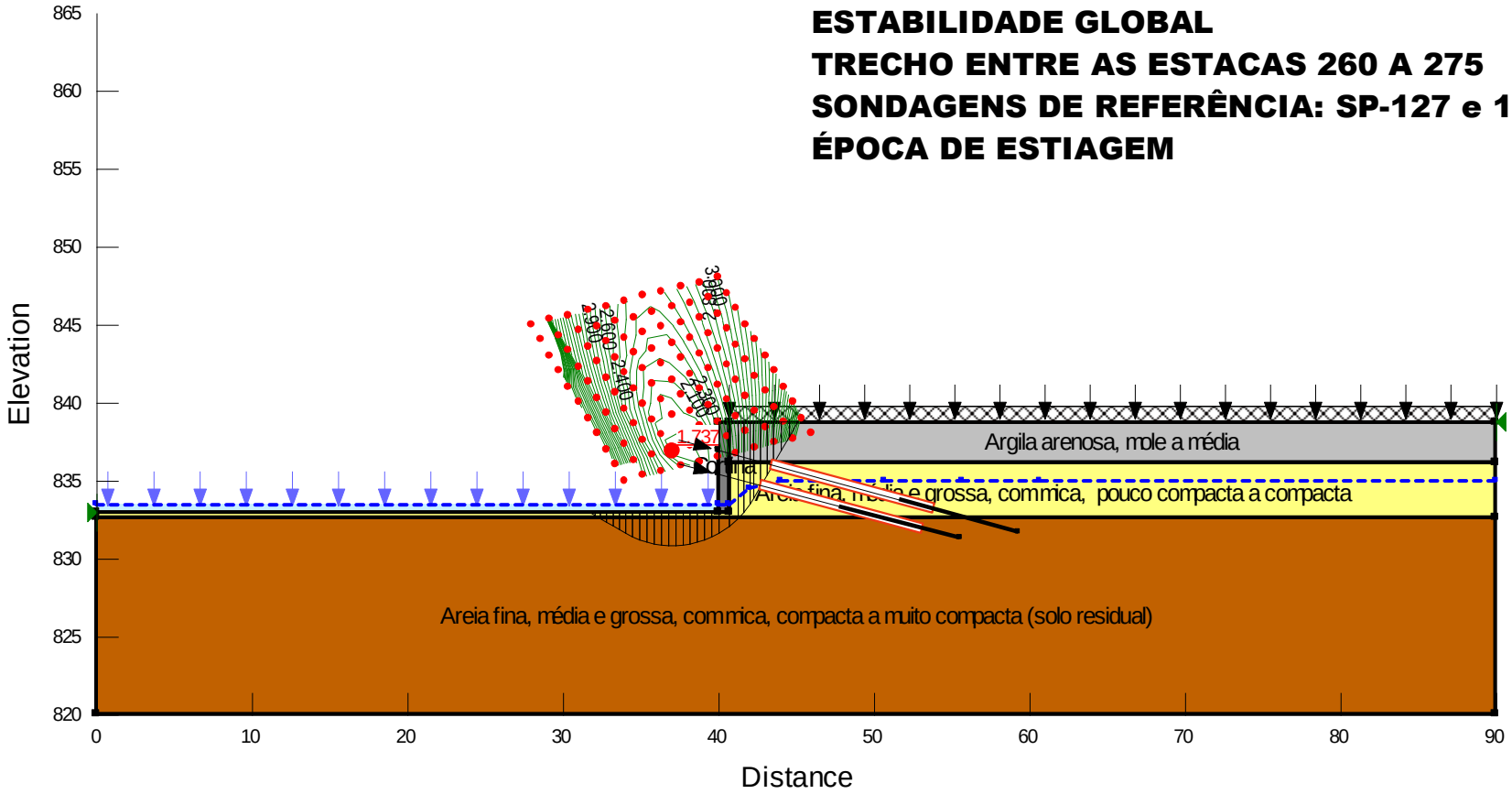


FIGURA 3 – ANÁLISE DE ESTABILIDADE – ÉPOCA DE ESTIAGEM

O Quadro 1 a seguir apresenta o resumo dos resultados obtidos nas análises empreendidas. Constata-se que os fatores de segurança obtidos atendem aos critérios adotados.

QUADRO 1

RESUMO DAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE

CASO	FATOR DE SEGURANÇA
Época de cheia	1,543
Época de estiagem	1,737

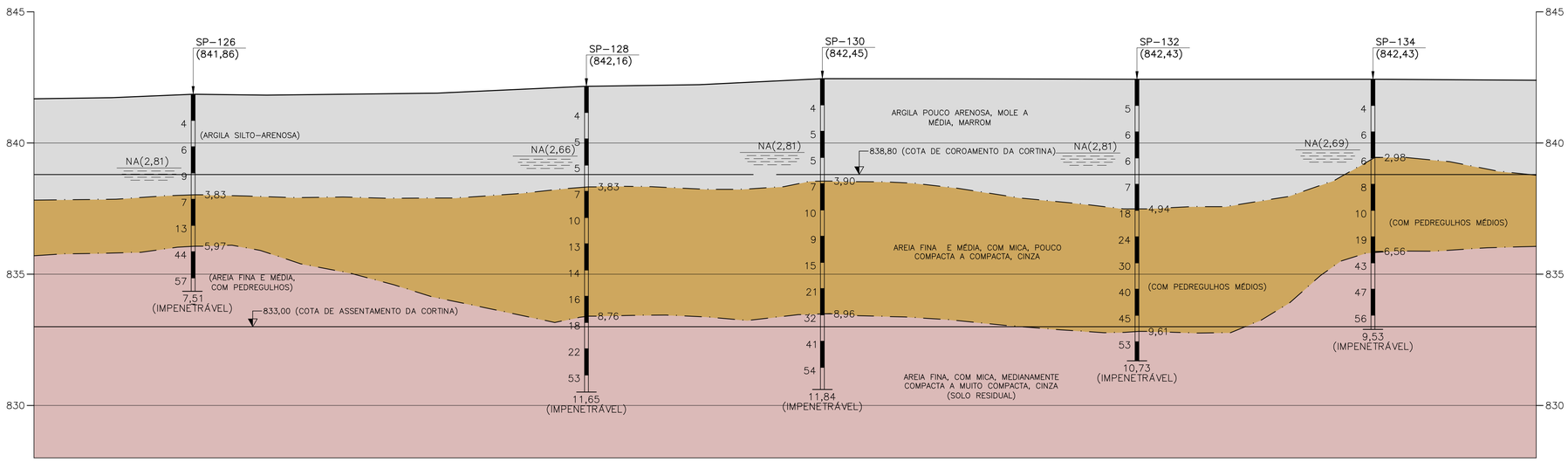
A estabilidade interna da cortina foi verificada pela Garambone Projetos e Consultoria Ltda.

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises aqui efetuadas demonstraram que o trecho contido entre as estacas 260 a 275 apresenta adequadas condições de estabilidade global considerando a execução de cortina atirantada com 5,80 m de altura, tendo em vista que as verificações para o perfil geotécnico com condições mais desfavoráveis resultaram em fatores de segurança compatíveis com as situações de projeto.

Vale ressaltar que a instalação de um eficiente sistema de drenagem é condição para a segurança da estrutura.

ANEXO

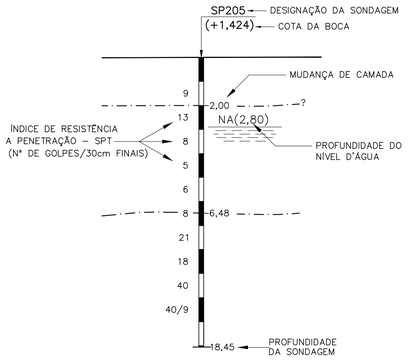


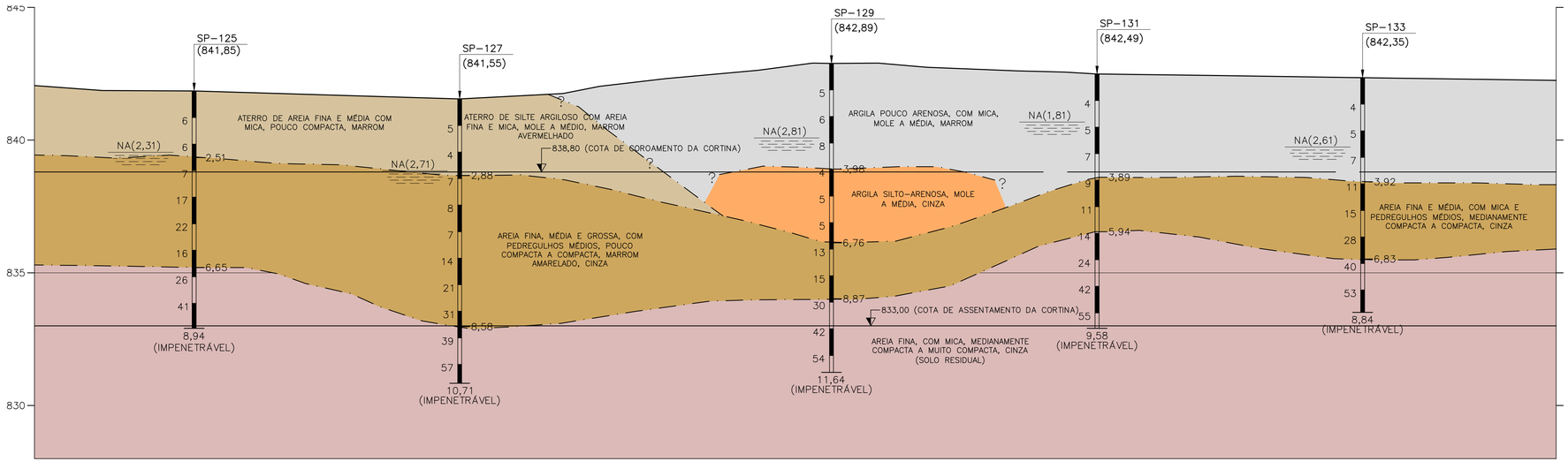
MARGEM DIREITA
ESC. V=1:100
H=1:500

CONVENÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

CONTATO LITOLÓGICO E/OU ENTRE MATERIAIS

CONTATO LITOLÓGICO INFERIDO





MARGEM ESQUERDA
ESC. V=1:100
H=1:500

NOTAS:

1 – DIMENSÕES, ELEVAÇÕES E COORDENADAS EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO DE OUTRA FORMA.

DOCUMENTO DE REFERÊNCIA:

BOLETINS DE SONDAGEM – E99 A E272 (RIO BENGALAS)

2 0 2 4 6 8(m)
ESCALA ORIGINAL 1:100

10 0 10 20 30 40(m)
ESCALA ORIGINAL 1:500

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	VERIF.	APROV.
0	17/12/13	EMISSÃO INICIAL	YSM	NAFL

EMISSÃO		
DES.	CMS	17/12/13
PROJ.	YSM	17/12/13
VERIF.	YSM	17/12/13
APROV.	NAFL	17/12/13
ESCALAS	INDICADAS	

CLIENTE

OBRA
RIO BENGALAS

EMITENTE
CSE CONSULTORIA E ENGENHARIA

TÍTULO
PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
ENTRE AS ESTACAS 260 A 272

Nº EMITENTE
CSE-013-BEN-GT-009-DE

Nº CLIENTE

REVISÃO
0