



DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO
DMAE
PROCESSO Nº 21.10.000004756-3

MEMORIAL DESCRITIVO
Muro de Contenção
Rua Roberto Brinco

MARÇO/2022

Sumário

1.	Apresentação	3
2.	Descrição do muro e diagnóstico.	4
3.	Dados disponibilizados	6
3.1.	Interpretação do boletim de sondagem	7
4.	Solução projetada.....	8
4.1.	Análise de empuxos.....	9
4.2.	Dimensionamento do Muro	10
4.3.	Verificação da fase de obras.....	13
4.4.	Dimensionamento estrutural do muro.....	14
4.5.	Seção tipo e planta baixa.....	14
5.	Sequência executiva da solução	16
6.	Planilha de quantidades	18
7.	Especificações técnicas	19
7.1.	Muro de Concreto de Flexão	19
7.2.	Drenagem de tardo do muro	20
7.3.	Escavação Mecanizada	22
7.4.	Reaterro do tardo	23
8.	Referências Bibliográficas.....	25
8.1.	Especificações e normativas.....	25
9.	Anexos.....	26

1. Apresentação

O presente documento consiste na apresentação do relatório técnico do projeto executivo do muro de contenção que será executado junto uma residência na Rua Roberto Brinco, bairro do Alto Petrópolis, Porto Alegre. A obra fica localizada na Zona Norte da cidade, tendo coordenadas médias 488.034 E 6.676.25488 N, com a localização apresentada abaixo.



Figura 1-1: Localização da área de projeto

No local foram realizadas escavações junto ao passeio público, próximo da região da base do muro de pedra existente, com a finalidade de instalar um novo sistema de tubulações da rede de água/esgoto.

Durante as obras foi verificado que o muro sofreu uma movimentação, e que na região foi observada uma trinca longitudinal em toda a sua extensão. Esta condição indica uma movimentação, ou seja, o muro sofreu uma ruptura interna, sendo possível evoluir para uma condição mais séria, a ruptura total da estrutura.

Em resposta a equipe responsável pelo projeto da rede deu início a medida de reparação do muro, com a execução de uma nova estrutura a fim de reconfirmar o terreno dos proprietários locais, sendo este documento referente ao projeto do muro a ser reconstruído.

2. Descrição do muro e diagnóstico.

O muro em questão pode ser descrito como um muro de pedra argamassada, tendo altura variável entre 2,00 e 4,00 metros, com um comprimento aproximado de 15 metros de extensão.

A estrutura de contenção tem como objetivo permitir a construção de uma área residencial, tendo na crista um grande platô onde se concentram estruturas da casa em questão bem com áreas de ajardinamento. Abaixo uma fotografia mostra a condição geral do muro.



Figura 2-1: Muro de pedra alvo de projeto

Conforme brevemente apresentado anteriormente, o muro sofre um deslocamento excessivo na região da crista, que permitiu o desenvolvimento de uma trinca, com espessura centimétrica na região. Felizmente o deslocamento não foi suficiente para causar a falha catastrófica da estrutura, sendo que abaixo é indicada a fissura.



Figura 2-2: Trinca na região da crista

A trinca na região da crista é um claro indício que de uma mobilização interna ocorreu no muro, indicando que a resistência ao cisalhamento do muro foi ultrapassada pelas cargas atuantes no caso. No cenário em questão, devido ao deslocamento é possível afirmar, que mesmo que a estrutura esteja em seu local, o muro rompeu, pois perdeu a sua finalidade de estabilização segura.

Por se tratar de um muro bastante antigo, segundo relato dos moradores, e a trinca ter se manifestado recentemente, é plausível imaginar que a causa da ruptura tenha sido alguma alteração das condições de contorno da estrutura que tenha ocorrido recentemente.

Os moradores locais e a contratante indicam que no local, foi realizada uma obra junto a base do muro, a escavando uma vala para instalação de uma rede de tubulações novas no local. Antes de apresentar uma possível causa para o movimento cabe indicar que esta é uma hipótese, baseada apenas nos relatos indicados, sendo necessário desenvolver análises para a validação da mesma.

Considerando que a base do muro estava, antes da escavação, sob o nível do terreno, o solo à frente deste trecho enterrado aplicada uma parcela de empuxo passivo, que certamente contribuía para a condição de estabilidade. Ao realizar a escavação, esta parcela resistente foi removida, sendo possível que a condição de equilíbrio de momentos tenha se alterado, promovendo um giro em relação ao nível da calçada (ponto O).

Esta condição possivelmente explica a trinca observada na crista, que corresponde a um pequeno movimento, sendo que abaixo um croqui simplificado mostra as forças atuantes antes da escavação, e com a vala escavada.

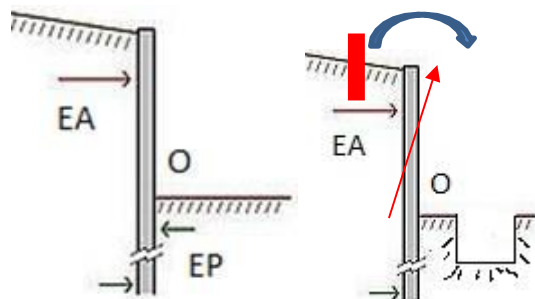


Figura 2-3: Croqui das forças pré-escavação e pós escavação

Como o empuxo ativo (EA) não sofreu alteração, e o passivo (EP) foi removido, esta intervenção no local pode ser indicada como uma das causas mais prováveis que levou a movimentação observada.

Cabe indicar que quando mobilizado, o material está rompido, de modo existe uma possibilidade elevada de que o muro sofra o colapso total, com a continuação da mobilização da massa de solo.

Portanto é recomendado que seja realizada uma intervenção no local para recuperar a estrutura do muro.

3. Dados disponibilizados

Foi disponibilizado pela solicitante um furo de sondagem e a topografia do local, sendo que abaixo são apresentadas a imagem da topografia disponibilizada bem como do boletim de sondagem.

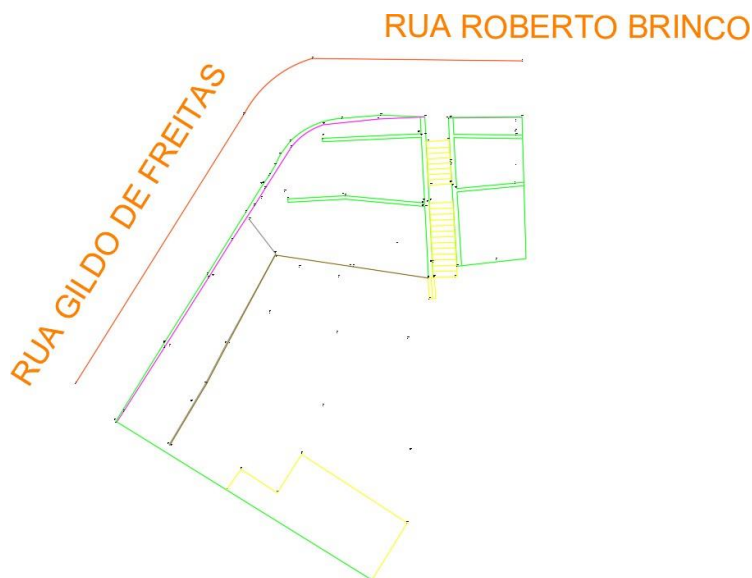


Figura 3-1: Topografia disponibilizada pela solicitante

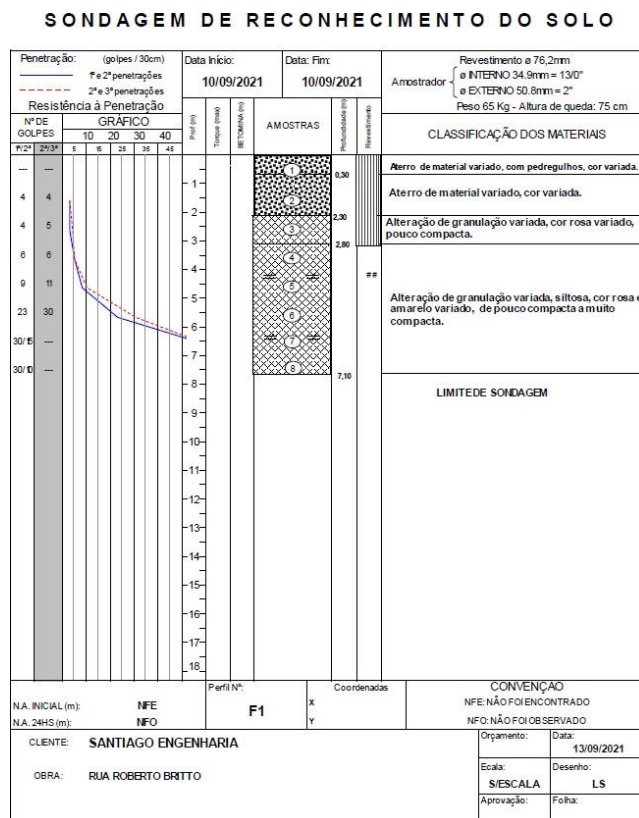


Figura 3-2: Boletim de Sondagem disponibilizado

3.1. Interpretação do boletim de sondagem

O boletim de sondagem, um furo SPT, executado no topo do muro, indica a presença de uma camada de aterro de baixa competência até a profundidade de 3,00 metros, sendo esta seguida por um solo residual siltoso.

O número de golpes N_{SPT} do corpo do aterro varia entre 3-6 golpes, o que indica a sua baixa competência, e por consequência baixos parâmetros de resistência.

A partir do 4 metro da sondagem o N_{SPT} sobe para 11 golpes, seguido por uma camada de 30 golpes, e materiais mais resistentes, sendo que a sondagem foi realizada até os 7,00 metros quando se atingiu o impenetrável. Com base neste resultado foi assumido o seguinte perfil geotécnico para o terreno.

H	Material
0,0 – 4,00	Aterro
4,10-7,00	Solo residual local

Figura 3-3: Perfil Geotécnico de Projeto

Para estimar os parâmetros de resistência de cada uma das camadas de material que constituem o perfil do terreno foi realizada pesquisa bibliográfica, consultado trabalhos sobre solos residuais da cidade de Porto Alegre, que são originários de rochas de granito/gnaiss.

Para o solo residual foi adotado o trabalho de Bernardes (2003) que indica um ângulo de atrito na faixa de 28° - 35° com coesão de 5-10 kPa, sendo considerado um valor de projeto de ângulo de atrito de 30° e coesão de 6 kPa, adotando um peso específico de 18 kN/m^3 .

O material de aterro foi definido através do trabalho de Moretti et al (2010) que indica parâmetros variando entre atrito de 27° - 32° e coesão de 1-15 kPa, sendo que para o projeto foi definido valores próximos do limite inferior, adotando coesão de 2 kPa e um $\phi=28^{\circ}$.

Como pode ser verificado existe variações entre as estimativas, de modo que para cada camada foram considerados os valores médios entre as correlações adotadas.

4. Solução projetada

Para definir a solução do muro foram considerados diferentes conceitos e alternativas de intervenção no local sendo que foram adotadas as seguintes premissas para a definição do conceito de solução:

- a) Devido a presença da nova rede, foram descartadas quais soluções prevendo a escavação da calçada;
- b) Elementos de reforço excetuados na calçada foram descartados, por utilizar espaço público bem como interferências na nova rede;
- c) Descartadas soluções de perfuração de estacas ou elementos resistentes devido à complexidade executiva;

Deste modo soluções com o uso de pilares e vigas foram descartadas, pois seria necessário executar elemento à frente do muro para combater o momento atuante. Estruturas com o uso de tirantes ou estacas também não foram consideradas em função da ausência de informações do subsolo.

Portanto foi adotada como solução de muro de gravidade, prevendo um muro de flexão com contrafortes. A grande vantagem desta estrutura é que pode ser construída uma estrutura de concreto esbelta, sendo que é possível aproveitar parte da massa de solo do aterro a favor da segurança. Abaixo uma fotografia apresenta um exemplo do muro proposto.



Figura 4-1: Exemplo de muro de Flexão.

Para o dimensionamento desta estrutura é necessário realizar a verificação do equilíbrio e momentos, verificar a estabilização frente ao deslizamento e da capacidade de carga da fundação. Ainda é necessário verificar a estabilidade global do muro bem como dimensionar a estrutura de concreto. A seguir serão apresentadas as metodologias de dimensionamento, bem como os resultados.

4.1. Análise de empuxos

Para o cálculo dos empuxos foi considerada a Teoria de Rankine que define os empuxos de solo em função do coeficiente empuxo ativo. No caso do muro foi adotado que o empuxo passivo é nulo, considerando uma futura escavação na base frontal do muro.

O coeficiente de empuxo ativo é função do ângulo de atrito, e por se tratar de um solo com uma coesão definida, foi adotado no cálculo a parcela coesiva resistente, sendo que é possível expressar as equações utilizadas abaixo.

$$K_a = \tan^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)$$
$$\sigma_h' = K_a \cdot \gamma \cdot h - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

Onde K_a é o coeficiente de empuxo ativo, γ o peso específico do solo (kN/m^3), c a parcela coesiva (kN/m^2), h a altura do muro (m) e σ_h' é a pressão horizontal efetiva.

Um cenário de cálculo considerado foi a aplicação de um nível de água a um terço da altura do muro, prevendo uma falha no sistema de drenagem, sendo que o empuxo aplicado pela água é definido analogamente. Abaixo são apresentadas os gráficos que mostram os empuxos atuantes, no cenário seco e com água,

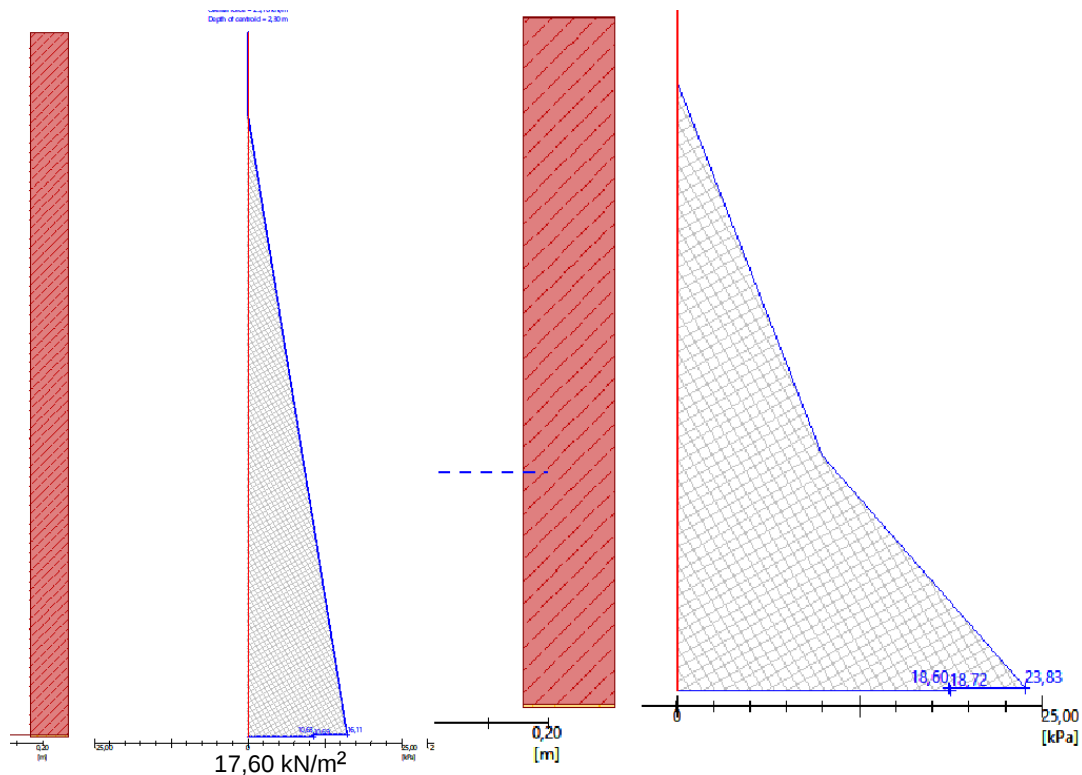


Figura 4-2: Cálculo de empuxos atuantes.

4.2. Dimensionamento do Muro

Tendo definido as forças atuantes no muro foi possível então realizar as verificações necessárias para o dimensionamento da estrutura, sendo que são verificados o tombamento, deslizamento, carga de fundação e análise de estabilidade global, sendo abaixo indicada uma tabela resumo com os FS adotados.

Critério de Análise	Método de cálculo	FS de projeto
Tombamento	$FS_{TOMB} = \frac{M_{RES}}{M_{SOLIC}}$	1,50
Deslizamento	$FS_{DESLIZ} = \frac{E_p + S}{E_a}$	1,50
Ruptura da fundação	$\sigma_{max} < \frac{q_{max}}{FS}$	2,50-3,00
Estabilidade Global	Análise de equilíbrio Limite	1,50

Onde: M_{res} = momento resistente (kN.m); M_{solic} = momento atuante (kN.m); E_p e E_a são os empuxos ativos e passivos (kN); S a resistência ao cisalhamento disponível na base; σ a tensão atuante (kN/m²) e q a tensão admissível máxima (kN/m²).

Para o dimensionamento do muro é necessário realizar a verificação frente à todos os mecanismos de ruptura, sendo é preciso atender a todos os critérios. Foram testadas diferentes geometrias, sendo que se chegou a configuração mínima necessária, que é indicada a seguir.

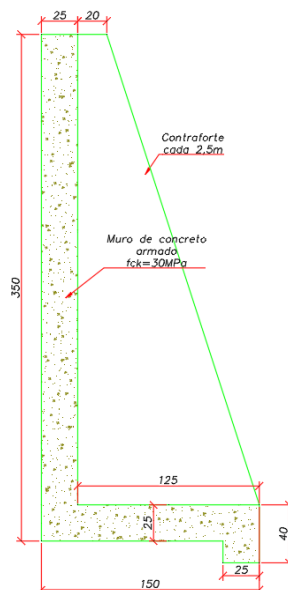


Figura 4-3: Seção tipo do muro

Esta geometria foi a base para todo o dimensionamento que é a seguir apresentado, lembrando que em todos os casos foi considerado o nível de água a um terço da base.

4.2.1. Análise de momentos

Com a geometria definida foram calculados os pesos, braços de alavanca e momentos em cada cenário, sendo abaixo indicada a tabela de cargas seguida pela figura da solução.

Força	Peso	Distância	Momento
Peso do concreto	28,5 kN/m	0,32 m	9,20 kN.m/m
Peso solo sobre o muro	15,19 kN/m	0,62 m	9,41 kN.m/m
	43,12 kN/m	0,97 m	41,82 kN.m/m
Empuxo ativo solo	-30,68 kN/m	1,10 m	-33,75 kN.m/m
Empuxo água	-5,00 kN/m	0,33 m	-1,55 kN.m/m

* valor negativo representa que a força atua desfavoravelmente

$$\frac{\sum M_{res}}{\sum M_{sol}} = \frac{9,20 + 9,41 + 41,82}{33,75 + 1,55} \sim 1,70 > 1,50 \rightarrow \text{Muro ok ao tombamento}$$

4.2.2. Análise do deslizamento

Para o cálculo da resistência disponível na interface do muro foi adotada a equação abaixo.

$$S = B \times \left[c'_w + \left(\frac{W}{B} - u \right) \tan \delta \right]$$

Onde B é a largura da base (1,50 metros), c_w a coesão atuante na base (7 kN/m²), W o peso do muro e do solo (kN), U a poropressão atuante (kN/m²) e δ (2/3 do ângulo do atrito) atrito entre muro e solo. Cabe lembrar que o empuxo passivo foi desprezado.

Deste modo é calculada uma força S equivalente de 53,43 kN/m.

$$\frac{Ep + S}{Ep} = \frac{0 + 53,43}{35,68} \sim 1,50 \rightarrow \text{Muro ok contra deslizamento}$$

4.2.3. Análise da fundação

A teoria da capacidade se baseia no conceito de que um solo submetido a um carregamento irá sofrer deformações até o momento em que irá entrar em colapso, por cisalhamento. Isto ocorre quando as tensões cisalhantes atuantes no solo superam os valores máximos de tensão que o solo suporta. A teoria foi postulada inicialmente por Terzaghi em 1943, e ao longo dos anos foi adaptada a medida com o avanço no estudo de fundações. De maneira geral é possível indicar que a teoria define a tensão última resistente pelo terreno, σ_u sendo que esta pode ser calculada através da seguinte equação:

$$Q_{m\acute{a}x} = c \cdot N_c \cdot S_c + q \cdot N_q \cdot S_q + 0,50 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma$$

Em que c é coesão do solo (KPa), q a sobrecarga devido ao embutimento no terreno, B a menor dimensão da fundação, γ o peso específico do solo, N_c , N_q , N_γ são os fatores de capacidade de carga e S_c , S_q , S_γ são os fatores de forma da fundação.

Considerando o muro como uma sapata corrida, foram adotadas as metodologias propostas por Terzaghi, Meyerhoff e Brinch-Hansen e Vésic, sendo que a tensão admissível resultante média entre as metodologias é de 385 kN/m². A tensão atuante na base do muro foi calculada utilizando a configuração abaixo, seguida pela tensão atuante.

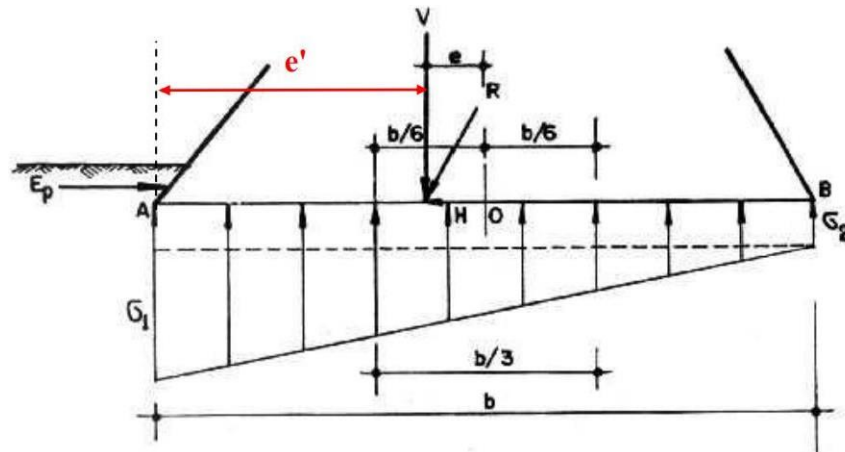


Figura 4-4: Tensões atuantes na base.

$$\frac{Q_{max}}{Q_{soli}} = \frac{385}{151} = 2,55 \rightarrow \text{Muro ok contra deslizamento}$$

4.2.4. Análise de estabilidade global

Para o cálculo de estabilidade global foi utilizado um método de análise de equilíbrio limite, sendo que abaixo é indicada a seção de cálculo.

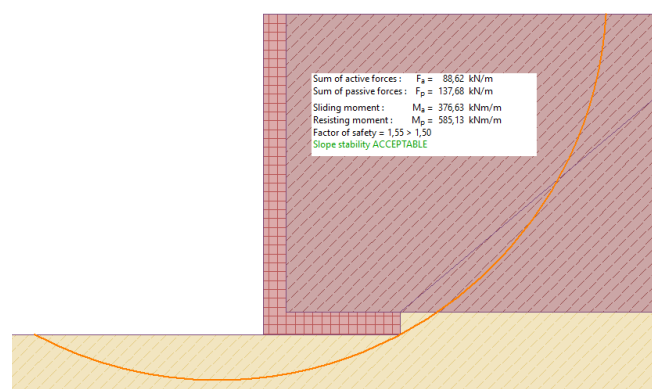


Figura 4-5: Análise de estabilidade global do muro.

4.3. Verificação da fase de obras

Foi realizada a simulação da escavação do talude para a execução do muro, considerando dois cenários distintos: a) Escavação para a remoção do muro atual e b) escavação para a execução do muro.

No cenário de escavação para a remoção do muro foi considerada uma inclinação máxima de 45° , visando atingir um FS de 1,30, compatível com obras provisórias. Abaixo é indicada seção de cálculo adotada.

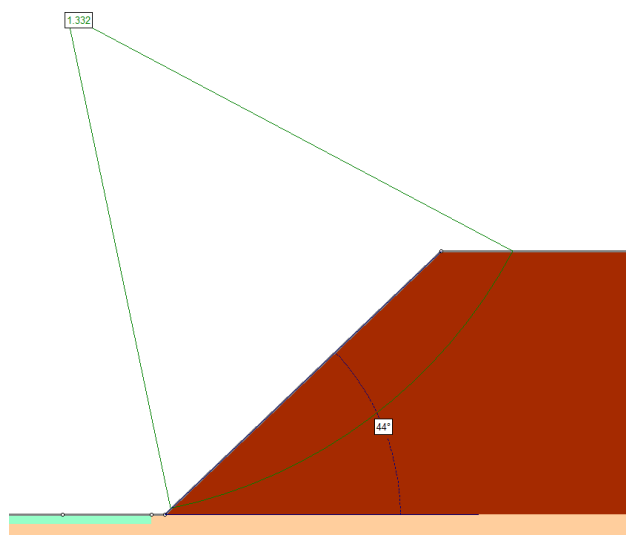


Figura 4-6: Seção de cálculo da escavação para remoção do muro existente.

Para a execução do muro de flexão será necessário um avanço adicional da escavação, de 1,50 metros para dentro do terreno, de modo que neste cenário o talude final será mais inclinado, o que reduz o fator de segurança. Se for possível, em função do espaço disponível, manter a escavação em 45° , caso contrário o ângulo máximo de escavação não deve ultrapassar $55-60^\circ$, conforme indicado abaixo.

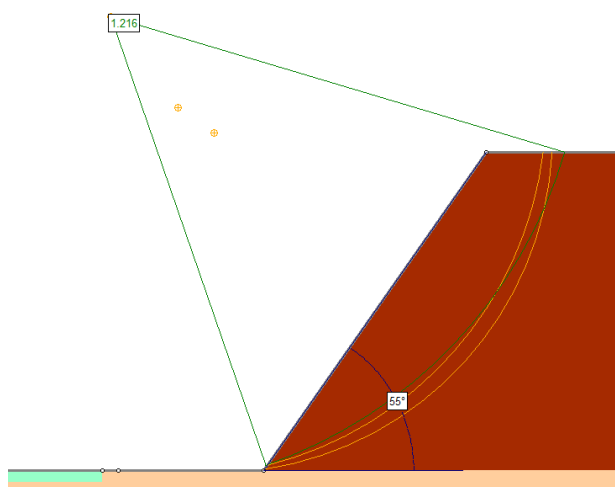


Figura 4-7: Seção crítica de escavação

Tendo em vista que a escavação tem como objetivo permitir a execução do muro, é aceito um FS de 1,21 nesta situação, visto que tem um caráter provisório de ocorrência.

4.4. Dimensionamento estrutural do muro

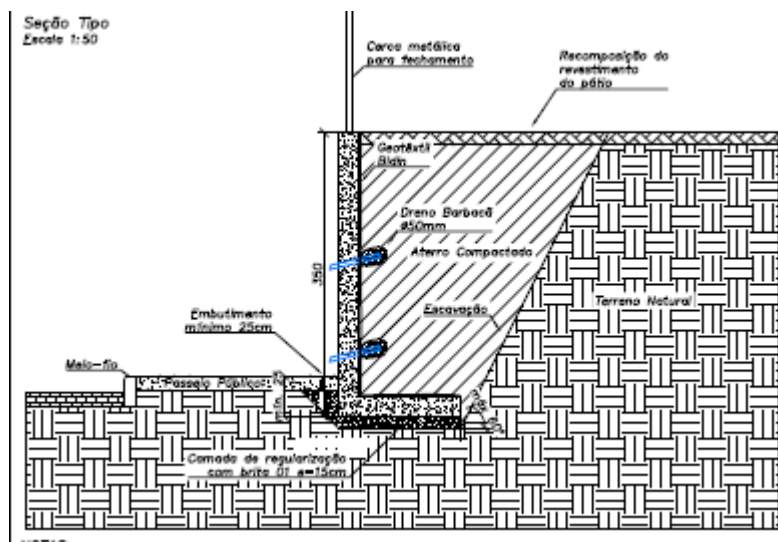
Para o dimensionamento estrutural das peças de concreto foram considerados os carregamentos indicados acima, de modo que estes são responsáveis por gerar os esforços na estrutura. Abaixo é indicado o modelo de cálculo que apresenta os valores característicos de cálculo obtidos para o modelo do muro em questão, de modo que foi necessário introduzir um contraforte no muro para auxiliar a distribuição das cargas. Cabe indicar que o cálculo foi realizado com auxílio de programa computacional, e que serão indicados apenas os resultados obtidos, sendo que em anexo está indicada a memória de cálculo.

O cálculo das armaduras foi realizado a partir dos esforços determinados solicitantes (memento fletor e esforço cortante), sendo os procedimentos adotados baseados na norma NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto. Com esta abordagem foi definida a armadura para o muro de modo que foi definido a seguinte condição:

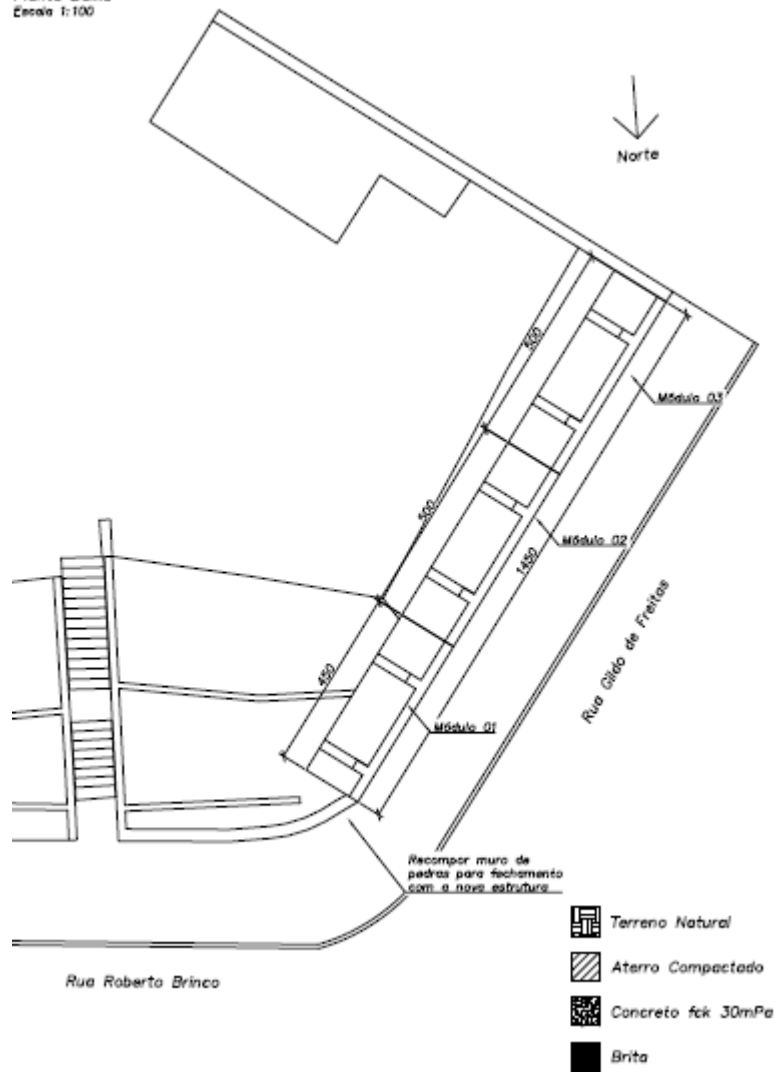
- Armadura Frontal Vertical: 1 ϕ 10,0 cada 15 cm
- Armadura Frontal Horizontal: 1 ϕ 10,0 cada 15 cm
- Armadura Tardoz Vertical: 1 ϕ 12,5 cada 12,5 cm
- Armadura Tardoz Horizontal: 1 ϕ 12,5 cada 12,5cm

uma seção tipo da armadura do muro é indicada.

4.5. Seção tipo e planta baixa



Planta Baixa
Escala 1:100



5. Sequência executiva da solução

Neste capítulo será indicada a sequência executiva da obra.

Etapa 01 – Execução da escavação do nicho.

A primeira etapa da obra consiste em executar a escavação do terreno, para a remoção do muro existente e do material de aterro, permitindo assim a construção da nova estrutura.

Como primeira atividade da obra é necessário realizar um sistema de drenagem provisório na crista da escavação ou ainda promover o desvio das águas pluviais do terreno para a face de escavação. A metodologia de execução do desvio ficará a critério do executor, de modo que é fundamental a execução do mesmo.

É **obrigatório** que a escavação seja realizada em nichos, sendo **obrigatório** que a conclusão de um nicho seja realizada antes do início das atividades do nicho seguinte. Este procedimento visa reduzir o desconfinamento do muro, e favorece a segurança da obra em geral.

Cada nicho terá um comprimento máximo de 5,00 metros, que corresponde a dimensão do painel projetado.

A escavação deve ser executada inicialmente com inclinação de 45°. No cenário ideal a escavação deve seguir sempre esta declividade, de modo que para o encaixe do muro, caso seja necessário é possível elevar a declividade para no máximo 50°~55°.

As obras devem ser iniciadas pelo nicho 01, que fica na porção de menor elevação do muro, que novamente tem por objetivo minimizar riscos.

Recomenda-se que a obra tenha seu planejamento para ser executada na estação seca, situação mais favorável. Em dias de precipitação, ficam vetadas as escavações, de modo que é recomendado que a previsão de tempo seja uma das variáveis controladas em obra, utilizando os dados de previsão de precipitações para o planejamento.

As escavações devem ser protegidas, revestidas, com lona durante pausas nas atividades, ao término do expediente e aos finais de semana.

Nos nichos não escavados recomenda-se o uso de escoramento de madeira provisório, um sistema de contraventamento. São previstos caibros de seção circular, com pelo menos 15 cm de diâmetros, instalados na posição intermediária da cota do muro. Estas estruturas devem ser espaçadas em no máximo 50 cm entre si, e serão utilizadas apenas na fase de obra.

Etapa 02 – Execução do muro

Sobre o terreno escavado deverá ser lançada a camada de brita de assentamento prevista, e sobre esta camada o muro deverá ser executado. A estrutura deve seguir o projeto indicado.

A locação final do muro deve ser ajustada em campo, para melhor compatibilizar a solução ao local da obra.

Inicia-se pela instalação das formas e armaduras no local, seguido pela conferência de montagem e medidas. Com a estrutura aprovada, são posicionados os elementos de drenagem do muro, tubos de pvc para permitir a instalação dos drenos barbacãs. Finalizada a montagem do muro é possível concretar, utilizando concreto de FCK>30MPa.

É necessário utilizar cimentos de alta resistência inicial, para aumentar a velocidade de execução da obra, prevendo o uso de materiais como o CP-V que tem potencial de aos 3 dias oferecer FCK>24 Mpa, valor mínimo indicado pela NBR 5733.

Após o período de cura mínimo de 3 dias, prevendo uso do cimento de alta resistência inicial, é possível passar para a etapa seguinte.

Por se tratar de um muro de concreto, é possível considerar o uso de peças de concreto pré-fabricadas, ou seja, é possível considerar a execução dos painéis de concreto fora da obra, e transportar os mesmos até o local. Esta opção visa dar celeridade a execução da obra.

Caso seja optado pelo uso de peças pré-fabricas, devem ser realizadas as verificações necessárias: peso máximo da peça deve ser compatível com equipamento de içamento e transporte, dimensionar sistemas de gancho para içamento e garantir que a armadura esteja adequada.

Etapa 03 - Execução do reaterro

Finalizadas as atividades de construção da estrutura de concreto, é possível iniciar o reaterro de tardo. O reaterro pode ser realizado utilizando o solo local desde que este atenda as especificações técnicas apresentadas.

Antes de iniciar o lançamento de solo sobre o muro é necessário realizar a instalação da manta geotêxtil no tardo do muro, prevendo o revestimento total do mesmo. Com o geotêxtil posicionado é possível indicar o lançamento do reaterro.

É necessário lançar camadas de no máximo 0,30 metros de material, e executar a compactação da mesma, prevendo o uso de equipamentos manuais para evitar danos estruturais a peça de concreto.

A não compactação do aterro pode gerar recalques, e comprometer o calçamento novo a ser executado.

Finalizada esta etapa, iniciar a escavação do nicho seguinte, repetindo o processo.

Etapa 04 – Acabamentos

Finalizados os nichos previstos, e os reaterros é possível realizar a recuperação da área útil da residência, com a execução de novo calçamento e demais dispositivos danificados em função da obra: gradil, drenagens, calçamento, ajardinamento.

Estes itens não fazem parte do escopo do projeto.

6. Planilha de quantidades

As quantidades apresentadas foram obtidas geometricamente, conforme seção tipo do projeto. Não foram considerados fatores de perda, empolamento e outras correções, ficando a cargo do executante do serviço suas considerações conforme experiência executiva. As quantidades representam a execução da totalidade do presente projeto. Não foram contabilizadas as atividades de compatibilização das estruturas existentes não danificadas, como os encontros com a continuação do muro e recomposição dos revestimentos das calçadas, que devem ser definidos em campo e ajustados conforme a execução.

Quantitativos Gerais			
Item	Descrição	Und	Qtd.
1	Instalação de canteiro de obras	--	1
2	Remoção, limpeza, transporte e disposição de material vegetal	m ²	30
3	Fornecimento, transporte, preparação e instalação de Aço CA-50 (diversas bitolas)	kg	2.245,20
4	Fornecimento, transporte, preparação e instalação de forma de madeira	m ²	137,25
5	Fornecimento, transporte, preparação e instalação de Barbacã Ø50mm	Uni	18
6	Fornecimento, transporte e lançamento de Concreto Fck 30MPa	m ³	21,22
7	Escavação e carga de material de primeira categoria	m ³	124,25
8	Demolição de estruturas existentes	m ³	10,00
9	Fornecimento, transporte, lançamento de Brita 01 para lastro do muro	m ³	4,80
10	Fornecimento, transporte e instalação de geotêxtil	m ²	52,5
11	Execução de Aterro compactado, com solo local selecionado	m ³	102
12	Transporte e lançamento de material de bota-fora (DMT 10 km)*	tkm	2.600
13	Fornecimento, transporte e instalação de meio fio tipo 01 pré-moldado	m	14,50
14	Fornecimento, transporte, lançamento de Brita 01 para passeio	m ³	2,63
15	Fornecimento de concreto FCK>25Mpa para passeio publico	m ³	5,25

* Estimado que volume escavado não será reutilizado, considerando Y=1,9 ton/m³ e distância de 10 km.

As quantidades detalhas de aço por bitola de barra esta apresentada nas pranchas do projeto executivo.

7. Especificações técnicas

Atendendo aos critérios técnico-executivos, a obra deverá, obrigatoriamente, seguir uma sequência pré-estabelecida, prevista no projeto. Além disso, os materiais devem seguir diligentemente as especificações citadas no presente documento. No caso da impossibilidade de se seguir as especificações e diretrizes apresentadas neste documento, a projetista deve ser informada para que uma nova avaliação seja realizada.

7.1. Muro de Concreto de Flexão

7.1.1. Definição

O presente item aborda a execução do muro de concreto armado de flexão

7.1.2. Materiais

- a) concreto: deverá apresentar fck mínimo de 30 MPa após 28 dias de cura, prevendo uso decimento de alta resistência inicial (ARI)
- b) formas: deverão ser executadas com madeira aparelhada ou chapas de madeira compensada, se necessário a contratante deverá elaborar um projeto das fôrmas e do escoramento;
- c) armaduras: deverão constar de vergalhões de aço de tipo e bitola conforme indicado no projeto executivo, aço CA-50;
- d) Geotêxtil, manta com gramatura de 300 g/m²
- e) geodreno em tubo de PVC com diâmetro de 50 mm.

7.1.3. Equipamentos e Ferramentas

Todos os equipamentos necessários à execução dos serviços contidos nesta especificação deverão atender às condições requeridas para o tipo de serviço, a fim de assegurar um acabamento de boa qualidade.

Dentre os equipamentos básicos para execução dos paramentos em concreto armado têm-se as seguintes unidades:

- a) centrais de concreto ou betoneiras estacionárias;
- b) caminhões betoneiras;
- c) vibradores de imersão;
- d) guindaste;
- e) bombas de sucção;
- f) carrinho de mão, marretas e outros.

7.1.4. Execução

O processo executivo do muro foi descrito no item 5, sendo aqui resumido.

- a) Execução do lançamento da base de brita graduada
- b) Execução da montagem das formas e armaduras;
- c) Instalação dos drenos barbacãs
- d) Concretagem do muro;
- e) Desforma após 3 (CP-V) ou 7 dias de cura e aplicação de cura úmida até completar 7 dias; Alguns pontos comuns que deverão ser observados para a execução de todas as estruturas:

- As formas deverão estar limpas e íntegras. Caso se opte pelo reaproveitamento de formas, estas deverão ser limpas, não podendo apresentar deformações que prejudiquem o aspecto final do acabamento;
- As armaduras deverão ser armazenadas em local adequado, e no momento da execução devem estar isentas de indícios de corrosão, manchas de óleo, graxa e/ou outros sinais de prejuízo estrutural ou de aderência ao concreto, devendo-se atentar também às sobras necessárias ao transpasse necessário para execução dos trechos nas etapas seguintes.
- O processo de concretagem só poderá se iniciar após o umedecimento das formas. Ainda, deverão ser executados escoramentos que impeçam a abertura das formas durante a concretagem, podendo-se realizar a desforma após verificada a cura efetiva do concreto, cujo período mínimo deve ser de 3 dias caso se use cimento com alta resistência inicial, de 7 dias caso se opte pelo cimento Portland comum ou ainda segundo recomendações do fabricante caso se utilize outros aditivos ou materiais cimentantes de comprovada eficiência.
- As concretagens somente poderão ser realizadas após liberação da fiscalização da obra, onde o concreto deverá ser lançado ou bombeado para dentro das formas em camadas progressivas, efetuando-se o adensamento por meio de vibrador de imersão.
- A superfície de contato entre o concreto já desenhado e o concreto a ser lançado deverá ser previamente apicoada (em angulações de 60°), limpa e levemente umedecida, para que o substrato confira uma boa aderência entre o concreto correspondente a diferentes etapas de lançamento.

7.1.5. Controle e Medição

A contratada deverá proceder com a amostragem do concreto a cada 12 m³ (caminhão betoneira), com moldagem de 4 corpos de prova para verificação da resistência a compressão simples aos 7 e aos 28 dias de cura, conforme NBR 5739. O concreto poderá ser aceito desde que apresente fck igual ou superior ao requerido para o elemento com consumo mínimo de cimento de 350 kg/m³. O concreto de regularização poderá ser aceito se apresentar fck igual ou superior a 15 MPa (28 dias).

As amostras de aço CA-50, coletadas durante a obra, devem obedecer aos critérios de coleta e aceitação conforme a NBR 7480. Os ensaios de tração no aço estrutural e especificado em projeto deverão apresentar valores mínimos conforme disposição.

As peças com dimensões 3% (três por cento) inferiores ao do projeto não deverão ser aceitos. A medição deve ser feita por meio do nicho executado;

7.2. Drenagem de tardo do muro

7.2.1. Definição

O sistema de drenagem que deverá ser implantado no tardo do muro tem a função de coletar e permitir a eliminação da água, oriunda do maciço, que atingir a face da estrutura, eliminando o excesso de poropressão e os empuxos de água sobre a estrutura.

7.2.2. Materiais

Para a confecção do sistema serão necessários os seguintes materiais:

1. Geotêxtil não tecido com gramatura de 300 g/cm²;
2. Barbacãs: executados com tubos de PVC (água) Ø 50 mm, sendo o bulbo coletor compostopor brita 0 envolta por geotêxtil não tecido de 300 g/m².;
3. Abraçadeiras plásticas;
4. Cola para tubo de PVC e PEAD.

7.2.3. Equipamentos e Ferramentas

Para a montagem e instalação das partes do dreno do tardo do muro deverão ser utilizadas ferramentas manuais, tais como: serra, tesoura e martelo.

As perfurações no tubo (coletor terminal) podem ser realizadas com auxílio de furadeira ou serra circular, desde que se respeite a seguinte especificação: o trecho drenante deverá ser composto por ranhuras de 3 cm de comprimento por 1 cm de largura, espaçadas a cada 5 cm ao longo do eixo do tubo, ou perfurações de 1cm de diâmetro, espaçadas a cada 5 cm.

7.2.4. Execução

A implantação dos drenos deverá seguir as etapas listadas na sequência:

1. Instalação das faixas de geotêxtil nas posições requeridas no projeto. O geocomposto deverá ser fixado através de suas bordas com grampos metálicos.
2. Instalar os barbacãs no centro da faixa do geocomposto, atentando para o espaçamento requerido em projeto e para o detalhe de conexão (presente no projeto executivo) do barbacã com o geocomposto;

7.2.5. Controle

O controle é realizado pelo correto posicionamento dos elementos (geocomposto, barbacãs, drenos terminais e cliques de aço), pela qualidade de montagem dos barbacãs e drenos terminais e pela conexão do geocomposto com estes elementos.

É fundamental que os elementos proporcionem o escoamento da água. Logo, as declividades dos barbacãs e do dreno terminal necessariamente precisam proporcionar isso.

7.2.6. Medição

Os serviços são aceitos e passíveis de medição desde que atendam, simultaneamente, às exigências de materiais e de execução estabelecidas nesta especificação, bem como demais requisitos exigidos em projeto. A unidade e o procedimento de medição deverão ser acordados com a contratante.

7.3. Escavação Mecanizada

7.3.1. Definição

Consiste nos serviços de escavação para adequação da superfície do terreno para a execução da cortina atirantada.

7.3.2. Materiais

Os materiais a serem escavados se referem a materiais de primeira categoria, sendo que os mesmos deverão ser destinados a locais licenciados pelo órgão ambiental ou indicados pela contratante. É possível que haja necessidade de algum desmonte de material de 2ª categorias, entretanto o material a ser escavado é composto essencialmente por solo.

7.3.3. Equipamentos e Ferramentas

Para realização do serviço, sugere-se a utilização de escavadeiras e miniescavadeiras hidráulicas. Para o transporte do material escavado deverão ser observadas as condições técnicas referentes aos caminhos de serviço (ex.: inclinação das rampas), bem como, observadas as questões de geração de poeira.

7.3.4. Execução

A escavação do terreno deve ser executada de forma a proporcionar a geometria necessária à implementação da solução projetada. As pranchas do projeto executivo, que apresentam o desenho de escavação em planta baixa e as seções onde é possível observar a geometria final da escavação deverão ser rigorosamente seguidas. Sempre que ocorrerem dúvidas em relação à superfície atingida após a escavação, a equipe de fiscalização deverá ser acionada para avaliar a situação e realizar recomendações técnicas. Para a execução do serviço é fundamental o acompanhamento de uma equipe de topografia que possua conhecimento do projeto.

Os trabalhos de escavação não devem ser executados em dias chuvosos e nem em seguida (quando ainda for constatado elevado grau de saturação da massa de solo), a fim de se evitar ocorrência de acidentes gerados pela eventual movimentação dos taludes. A liberação dos serviços após períodos chuvosos deverá ser realizada pela equipe de fiscalização.

Caso o material escavado seja inadequado para a utilização em aterros, ele deverá ser disposto em bota-fora indicado pelo responsável da obra. Se o material apresentar características passíveis de aproveitamento em aterros, eles poderão ser dispostos em aterros bota-espera provisoriamente.

7.3.5. Controle

A verificação deste serviço consiste no controle geométrico do terreno após a escavação, de acordo com a planta das notas de serviço do projeto executivo.

7.3.6. Medição

Os serviços são aceitos e passíveis de medição desde que atendam, simultaneamente, às exigências de materiais e de execução estabelecidas nesta especificação, bem como demais requisitos exigidos em projeto. A unidade e o procedimento de medição deverão ser acordados com a contratante.

7.4. Reaterro do tardo

7.4.1. Definição

O reaterro consiste em lançar o material previamente escavado de volta no tardo do muro para a recomposição do terreno.

7.4.2. Materiais

Os materiais utilizados no reaterro podem ser os mesmos escavados no local, desde que sejam caracterizados como solos, sendo necessário atender aos seguintes critérios:

- O material a ser utilizado no corpo de aterro deve ser livre de matéria orgânica (grama, raízes, folhas, odores, etc.);
- O material deve ser inteiramente constituído por solo ou blocos de rocha, não serão aceitos materiais compostos por resíduos de construção;

Não será aceito a execução de aterros com o material classificado como argila mole e/ou material de decapagem, que apresentam péssimas qualidades de suporte.

Caso o volume escavado não seja suficiente para recompor a cota, é necessário considerar o uso de jazida de empréstimo.

7.4.3. Equipamentos e ferramentas

Os serviços devem ser executados mediante a utilização de equipamentos adequados, complementados com o emprego de serviços manuais. Cabe a contratada definir a quantidade e tipo de equipamento mais adequados a produtividade requerida, desde que elas cumpram os requisitos requeridos.

Em geral todos os materiais deverão ser escavados e carregados por escavadeiras hidráulicas sobre esteiras ou mesmo pás carregadeiras de pneus. O transporte deverá ser realizado por caminhões capazes de circular pelos caminhos de serviço em terreno natural e vias públicas e possuir capacidade adequada para garantir a produção mínima exigida pela obra.

A compactação deve ser com o auxílio de equipamentos manuais de pequeno porte para não danificar a estrutura do muro.

7.4.4. Execução

O aterro só poderá ser lançado após a instalação dos drenos de tardo.

É necessário lançar o material em camadas de no máximo 0,50 metros, prevendo a compactação manual de cada camada, para evitar recalques e danos nos acabamentos no futuro.

7.4.5. Controle

O controle deverá ser feito verificando a condição de compactação de cada camada, bem como a geometria do reaterro.

7.4.6. Medição

O reaterro será pago por m³ construído.

8. Referências Bibliográficas

Afonso, A.F.G. (2016) CORRELAÇÕES ENTRE RESULTADOS DE ENSAIS IN SITU DE PENETRAÇÃO DINÂMICA DP COM O ENSAIO STANDARD PENETRATION TEST. Dissertação de Mestrado.

Penna F.O. Alternativa de controle de compactação relativa de solos não coesivos. 17º Seminário de Grandes Barragens (2007)

Schnaid, F. (2012). Ensaios de Campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações: 2ª edição. Oficina de Textos

8.1. Especificações e normativas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland – preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5738**: Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos. Rio de Janeiro, 1994. 9 páginas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de Compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1994. 4 páginas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014. 238 páginas.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15.900-1**: Água para amassamento do concreto – Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2009. 11 páginas.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 8044**: Projeto Geotécnico – Procedimento. Rio de Janeiro, 2018. 58 páginas.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 11682**: Estabilidade de Encostas. Rio de Janeiro, 2009. 33 páginas.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 9061**: Segurança de escavação a céu aberto – Procedimento. Rio de Janeiro, 1985.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **Norma DNIT 104/2009 – ES**: Terraplenagem – Serviços preliminares – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2009.

. A **EMPRESA** coloca se ao inteiro dispor de V.Sas. para quaisquer esclarecimentos adicionais relativos ao presente trabalho.

Sendo o que nos apresenta para o momento, firmamo-nos.

Atenciosamente.

SANTIAGO ENGENHARIA LTDA-EPP

Eng. Civil Ricardo de Magalhães Santiago

CREA RS 073654