

**CENTRO UNIVERSITARIO DO SUL DE MINAS – UNIS / MG**

**ENGENHARIA CIVIL**

**GENÉSIO TEIXEIRA VIEIRA JÚNIOR**

**ESTUDO DE COMPARATIVO DE VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE  
MUROS DE ARRIMO DE GRAVIDADE, UTILIZANDO O GABIÃO  
COMPARANDO COM O CONCRETO CICLÓPICO.**

**Varginha/MG**

**2014**

**GENÉSIO TEIXEIRA VIEIRA JÚNIOR**

**ESTUDO DE COMPARATIVO DE VIABILIDADE ECONÔMIACA ENTRE  
MUROS DE ARRIMO DE GRAVIDADE, UTILIZANDO O GABIÃO  
COMPARANDO COM O CONCRETO CICLÓPICO.**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS-MG, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. M. Sc. Antônio de Faria.

**Varginha/MG**

**2014**

**GENÉSIO TEIXEIRA VIEIRA JÚNIOR**

**ESTUDO DE COMPARATIVO DE VIABILIDADE ECONÔMIACA ENTRE  
MUROS DE ARRIMO DE GRAVIDADE, UTILIZANDO O GABIÃO  
COMPARANDO COM O CONCRETO CICLÓPICO.**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil no Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS-MG, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em    /    /

---

Professor M.Sc. Antônio de Faria

---

Professora M.Sc. Luciana Bracarense Coimbra Veloso

---

Professor M. Sc. Armando Belato Pereira

**Varginha/MG**

**2014**

## DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia aos meus pais por terem feito de tudo para que eu pudesse estudar e concluir meu sonho e prometo, perante Deus e a sociedade, que ao exercer a engenharia, farei dela não só uma profissão, mas também uma filosofia de vida. Que minhas mãos possam estar sempre de prontidão a construir e recuperar o que há de melhor e mais justo, e que minha mente esteja sempre isenta de ignorância e discriminação.

E em cada obra por mim construída, nela estará presente parte de minha alma, meus esforços, minha responsabilidade, o que de melhor posso oferecer e a farei para que sobreviva à minha existência, levando consigo minha memória rumo à eternidade.

*“Todas as ideias grandiosas que já tive me vieram como uma inspiração de Deus. Elas lhe pertencem de direito, mas Ele desejou me dar uma compreensão de Suas leis e Suas ideias. Eis porque, já que elas não me pertencem, desejo transmiti-las a outros para seu uso e vantagem, como um dom de Deus.”*

(Pitágoras)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar sempre oportunidade de ser alguém melhor e por colocar pessoas que tiveram vontade de me ensinar e contribuir para que futuramente possa fazer o mesmo que eles.

Agradeço aos meus pais por estarem sempre do meu lado e acreditarem em mim.

Agradeço ao meu orientador M.Sc. Antônio de Faria por ter me ensinado e me ajudado a constituir este trabalho.

Agradeço também aos meus amigos que estiveram sempre ao meu lado, me ajudando, dando apoio, pois sem eles não teria conseguido.

Por fim a todos os meus superiores que obtive neste tempo de aprendizado e que após o término de minha graduação, possa ajudar o próximo da mesma forma que me ajudaram.

## RESUMO

Este trabalho tem como finalidade a comparação entre dois projetos de duas estruturas de muro de arrimo por gravidade para se obter indicadores de construções, sob as mesmas condições de carregamento. Os projetos serão desenvolvidos a partir de uma situação hipotética através de métodos empíricos, onde a altura será a mesma para ambos os casos, em seguida serão verificadas as condições de estabilidade do conjunto solo-muro, a partir daí serão determinados os esforços solicitantes nos muros. O dimensionamento seguirá as recomendações previstas pela NBR 6118/2014 – Projeto de estruturas de concreto e NBR 6122/2010 – Projeto e Execução de Fundações. E para análise comparativa seguirá recomendações da Editora PINI, Catalogo de Composições de Serviços EMOP – Empresa de Obras Públicas do Rio de Janeiro e da CAIXA Econômica Federal, com os respectivos materiais, TCPO 13, EMOP e a SINAP. De tal forma a se obter comparativos que servirão como parâmetros de projeto para estas categorias de muro. E sempre visando a segurança e economia do projeto.

**Palavras-chave:** Muro de arrimo, gabião, concreto ciclópico, dimensionamento, indicadores.

## **ABSTRACT**

*This work aims to compare two projects two structures retaining wall by gravity to obtain indicators of buildings under the same loading conditions. The projects will be developed from a hypothetical situation through empirical methods, where the height is the same for both cases, then the conditions of stability of the whole soil-wall will be verified, from there we will determine the internal forces on the walls . The design followed the recommendations provided by the NBR 6118/2014 - Design of concrete structures and NBR 6122/2010 - Design and Execution of Foundations. And for comparative analysis will follow the recommendations PINI Publishing, Catalog of Compositions of Services EMOP - Company of Public Works of Rio de Janeiro and the Federal Economic BOX with their materials, TCPO 13, EMOP and SINAP. So as to obtain comparative to serve as design parameters for these categories of wall. And always seeking the safety and economics of the project.*

**Keywords:** retaining, gabion, cyclopean concrete, scaling, Wall indicators.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Peso específico dos solos argilosos .....	20
Tabela 02: Tensão admissível dos solos argilosos. Método empírico .....	20
Tabela 03 – Custo do muro de arrimo utilizando o gabião por metro.....	40
Tabela 04 – Tabela geral de resultados .....	53
Tabela 05 – Custo do muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico, por metro .....	53
Tabela 06 – Comparativo de custo de material de formação entre muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico e gabião, por metro.....	54
Tabela 07 – Comparativo de insumos para forma entre muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico e gabião, por metro.....	55
Tabela 08 – Comparativo de custo de equipamento entre muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico e gabião, por metro.....	55
Tabela 09 – Comparativo de custo de mão de obra para a construção do muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico e gabião, por metro .....	56
Tabela 10 – Comparativo de custo de insumos de drenagem para muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico e gabião, por metro.....	56
Tabela 11 – Comparativo final de custo entre muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico e gabião, por metro. ....	56
Tabela 12 – Comparativo final entre as estruturas de concreto ciclópico e gabião.....	60

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Elementos constituintes dos gabiões tipo caixa .....	12
Figura 02 – Elementos constituintes da estrutura de concreto ciclópico.....	13
Figura 03 – Proposta de situação do muro de contenção .....	14
Figura 04 – Elementos constituintes de um muro de arrimo .....	18
Figura 05 – Drenagem usual em estrutura de contenção.....	19
Figura 06 – Estados de empuxo.....	23
Figura 07 – Forças que agem sobre a cunha de solo no caso ativo .....	24
Figura 08 – Forças que agem sobre a cunha de solo no caso passivo. ....	25
Figura 09 – Empuxo devido a sobrecarga distribuída uniforme .....	26
Figura 10 – Interface do Gawacwin®, barra de menu, Muros. ....	28
Figura 11 – Interface do Gawacwin®, quadro Dados sobre o muro – Dados Gerais .....	28
Figura 12 – Interface do Gawacwin®, quadro Dados sobre o muro – Camadas. ....	29
Figura 13 – Interface do Gawacwin®, barra de menu, Fundações. ....	29
Figura 14 – Interface do Gawacwin®, quadro Dados sobre a fundação. ....	30
Figura 15 – Interface do Gawacwin®, barra de menu, Terraplano. ....	30
Figura 16 – Interface do Gawacwin®, quadro Dados sobre o terraplano .....	31
Figura 17 – Interface do Gawacwin®, barra de menu, Cargas .....	31
Figura 18 – Interface do Gawacwin®, quadro Cargas sobre o terraplano .....	32
Figura 19 – Interface do Gawacwin®, barra de menu, Análises.....	32
Figura 20 – Relatório do Gawacwin®, dados de entrada .....	33
Figura 21 – Relatório do Gawacwin®, dados sobre a fundação .....	34
Figura 22 – Relatório do Gawacwin®, resultados das análises .....	35
Figura 23 – Relatório do Gawacwin®, estabilidade global.....	36

Figura 24 – Relatório do Gawacwin®, resumo .....	37
Figura 25 – Pré dimensionamento muro de arrimo de concreto ciclópico de perfil trapezoidal .....	42
Figura 26 – Detalhe das drenagens.....	51

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>1.1. Muros de arrimo por gravidade utilizando o gabião tipo caixa</b> .....	11
<b>1.2. Muros de arrimo por gravidade utilizando o concreto ciclópico</b> .....	12
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	14
<b>2.2. Objetivo geral</b> .....	14
<b>2.3. Objetivos específicos</b> .....	14
<b>3. JUSTIFICATIVA</b> .....	15
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	16
<b>5. MUROS DE CONTENÇÃO</b> .....	17
<b>5.1 Característica do Projeto</b> .....	17
<b>5.2 Considerações gerais</b> .....	17
<b>6. CARACTERÍSTICAS DO SOLO</b> .....	20
<b>7. EMPUXOS DE TERRAS</b> .....	22
<b>7.1 Teoria de Coulomb</b> .....	23
<b>8. PRÉ DIMENSIONAMENTO, DIMENSIONAMENTO, DETALHAMENTO, MÉTODO DE CONSTRUÇÃO E CUSTO DO MURO DE ARRIMO</b> .....	27
<b>8.1 Muros de gravidade utilizando o gabião</b> .....	27
8.1.1. Pré-dimensionamento .....	27
8.1.2. Dimensionamento.....	28
8.1.3. Detalhamento.....	38
8.1.4. Método construção .....	38
8.1.5. Custo do muro de arrimo utilizando o gabião .....	39
<b>8.2. Muro de gravidade utilizando o concreto ciclópico</b> .....	41
8.2.1. Pré-dimensionamento .....	41
8.2.2. Dimensionamento.....	42
8.2.3. Detalhamento.....	48

8.2.4. Método de construção.....	48
8.2.5. Custo do muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico .....	51
<b>9. COMPARATIVO DE VIABILIDADE .....</b>	<b>54</b>
<b>10. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>59</b>
<b>11. CONCLUSÃO.....</b>	<b>61</b>
<b>12. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>62</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

Movimentos de massas ou movimentos coletivos de solos e de rochas tem sido objeto de amplos estudos, não só na importância da evolução da Terra e suas formas de relevo, mas também em função de suas aplicações práticas e de sua importância do ponto de vista econômico.

Dos estudiosos do assunto trás nós uma importante contribuição ao estudo dos mecanismos de tais movimentos, genericamente chamados escorregamentos, termo utilizado no sentido de abranger todo e qualquer movimento coletivo de materiais terrosos e rochosos.

Neste trabalho apresenta-se o processo de contenção inspirado nos muros de gravidade utilizando o gabião e o concreto ciclópico.

O muro de arrimo utilizando o gabião trata-se de caixas de arame galvanizado, flexíveis, drenantes e de grande durabilidade e resistência, constituídas de tela de fio de galvanização dupla torção ou galvanizados com revestimento adicional de PVC, em diversos formatos de acordo com a sua aplicação, preenchidas com pedra britada ou seixos, que são colocadas justapostas, formando os muros.

O muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico que são constituídos por concreto simples e pedras de mão, lançados nas formas previamente preparadas e escavadas, seguindo as especificações previstas no projeto.

Estes muros devem servir como obras de arrimos de taludes e terraplenos em geral, objetivando suas estabilizações em relação aos fatores de segurança. A estabilidade dessas estruturas em frente ao empuxo exercido pelo solo contido é provida pelo seu peso próprio.

Na verificação da estabilidade, qualquer que seja a opção adotada: muro de arrimo por gravidade ou elástico, deve-se considerar primeiramente “Equilíbrio Estático” e em seguida “Equilíbrio Elástico”, tanto da estabilidade do conjunto como das secções intermediárias ao longo do muro e da fundação. Moliterno (1994).

### **1.1. Muros de arrimo por gravidade utilizando o gabião tipo caixa**

Os muros de arrimo por gravidade utilizando o gabião são estruturas que utilizam seu próprio peso e muitas das vezes o peso de uma parte do solo a ser contida para sua estabilidade.

O gabião tipo caixa é um elemento que apresenta a forma de prisma retangular, com paredes formadas por uma armação de rede metálica fortemente zincada, com malhas hexagonais em dupla torção. O enchimento é feito com seixos ou pedra-de-mão, segundo certos critérios e cuidados para que os pesos sejam apropriados.

São constituídos de elementos metálicos, que formam a base, as paredes verticais e a tampa com extremidades reforçadas, preenchidos manualmente. Todas unidades são firmemente unidas entre si através de arames de um material com as mesmas características, afim de formar uma estrutura monolítica. A dupla torção impede o desfiamento da tela, caso ocorra ruptura em algum arame que constitua a estrutura.

É válido ressaltar que com o passar do tempo, a colmatação dos vazios entre as pedras pela deposição de solos transportados pelas águas e ou pelos ventos, e o crescimento das raízes das plantas que se desenvolvem nos gabiões, o torna ainda mais consolidada e aumenta o seu peso, melhorando sua estabilidade.

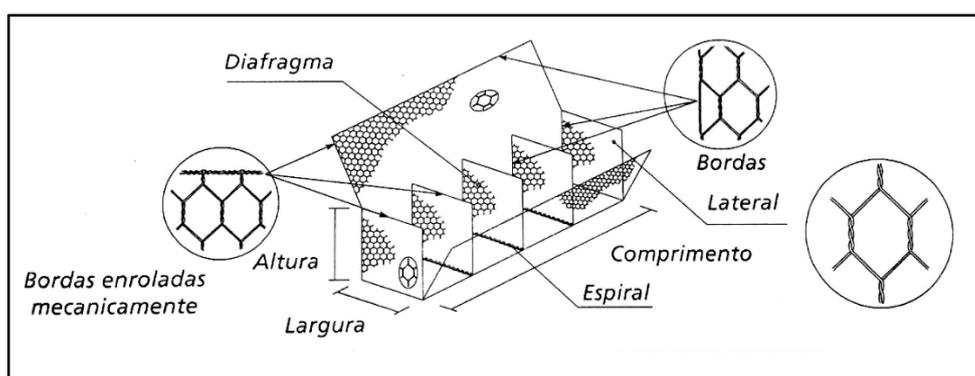


Figura 01 - Elementos constituintes dos gabiões tipo caixa.

Fonte: (MACCAFERRI, 2010).

## 1.2. Muros de arrimo por gravidade utilizando o concreto ciclópico

O termo “ciclópico” teve origem na Grécia antiga, onde foram erguidos fortes com blocos de pedra gigantes, colocados uns sobre os outros, sem argamassa. O emprego de grandes rochas reduzia o número de juntas e, conseqüentemente, os pontos fracos da alvenaria.

Atualmente, esta técnica ainda é utilizada, porém o tamanho das rochas foi reduzido e o concreto adicionado na composição. As aplicações do concreto ciclópico são diversas, sendo normalmente usado em fundações, muros de arrimo, barragens e outras estruturas.

O muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico é uma estrutura constituída de concreto e agregados de grandes dimensões. Sua execução consiste no preenchimento de uma forma de concreto e blocos de rocha de dimensões variadas.

A execução de um sistema de drenagem adequado é imprescindível, através de dreno de areia e barbacãs.

A seção transversal é usualmente trapezoidal, o que pode gerar uma economia significativa de material, conforme a figura 02:

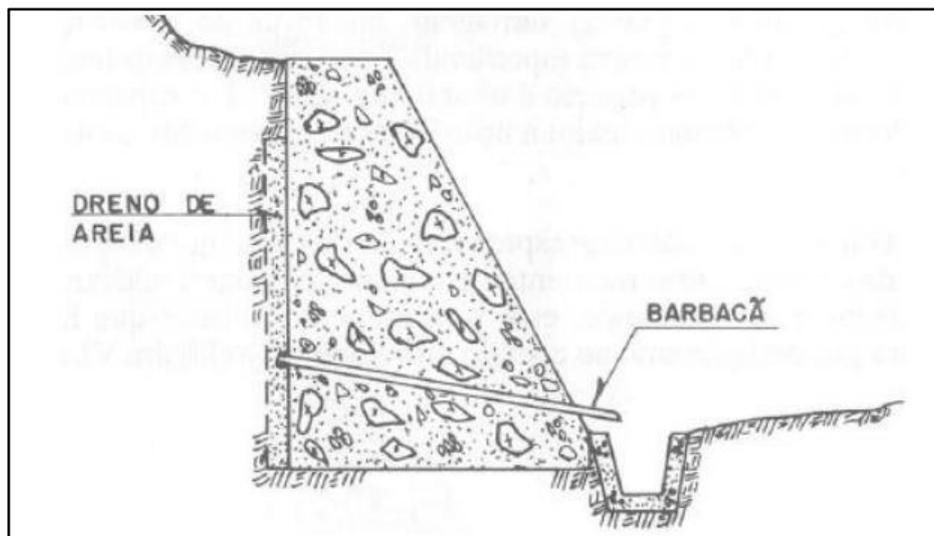


Figura 02 - Elementos constituintes da estrutura de concreto ciclópico. Fonte: IPT.

## 2. OBJETIVOS

### 2.2. Objetivo geral

O presente estudo tem como objetivo o comparativo de viabilidade econômica entre muros de arrimo por gravidade utilizando o gabião e utilizando o concreto ciclópico em um terreno cuja topografia solicita a construção de uma estrutura para conter uma determinada massa de solo cujo não é capaz de se obter sua inclinação natural estável para se obter um terreno plano, conforme mostra a figura 03, bem como seu levantamento de material e de custo, afim de estabelecer um comparativo entre as estruturas. Falando também de método construtivo e de detalhes como drenos, fundamentais para o ideal funcionamento das estruturas, a fim de evitar uma solicitação não prevista na estrutura devido ao empuxo do solo saturado.

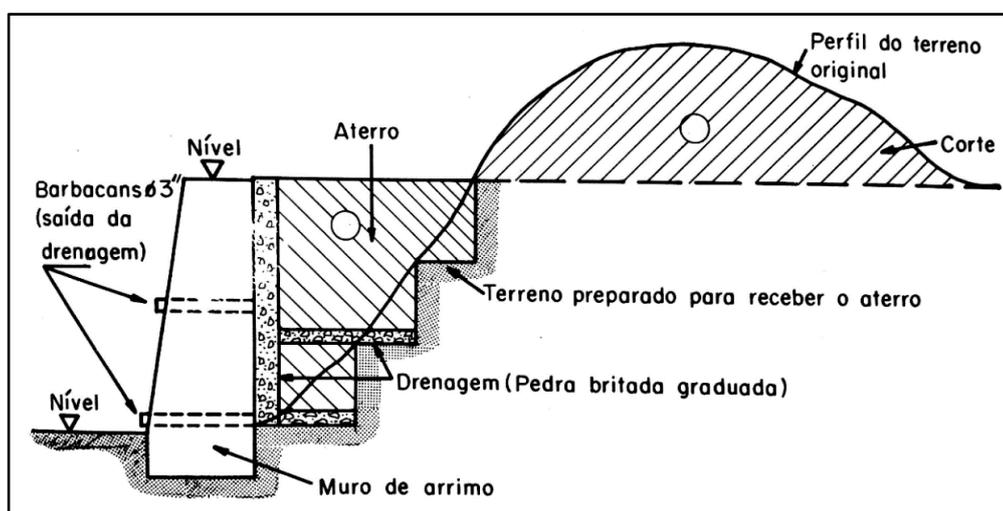


Figura 03 - Proposta de situação do muro de contenção.

Fonte: (MOLITERNO, 1980).

### 2.3. Objetivos específicos

- a) Determinação das condições para elaboração do projeto estrutural;
- b) Determinação da geometria dos elementos constituintes dos muros;
- c) Verificação das condições de estabilidade dos muros;
- d) Elaboração do projeto do muro de gabião;
- e) Elaboração do projeto do muro de concreto ciclópico;
- f) Levantamento do quantitativo de materiais;
- e) Elaboração dos indicadores.

### **3. JUSTIFICATIVA**

Em todos os ramos da engenharia, principalmente na área da civil, observa-se a necessidade de reduzir custos e prazos de execução das obras. Sem reduzir desempenho e segurança, mantendo em alta o padrão de qualidade das obras.

Por isso a escolha dos dois tipos de muros de arrimo, para analisar e confrontar indicadores que em função da complexidade de cada situação, poderão demandar a execução de estudos geotécnicos necessários à escolha e ao correto detalhamento da solução.

#### **4. METODOLOGIA**

O presente estudo tem como meta o dimensionamento e comparativo de viabilidade econômica, um utilizando o gabião e outro utilizando o concreto ciclópico, bem como seus detalhes de construção.

Que tem por finalidade em exemplificar os cálculos para dimensionamento de ambos os muros, de uma altura de 4,0 metros: pré-dimensionamento dos muros, determinação do empuxo, verificação da estabilidade solo-muro, determinação dos esforços, detalhamento, levantamento dos indicadores de produção e custo e seus respectivos métodos de construções.

Ao termino teremos uma conclusão de modo a orientar futuros projetos entre muros de contenção por gravidade utilizando o gabião ou utilizando concreto ciclópico.

## **5. MUROS DE CONTENÇÃO**

### **5.1 Característica do Projeto**

Neste trabalho serão comparados dois tipos de muros de arrimo por gravidade, que possuirão alturas iguais e sofrerão os mesmos carregamentos gerados por conter uma massa instável de solo, tendo em vista que terão uma sobre carga distribuída no valor de 2 tf/m<sup>2</sup>, observando que poderá existir tráfegos pesados após sua construção. Serão analisados se os mesmos suportarão estes carregamentos através de seus fatores de segurança. Após isso será levantado os indicadores para análise de comparação.

O primeiro muro a ser abordado será o de gabião e em seguida do concreto ciclópico.

### **5.2 Considerações gerais**

Muros de contenção ou arrimo são estruturas de parede vertical ou quase vertical, apoiadas diretamente no solo ou em uma fundação podendo ser rasa ou profunda. Podem ser construídos em alvenarias (tijolos ou pedras) ou em concreto (simples ou armado), ou ainda de elementos especiais. Os muros de contenção normalmente possuem um alto valor que impacta muito no custo de uma edificação. No estudo da terraplanagem de um terreno, deve se analisar os mínimos cortes possíveis para que se possa usar o mínimo de estruturas de contenções.

O muro de arrimo nada mais é do que um detalhe localizado, nas obras de estabilização das encostas, nas regiões montanhosas, junto às edificações estradas ou ruas. (MOLITERNO, 1994). Que completa, o engenheiro, antes de se decidir sobre a solução para atender ao problema de contenção de um talude, deve procurar se identificar com a natureza geológica onde deverá ser implantada a obra.

Os muros de arrimos possuem várias seções com nomes conhecidos, dentre elas as mais usais se ilustra conforme a figura 04, onde:

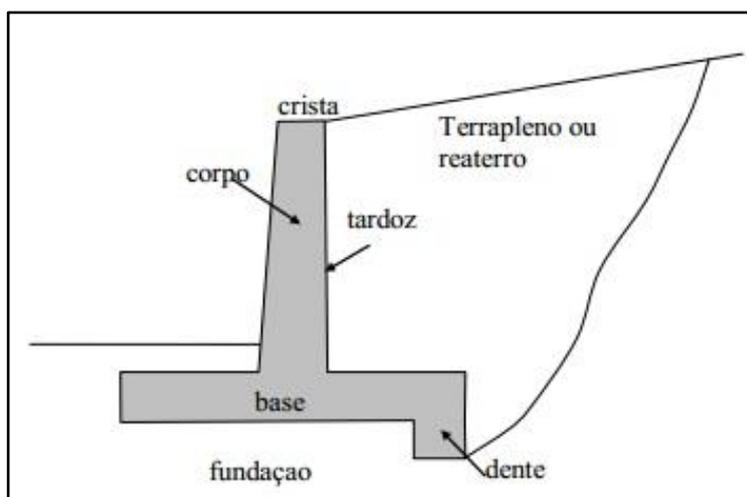


Figura 04: Elementos constituintes de um muro de arrimo.

Fonte: <http://www.siteba'rra.com.br/wp-content/uploads/2012/06/muro001.jpg> > acesso em: 14-05-2014

Segundo Moliterno (1994), o projeto de um muro de arrimo, como acontece em qualquer outro tipo de estrutura, consiste essencialmente na repetição sucessiva de 2 passos:

- a) Determinação ou estimativa das dimensões
- b) Verificação da estabilidade aos esforços atuantes

Para a escolha das dimensões, o projetista se utiliza da própria experiência e observação ou, ainda se orienta por formulas empíricas.

Determinar as forças que atuam na estrutura, tais como seu peso próprio, empuxos causados pela pressão da terra, eventuais cargas aplicadas no topo da estrutura e as reações do solo, contudo podendo ter ideia da estabilidade.

Ainda complementa que, conhecimentos da mecânica dos solos, são importantes em duas fases do projeto, tendo em vista que as estruturas têm como principal carregamento o empuxo da terra sendo passivo ou ativo provenientes dos cortes e aterro do terreno, que são:

- a) Avaliação da pressão da terra atuante no muro
- b) Verificação da capacidade suporte do solo das fundações

Assuntos esses que não são objetivo de aprofundamento do trabalho.

É de grande importância que se calcule o empuxo para uma estrutura de contenção, sabendo que existe a tendência do solo retornar a sua declividade natural. Para que o solo não tenda a retornar, o ângulo de atrito entre os grãos deve ser maior do que o ângulo de inclinação do talude.

Outro grande fator para o dimensionamento pode-se citar a sobrecarga, que levamos em conta a utilização de terrenos adjacentes. Se essa sobrecarga se apresenta de forma distribuída, segundo Moliterno (1994), são consideradas como uma altura de terra equivalente ao carregamento. Se for uma carga pontual, deve se analisar o ponto de atuação e verificar a carga gerada na estrutura de contenção.

Em solos coesivos, ocorre uma pressão negativa no solo que alivia a estrutura, porem segundo Moliterno (1994), na pratica não se leva em conta o valor da coesão, pois a mesma pode ser alterada com o decorrer do tempo pela natureza ou o próprio homem.

O emprego do empuxo na estrutura pode ser dado analiticamente por diversos métodos, porem as mais usuais são as três primeiras teorias relacionadas e formuladas por: Coulomb em 1773, Poncelet em 1840 e Rankine em 1856, conhecidas como teorias antigas e ainda são bem efetivas nos casos de muros de gravidade.

As aguas pluviais que escorrem até a estrutura de contenção devem ser controladas através de projetos específicos de drenagem, evitando que o solo fique saturado e ocorram solicitações não previstas em projeto, aumentando consideravelmente o empuxo atuante. Normalmente são projetadas drenagens denominados barbacãs, dispostos uniformemente ao longo da estrutura, conforme mostra a figura 05:

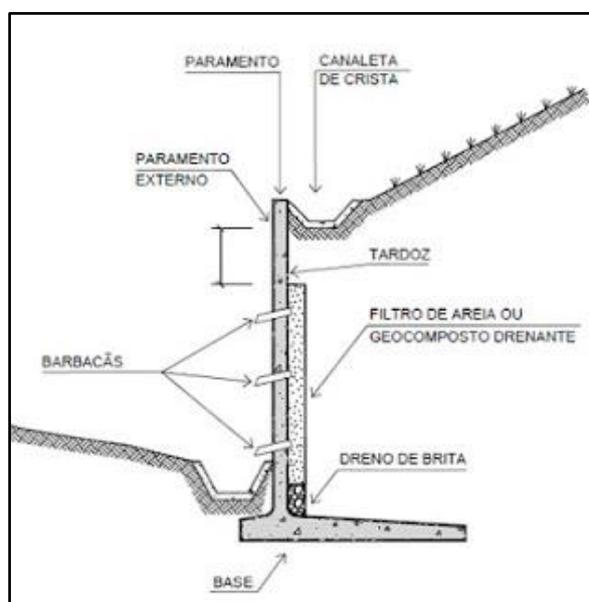


Figura 05: Drenagem usual em estrutura de contenção.

Fonte: <http://4.bp.blogspot.com/-xVWQ47SJWbw/T9JgOsdZPQI/AAAAAAAAAOI/a-r7I9YaSQg/s320/Muros+de+arrimo+5.jpg> > acesso em 14-04-2014

Um dos fatores que mais causam patologias e até ruínas das estruturas de contenção, são as más execução das drenagens.

## 6. CARACTERÍSTICAS DO SOLO

O solo proposto para o desenvolvimento para a estrutura de contenção por gravidade é o argiloso arenoso, tendo sua coesão anulada pois segundo Moliterno (1994) a coesão pode ser considerada uma carga negativa, fazendo uma redução no valor do empuxo, na prática, geralmente não se leva em conta o valor da coesão, pois a mesma pode ser alterada com o decorrer do tempo. O conhecimento de suas propriedades é de muita relevância, pois os esforços principais que atuarão na estrutura são provenientes do solo.

Segundo Marangão (1996), para determinação do peso específico caso não haja ensaios de laboratório, pode-se adotar o peso específico efetivo do solo a partir de valores aproximados da tabela 01, em função da consistência da argila. Consistências essas que são gerados através ensaio de resistência a penetração, o SPT (standard penetration test), de acordo com a NBR 7250/82.

N (golpes)	Consistência	peso específico (kN/m <sup>3</sup> )
≤ 2	muito mole	13,0
3 a 5	mole	15,0
6 a 10	média	17,0
11 a 19	rija	19,0
> 19	dura	21,0

Tabela 01: Peso específico dos solos argilosos

Fonte: adaptado de Godoy (1972).

Para a estimativa do ângulo de atrito do solo, será usada a fórmula desenvolvida por Godoy (1983), conforme a equação 1:

$$\varphi = 28^\circ + 0,4 \cdot N_{SPT} \quad (1)$$

Segundo Marangon (1996), a taxa de trabalho ou tensão admissível do solo é a capacidade do solo em absorver as cargas solicitantes, que também gerou valores de compressão e coesão das argilas, conforme a tabela 02:

Argilas e solos argilosos	Valores básicos	
	Mpa	Kg/cm <sup>2</sup>
Consistência dura	0,4	4
Consistência rija	0,2	2
Consistência média	0,2	1

Tabela 02: Tensão admissível dos solos argilosos. Método empírico.

Fonte: adaptado de Marangon (1996).

Todos os assuntos tratados sobre solo neste trabalho não é detalhado pois não é o objetivo do mesmo, para um melhor conhecimento orienta-se a leitura dos materiais citados na bibliografia.

Portanto os valores adotados são:

- a) Peso específico do solo -  $\gamma_s = 18,0 \text{ kN/m}^3$
- b) Ângulo de atrito do solo -  $\varphi = 30^\circ$
- c) Taxa de trabalho do solo -  $\sigma = 0,2 \text{ MPa}$
- d) Coesão -  $c = 0 \text{ N/m}^2$

## 7. EMPUXOS DE TERRAS

Empuxo de terra é a resultante das pressões laterais exercidas pelo solo sobre uma estrutura de arrimo ou de fundação. Estas pressões podem ser devido ao peso próprio do solo ou a sobre cargas aplicadas sobre ele.

Entende-se por empuxo de terra a ação horizontal produzida por um maciço de solo sobre as obras com ele em contato. O valor do empuxo de terra, assim como a distribuição de tensões ao longo do elemento de contenção, depende da interação solo-elemento estrutural durante todas as fases da obra. O empuxo atuando sobre o elemento estrutural provoca deslocamentos horizontais que, por sua vez, alteram o valor e a distribuição do empuxo, ao longo das fases construtivas da obra.

Sua magnitude depende:

- . Do desnível vencido pela estrutura;
- . Do tipo de características do solo;
- . Propriedades e deformação sofridas pela estrutura;
- . Posição do nível d'água;
- . Inclinação do aterro;
- . Entre outros...

Conforme MACHADO E MACHADO (1997), as obras de contenção exigem em seus dimensionamentos e análises de estabilidade, o conhecimento dos valores dos empuxos.

O empuxo de terra pode ser expresso em duas formas: o empuxo passivo e o empuxo ativo (neste trabalho trataremos como simplesmente, empuxo). O empuxo é passivo quando a estrutura se apoia no solo, gerando esforços de compressão. O empuxo ativo, é o solo que gera esforço no tardos da estrutura. E em casos em que o muro não sofre carga do solo e não gera carga no mesmo, caso este muito raro, pode-se dizer que o muro está em repouso, conforme mostra a figura 06:

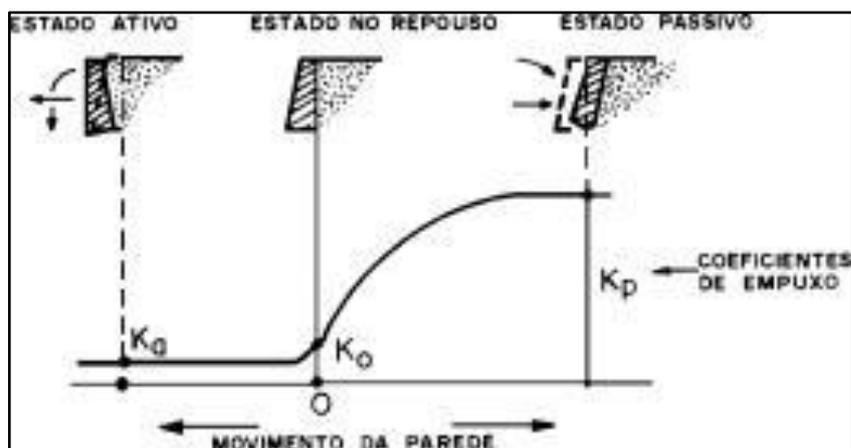


Figura 06: Estados de empuxo.

Fonte: <http://www.ebah.com.br> > acesso em: 14-05-2014

Os solos também se encontram a mercê das chuvas ou de uso dos homens, portanto essa água em contato com o solo acaba por penetrá-lo e ocupar os vazios existentes gerando assim um acréscimo no empuxo natural, acréscimo este que não é calculado por ser de tal grandeza que deixaria a estrutura inviável. Portanto a maneira mais coerente e eficaz de se construir um muro de contenção visando esta análise, é projetar a estrutura somente com o empuxo natural do solo seco e munir a estrutura com drenos eficazes que sejam capazes de retirar toda umidade do solo.

Os solos possuem duas estruturas que se pode avaliar para calcular o empuxo, que seriam: solos coesivos e solos não coesivos. Porém segundo Moliterno (1980), a coesão pode ser considerada uma carga negativa, fazendo uma redução na carga do empuxo, portanto a favor da segurança, todos os solos geralmente são tratados como não coesivos ao se determinar um empuxo, pois o mesmo pode ser alterado no decorrer do tempo.

Neste trabalho será demonstrada a teoria de Coulomb para cálculo do empuxo.

## 7.1 Teoria de Coulomb

Segundo o Barros (2010), uma maneira de se quantificar o empuxo ativo ou o passivo sobre uma estrutura de arrimo é se admitir que no instante da mobilização total da resistência do solo formam-se superfícies de deslizamento ou de ruptura no interior do maciço. Estas superfícies delimitariam então uma parcela do maciço que se movimentaria em relação ao restante do solo no sentido do deslocamento da estrutura. Se esta parcela for considerada como um corpo rígido, o empuxo pode então ser determinado do equilíbrio das forças atuantes sobre este corpo rígido.

O método de Coulomb admite que tais superfícies de ruptura sejam planas e o empuxo é aquele que age sobre a mais crítica das superfícies da ruptura planas.

Que cita também que a vantagem do método de Coulomb reside no fato de que se pode considerar a ocorrência de atrito entre a estrutura de arrimo e o solo, além de possibilitar a análise de estruturas com o parâmetro não vertical.

Para o caso de um solo não coesivo, as forças que agem sobre a cunha de solo formada no estado ativo estão mostradas na figura 07. Essas forças são o seu peso próprio  $P$  e a reação do maciço  $R$ , que devido ao atrito interno do solo tem uma obliquidade  $\phi$  em relação à superfície de ruptura, e o empuxo ativo  $E_a$ , que exhibe também uma obliquidade  $\delta$  em relação ao parâmetro da estrutura de arrimo. Esta última obliquidade é o ângulo de atrito entre o solo e a estrutura de arrimo. A superfície potencial de ruptura forma um ângulo  $\rho$  com a direção horizontal.

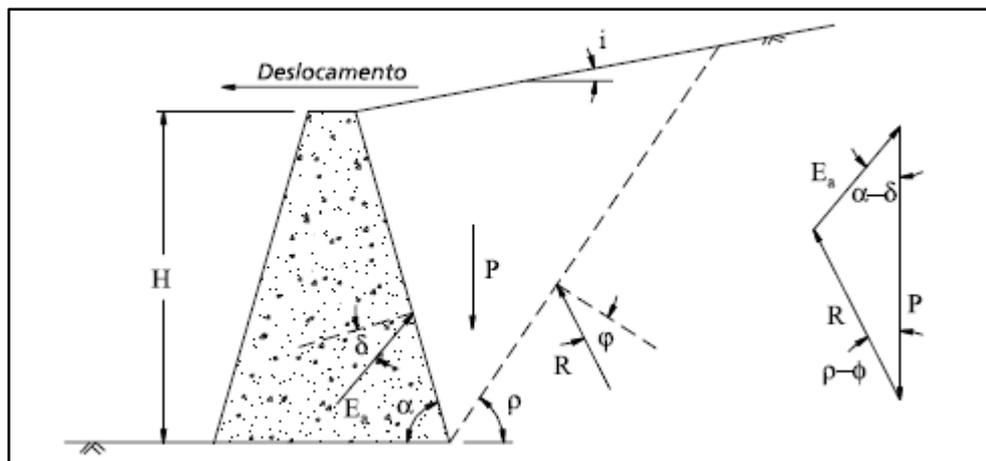


Figura 07 – Forças que agem sobre a cunha de solo no caso ativo.  
Fonte: (MACCAFERRI, 2010).

Desta forma temos o peso próprio:

$$P = \frac{\gamma H^2}{2 \cdot \text{sen}^2 \alpha} \cdot \left( \text{sen}(\alpha + \rho) \cdot \frac{\text{sen}(\alpha + i)}{\text{sen}(\rho - i)} \right) \quad (2)$$

O empuxo ativo pode ser determinado através do equilíbrio das forças obtendo seu valor máximo resumidamente:

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a \quad (3)$$

Onde:

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(\alpha+\phi)}{\text{sen}^2\alpha \cdot \text{sen}(\alpha-\delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi+\delta) \cdot \text{sen}(\phi-i)}{\text{sen}(\alpha-\delta) \cdot \text{sen}(\alpha+i)}}\right]^2} \quad (4)$$

No estado passivo há uma inversão nas obliquidades das forças  $R$  e  $E_p$  devido à inversão no sentido do deslocamento da estrutura, e a superfície mais crítica é aquela que leva  $E_p$  a um valor mínimo, conforme mostra a figura 08:

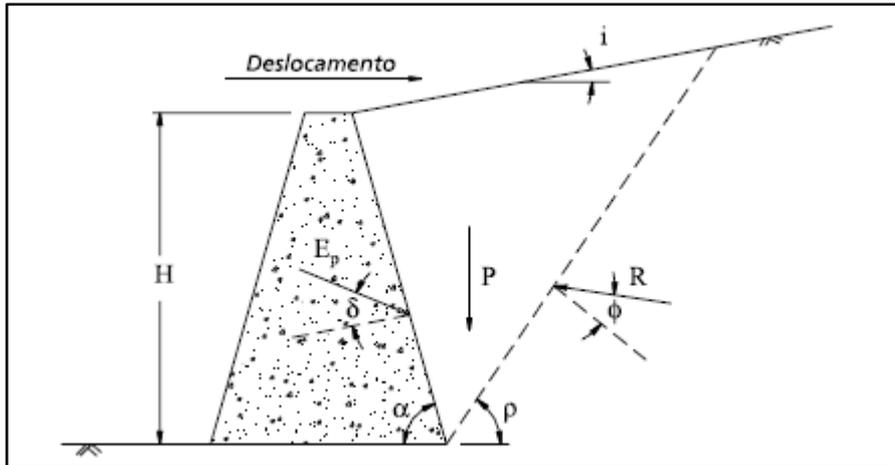


Figura 08 – Forças que agem sobre a cunha de solo no caso passivo.  
Fonte: (MACCAFERRI, 2010).

Então o valor do empuxo passivo  $E_p$  é dado por:

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_p \quad (5)$$

Onde:

$$K_p = \frac{\text{sen}^2(\alpha-\phi)}{\text{sen}^2\alpha \cdot \text{sen}(\alpha+\delta) \cdot \left[1 - \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi+\delta) \cdot \text{sen}(\phi+i)}{\text{sen}(\alpha+\delta) \cdot \text{sen}(\alpha+i)}}\right]^2} \quad (6)$$

As expressões obtidas mostram que o empuxo é resultado de uma distribuição triangular das pressões laterais. Então o ponto de aplicação do empuxo está localizado, também neste caso, a uma altura de  $\frac{H}{3}$  da base da estrutura.

No caso de haver uma sobre carga  $q$  uniformemente distribuída sobre o maciço, esta provocará um aumento no valor do empuxo. Este aumento pode ser determinado considerando a parte da sobrecarga que ocorre sobre a cunha de solo delimitada pela superfície de ruptura. Esta parcela  $Q$  se somará ao peso da cunha  $P$  e assim, provocará um aumento proporcional nas outras forças que agem sobre a cunha, conforme mostra a figura 09.

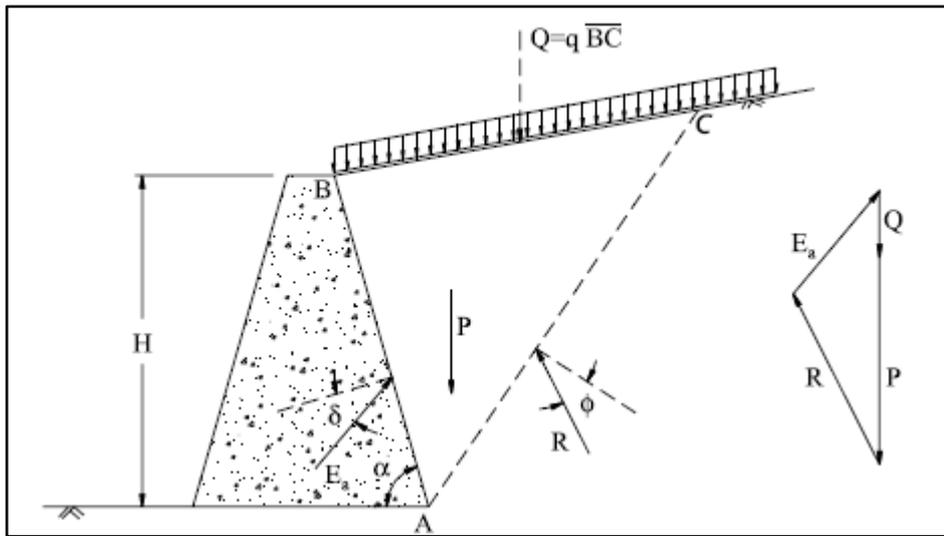


Figura 09 – Empuxo devido a sobrecarga distribuída uniforme.

Fonte: (MACCAFERRI, 2010).

Desta forma, o empuxo ativo  $E_a$  será dado por:

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a \cdot \text{sen } i + q \cdot H \cdot K_a \cdot \frac{\text{sen } \alpha}{\text{sen}(\alpha+i)} \quad (7)$$

Através desta expressão percebe-se que o efeito da sobrecarga distribuída de maneira uniforme ao longo do parâmetro, o que permite a determinação do ponto de aplicação do empuxo sobre a estrutura de arrimo. A primeira parcela da expressão acima de  $\frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a$  é devida apenas ao solo, e portanto, está aplicada a  $\frac{H}{3}$  da base da estrutura, enquanto a segunda parcela  $q \cdot H \cdot K_a \cdot \frac{\text{sen } \alpha}{\text{sen}(\alpha+i)}$  é devida à sobrecarga e estará aplicada a uma altura igual a  $\frac{H}{2}$ . O ponto de aplicação do empuxo total pode ser obtido do centro de gravidade das duas parcelas.

## **8. PRÉ-DIMENSIONAMENTO, DIMENSIONAMENTO, DETALHAMENTO, METODO DE CONSTRUÇÃO E CUSTO DO MURO DE ARRIMO.**

Neste trabalho iremos desenvolver dois exemplos práticos: um para estrutura em gabião e outro para estrutura em concreto ciclópico. Primeiramente admite-se um pré-dimensionamento para que após verificar-se a estabilidade do conjunto.

Segundo Moliterno (1994), para se equilibrar a resultante lateral das pressões que provocam o empuxo de terra, torna-se necessário fazer com que as cargas verticais sejam pelo menos iguais ao dobro da grandeza do empuxo. Isto somente poderá ser obtido, em se tratando de muros de arrimo, contando-se com o peso próprio do muro, ou então com parte do próprio peso da terra, responsável pela carga lateral. No caso em estudo serão os muros de gravidade.

### **8.1. Muros de gravidade utilizando o gabião**

No caso do muro de gravidade utilizando o gabião, a estrutura será dimensionada através do programa GAWACWIN BR - 2.0 Gabions Walls Calculation, criado e disponibilizado pelo Grupo MACCAFERRI, que consiste em um sistema de análise da estabilidade de muros de arrimo de gabiões sujeitos às mais diversas situações.

O programa leva em consideração as características mecânicas dos gabiões, produzidos pelo Grupo MACCAFERRI.

A primeira hipótese de cálculo adotada pelo programa é a que considera o problema com uma configuração plana. Por isso são necessários nada mais que as dimensões do problema no plano da seção. Outro fator que deve ser ressaltado é que a análise plana é mais pessimista que uma análise tridimensional, conduzindo o usuário a resultados a favor da segurança. Para utilizar o programa o usuário precisa apenas fornecer os dados do problema e em seguida acionar os comandos de análises. Ao final deste processo o programa emite um relatório com os dados do problema e os resultados dessas análises.

#### **8.1.1. Pré-dimensionamento**

As dimensões dos muros de arrimo utilizando o gabião caixa são padronizadas:

Comprimento sempre múltiplo de 1,0m e varia de 1,0m a 4,0m, com exceção do gabião de 1,5m;

. A largura é sempre de 1,0m e;

. A altura pode ser de 0,50m ou 1,0m.

### 8.1.2. Dimensionamento

O ambiente utilizado pelo Gawacwin® é um ambiente Windows, amigável e de fácil manuseio, onde apresenta um menu principal similar aos programas do office que dará as opções de partida ao usuário.

O primeiro passo na modelagem da estrutura é a inserção dos dados gerais do muro.

Na barra de menu, Muro o quadro Dados Gerais solicita as informações referentes aos materiais a serem utilizados na confecção do muro, além da inclinação em que este será construído. Importante ressaltar que as informações peso específico e porosidade são referentes aos gabiões, e não somente aos materiais de preenchimento, conforme mostram as figuras 10 e 11, respectivamente:

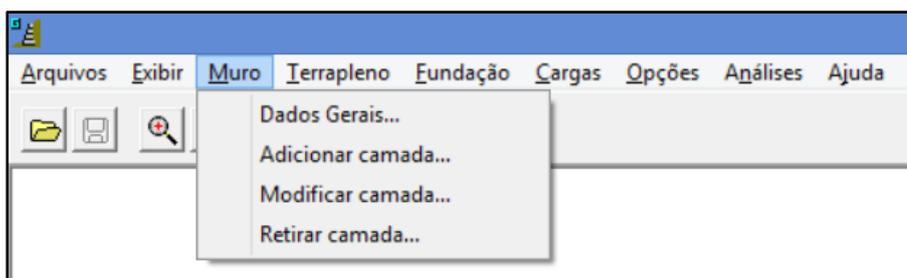


Figura 10 – interface do Gawacwin®, barra de menu, Muros.

Fonte: Adaptado Gawacwin®.

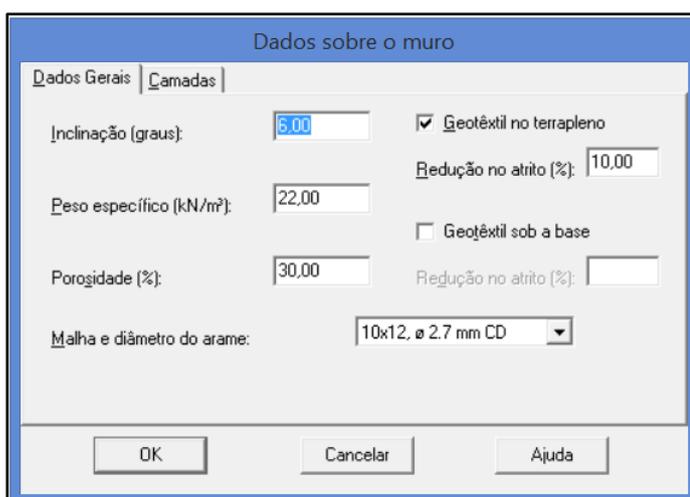


Figura 11 – interface do Gawacwin®, quadro Dados sobre o muro – Dados Gerais.

Fonte: Adaptado Gawacwin®.

Dentro do quadro Camadas serão inseridas as informações referentes à geometria da solução, sendo o dado deslocamento referente à distância que a camada se encontra da linha base que compõe a face da estrutura, e se igual a zero, resultará em um paramento frontal alinhado, conforme ilustra a figura 12:

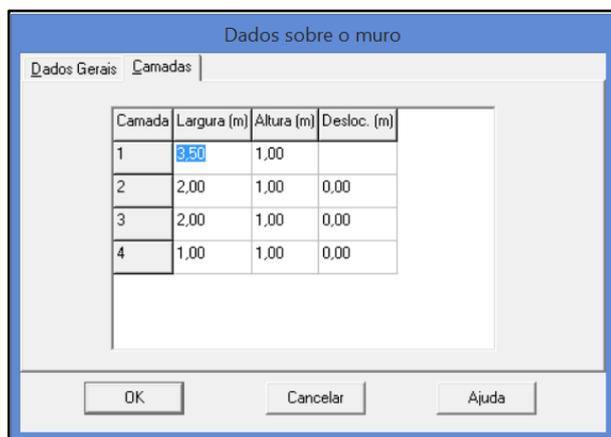


Figura 12 – interface do Gawacwin®, quadro Dados sobre o muro – Camadas.

Fonte: Adaptado Gawacwin®.

O próximo passo é a inserção dos dados referentes às camadas de solo. Primeiramente são solicitados os dados referentes à camada de fundação conforme figura 13, sendo eles a geometria da camada, propriedades do solo, tensão admissível (opcional) e altura do nível d'água caso esse exista no local, conforme ilustra a figura 14:

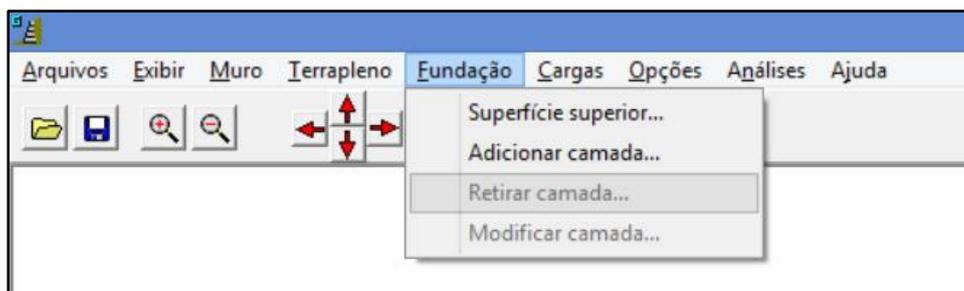


Figura 13 – interface do Gawacwin®, barra de menu, Fundações.

Fonte: Adaptado Gawacwin®.

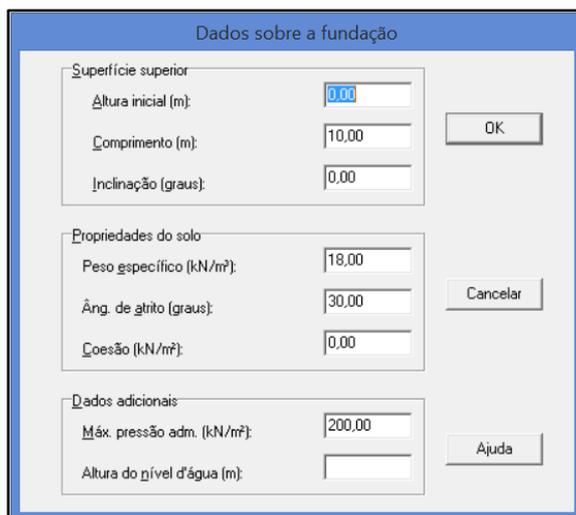


Figura 14 – interface do Gawacwin®, quadro Dados sobre a fundação.

Fonte: Adaptado Gawacwin®.

Em seguida se inserem os dados referentes às camadas de terrapleno (camada de solo contida pelo muro), conforme figura 15, seguindo sempre a mesma sequência lógica, começando pela geometria e seguindo para as propriedades do solo, conforme ilustra a figura 16:

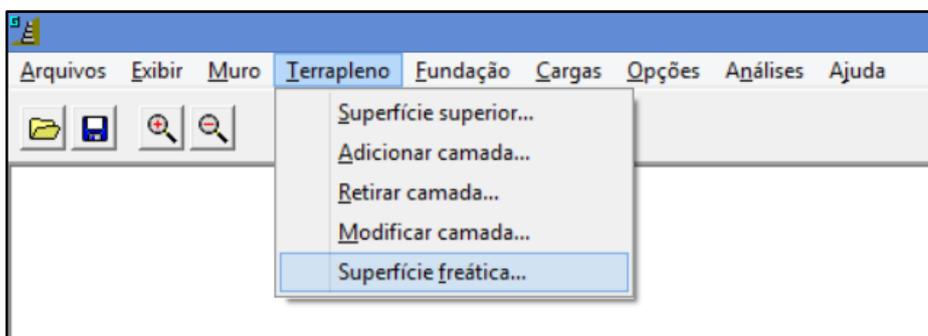


Figura 15 – interface do Gawacwin®, barra de menu, Terrapleno.

Fonte: Adaptado Gawacwin®.

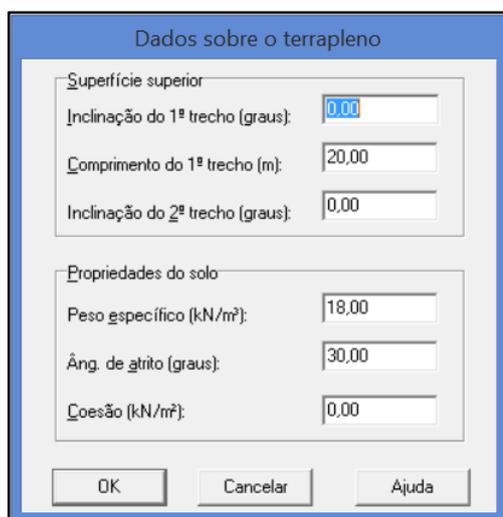


Figura 16 – interface do Gawacwin®, quadro Dados sobre o terrapleno.

Fonte: Adaptado Gawacwin®.

A adição de uma camada ao terrapleno, permiti ao usuário simular o que acontece em campo quando as estruturas em gabiões são construídas como contenções de corte, onde existe a necessidade de se realizar um corte no talude para permitir a construção do muro, sendo realizado posteriormente o reaterro dessa área.

A qualquer momento poderão ser realizadas adequações geométricas às camadas inseridas, apenas clicando sobre as mesmas. No caso da camada adicional do terrapleno, pode-se modifica-la movimentando-se os pontos vermelhos existentes sobre a linha.

A última informação a ser adicionada à modelagem da estrutura são as cargas à que a contenção estará submetida, conforme a figura 17, podendo estas serem distribuídas ou pontuais, conforme a figura 18, que podem ser aplicadas sobre o terrapleno ou sobre a própria estrutura em gabiões. Pode ser considerada ainda que a contenção esteja sujeita a ação sísmica.

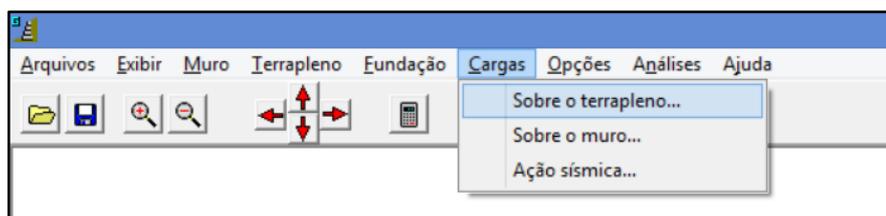


Figura 17 – interface do Gawacwin®, barra de menu, Cargas.

Fonte: Adaptado Gawacwin®.



Figura 18 – interface do Gawacwin®, quadro Cargas sobre o terrapleno.  
 Fonte: Adaptado Gawacwin®.

#### 8.1.4. Realizando as análises

Depois de realizada a modelagem da estrutura, se inicia o processo de verificação de sua estabilidade, conforme figura 19:

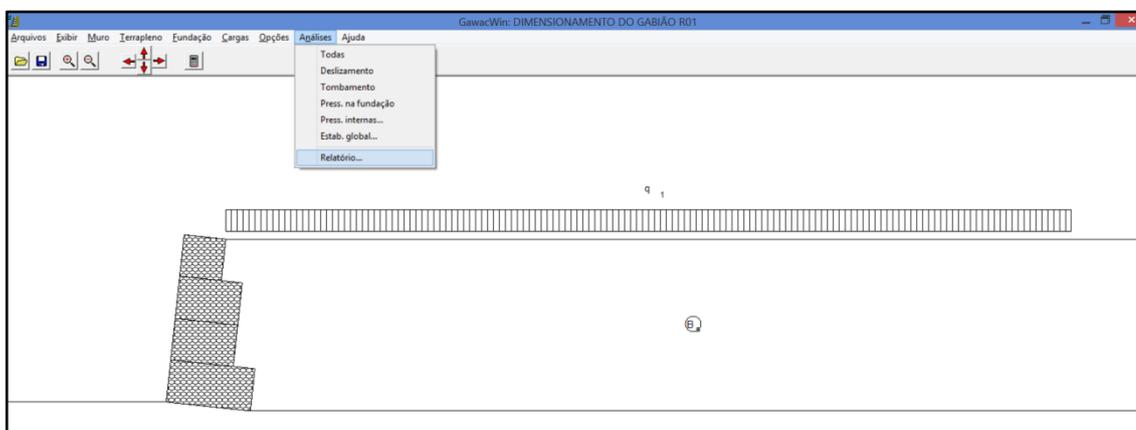


Figura 19 – interface do Gawacwin®, barra de menu, Análises.  
 Fonte: Adaptado Gawacwin®.

Ao clicar em Relatórios, o programa já solicitará um nome para o projeto para salvá-lo e logo após mostrará os dados obtidos conforme mostram as figuras a seguir:

Programa licenciado para: MACCAFERRI WEB VERSION PERU

Projeto: TCC II

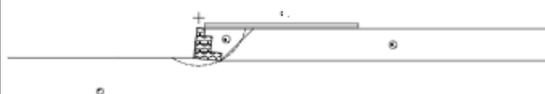
Arquivo: DIMENSIONAMENTO DO GABIÃO R02

Data: 09/11/2014

**DADOS DE ENTRADA****Dados sobre o muro**

Inclinação do muro : 6,00 graus  
 Peso específico da pedra : 22,00 kN/m<sup>3</sup>  
 Porosidade dos gabiões : 30,00 %  
 Geotêxtil no terrapleno : Sim  
 Redução do atrito : 10,00 %  
 Geotêxtil sob a base : Não  
 Redução do atrito : %  
 Malha e diâm. do arame: 10x12, ø 2.7 mm CD

Camada	Compr. m	Altura m	Início m
1	3,50	1,00	-
2	2,00	1,00	0,00
3	2,00	1,00	0,00
4	1,00	1,00	0,00

**Dados sobre o terrapleno**

Inclinação do 1º trecho : 0,00 graus  
 Comprimento do 1º trecho : 20,00 m  
 Inclinação do 2º trecho : 0,00 graus  
 Peso específico do solo : 18,00 kN/m<sup>3</sup>  
 Ângulo de atrito do solo : 30,00 graus  
 Coesão do solo : 0,00 kN/m<sup>2</sup>

## Camadas Adicionais no Terrapleno

Camada	Altura inicial m	Inclinação graus	Peso específico kN/m <sup>3</sup>	Coesão kN/m <sup>2</sup>	Ângulo de atrito graus
1	4,00	0,00	18,00	0,00	30,00
2	-0,45	45,00	18,00	0,00	30,00

Figura 20 – Relatório do Gawacwin®, dados de entrada.

Fonte: Adaptado Gawacwin®.

GawacWin 2003		Página 2			
Programa licenciado para: MACCAFERRI WEB VERSION PERU					
Projeto: TCC II		Data: 09/11/2014			
Arquivo: DIMENSIONAMENTO DO GABIÃO R02					
<b>Dados sobre a fundação</b>					
Altura da sup. superior	:	0,00 m			
Comprimento inicial	:	10,00 m			
Inclinação	:	0,00 graus			
Peso específico do solo	:	18,00 kN/m <sup>3</sup>			
Ângulo de atrito do solo	:	30,00 graus			
Coesão do solo	:	0,00 kN/m <sup>2</sup>			
Pressão adm. na fundação	:	200,00 kN/m <sup>2</sup>			
Altura do nível d'água	:	m			
Camadas Adicionais na Fundação					
Camada	Prof. m	Peso específico kN/m <sup>3</sup>	Coesão kN/m <sup>2</sup>	Ângulo de atrito graus	
<b>Dados sobre a superfície freática</b>					
Altura inicial	:	m			
Inclinação do 1º trecho	:	graus			
Comprimento do 1º trecho	:	m			
Inclinação do 2º trecho	:	graus			
Comprimento do 2º trecho	:	m			
<b>Dados sobre as cargas</b>					
Cargas distribuídas sobre o terrapleno		Primeiro trecho	:	20,00 kN/m <sup>2</sup>	
		Segundo trecho	:	kN/m <sup>2</sup>	
Cargas distribuídas sobre o muro		Carga	:	kN/m <sup>2</sup>	
Linhas de carga sobre o terrapleno					
Carga 1	:	kN/m	Dist. ao topo do muro	:	m
Carga 2	:	kN/m	Dist. ao topo do muro	:	m
Carga 3	:	kN/m	Dist. ao topo do muro	:	m
Linha de carga sobre o muro					
Carga	:	kN/m	Dist. ao topo do muro	:	m
<b>Dados sobre as ações sísmicas</b>					
Coefficiente horizontal	:	Coefficiente vertical	:		

Figura 21 – Relatório do Gawacwin®, dados sobre a fundação.

Fonte: Adaptado Gawacwin®.

<b>GawacWin 2003</b>		<b>Página 3</b>
Programa licenciado para: MACCAFERRI WEB VERSION PERU		
Projeto: TCC II		Data: 09/11/2014
Arquivo: DIMENSIONAMENTO DO GABIÃO R02		
<b>RESULTADOS DAS ANÁLISES</b>		
<b>Empuxos Ativo e Passivo</b>		
Empuxo Ativo	:	125,32 kN/m
Ponto de apl. ref. ao eixo X	:	2,44 m
Ponto de apl. ref. ao eixo Y	:	1,32 m
Direção do empuxo ref. ao eixo X	:	48,82 graus
Empuxo Passivo	:	0,00 kN/m
Ponto de apl. ref. ao eixo X	:	0,00 m
Ponto de apl. ref. ao eixo Y	:	0,00 m
Direção do empuxo ref. ao eixo X	:	0,00 graus
<b>Deslizamento</b>		
Força normal sob a base	:	228,34 kN/m
Ponto de apl. ref. ao eixo X	:	1,24 m
Ponto de apl. ref. ao eixo Y	:	-0,13 m
Força tangente sob a base	:	58,97 kN/m
Força resistente na base	:	152,83 kN/m
<b>Coef. de Segurança Contra o Deslizamento</b>	:	<b>2,30</b>
<b>Tombamento</b>		
Momento Atuante	:	108,65 kN/m x m
Momento Resistente	:	392,50 kN/m x m
<b>Coef. de Segurança Contra o Tombamento</b>	:	<b>3,61</b>
<b>Tensões Atuantes na Fundação</b>		
Excentricidade	:	0,31 m
Tensão normal na borda externa	:	117,61 kN/m <sup>2</sup>
Tensão normal na borda interna	:	29,20 kN/m <sup>2</sup>
Tensão máx. admissível na fundação	:	200,00 kN/m <sup>2</sup>

Figura 22 – Relatório do Gawacwin®, resultados das análises.

Fonte: Adaptado Gawacwin®.

GawacWin 2003		Página 4						
Programa licenciado para: MACCAFERRI WEB VERSION PERU								
Projeto: TCC II								
Arquivo: DIMENSIONAMENTO DO GABIÃO R02							Data: 09/11/2014	
<b>Estabilidade Global</b>								
Distância inicial à esquerda : m								
Distância inicial à direita : m								
Distância inicial abaixo da base : m								
Máxima profundidade permitida no cálculo : m								
Centro do arco ref. ao eixo X : 0,61 m								
Centro do arco ref. ao eixo Y : 5,29 m								
Raio do arco : 6,36 m								
Número de superfícies pesquisadas : 45								
<b>Coef. de Segurança Contra a Rup. Global : 1,55</b>								
<b>Estabilidade Interna</b>								
Camada	H m	N kN/m	T kN/m	M kN/m x m	$\tau$ Máx kN/m <sup>2</sup>	$\tau$ Adm. kN/m <sup>2</sup>	$\sigma$ Máx kN/m <sup>2</sup>	$\sigma$ Adm. kN/m <sup>2</sup>
1	3,09	111,45	34,64	80,55	17,32	48,38	77,10	475,79
2	2,09	78,63	19,30	71,47	9,65	39,19	43,25	
3	0,99	18,63	4,89	8,86	4,89	27,60	19,58	

Figura 23 – Relatório do Gawacwin®, estabilidade global.

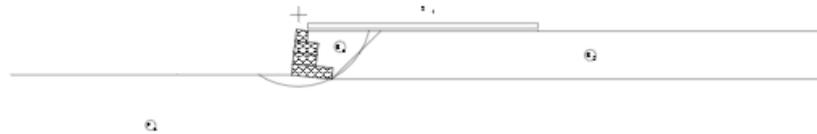
Fonte: Adaptado Gawacwin®.

Programa licenciado para: MACCAFERRI WEB VERSION PERU

Projeto: TCC II

Arquivo: DIMENSIONAMENTO DO GABIÃO R02

Data: 09/11/2014

**DADOS SOBRE O SOLO**

Solo	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	c kN/m <sup>2</sup>	$\phi$ graus	Solo	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	c kN/m <sup>2</sup>	$\phi$ graus
B <sub>s</sub>	18,00	0,00	30,00	F <sub>s</sub>	18,00	0,00	30,00
B <sub>1</sub>	18,00	0,00	30,00				
B <sub>2</sub>	18,00	0,00	30,00				

**CARGAS**

Carga	Valor kN/m <sup>2</sup>	Carga	Valor kN/m
q <sub>1</sub>	20,00		

**VERIFICAÇÕES DE ESTABILIDADE**

Coef. de Seg. Deslizamento	2,30	Tensão na base (esquerda)	117,61kN/m <sup>2</sup>
Coef. de Seg. Tombamento	3,61	Tensão na base (direita)	29,20kN/m <sup>2</sup>
Coef. de Seg. Rup. Global	1,55	Máxima tensão admissível	200,00kN/m <sup>2</sup>

Figura 24 – Relatório do Gawacwin®, resumo.

Fonte: Adaptado Gawacwin®.

### 8.1.3. Detalhamento

Verificar o apêndice 1.

### 8.1.4. Método construção

Os gabiões tipo caixa são despachados pelo fornecedor previamente dobrados, a fim de tomar o menor espaço possível e tornar econômico e fácil o transporte dos mesmos até o canteiro.

No local da montagem, a armadura metálica é desdobrada, aberta e estirada sobre uma superfície plana, organizando as paredes laterais e os diafragmas para formar uma caixa juntando os cantos superiores com os arames mais grossos que já saem dos mesmos e efetuando-se as costuras dos quatro vértices por meio de um fio do mesmo material da caixa, a fim de estabelecer uma estrutura monolítica e capaz de suportar as maiores deformações, obtendo a formação das caixas.

Essas costuras são executadas de modo contínuo, passando-se o fio em todas as malhas, dando-se volta simples e dupla a cada malha e prendendo-se, através desta operação, os dois fios da borda.

Preparados uma quantidade de gabiões fora da obra já costurados em forma de caixas e reunidos em grupos necessários a execução do trabalho, procede-se a ligação entre si, de tais grupos dispostos segundo o projeto da obra, com firmes costuras ao longo dos vértices em contato e executados como indicado anteriormente para a formação das caixas.

Os novos gabiões ou novos grupos de gabiões que serão gradualmente unidos, sempre serão firmemente costurados aqueles que já estão na obra, como também deverão estar estreitamente unidas entre si às várias camadas de gabiões em elevação.

Para obter um bom acabamento, aconselha-se realizar a união dos diferentes grupos de gabiões enquanto os mesmos se encontrarem vazios, ou seja, sem enchimento, puxe-os com tirfor ou use gabaritos de madeira para maior facilidade e rendimento do serviço de costura.

No decorrer da operação de enchimento, é necessário colocar dentro do gabião certo número de tirantes, como especificação da MACCAFERRI encha a caixa até 1/3 da capacidade total coloque os tirantes e após isso continue a preencher até 2/3 da capacidade total e coloque novamente os tirantes e por fim acabe de encher o gabião com até 5 cm acima da altura do gabião, com a função de se manterem sólidas entre si as paredes opostas da armadura metálica e de evitar, no caso de deformação da obra, um derreamento das caixas e conseqüentemente um prejudicial ensaque das pedras. É válido

ressaltar que não se pode preencher uma caixa sem que também a caixa ao lado esteja parcialmente preenchida.

Os tirantes são constituídos de madeiras ou de pedaços de fios de ferro zincado, os mesmos utilizados na costura, os quais serão enganchados a armadura metálica com uma ligação abraçando uma malha. Segundo a função e o presumível comportamento das varias partes da obra, os tirantes podem assumir diferentes posições, isto é, podendo ser horizontais e ou verticais. Normalmente, os tirantes verticais são colocados em plataformas e os horizontais em elevação de obras.

Os tirantes horizontais são aplicados no sentido transversal à caixa, para que possa prender as paredes oposta ou em ângulo, entre as duas paredes adjacentes. Os tirantes verticais ligam o fundo do gabião com a tampa.

Terminada a operação de enchimento, fecha-se o gabião abaixando-se a tampa, efetuando as necessárias costuras ao longo dos vértices. Para facilitar esta operação e fazer a tampa aderir melhor as margens das paredes verticais, pode ser usada uma ferramenta própria indicada pelo fabricante ou uma alavanca de ferro.

#### 8.1.5. Custo do muro de arrimo utilizando o gabião

De acordo com a EMOP – Empresa de Obras Públicas do Rio de Janeiro, foram retirados dados referente aos trabalhos, insumos e equipamentos necessários para a realização de um muro de arrimo utilizando o gabião tipo caixa de malha hexagonal de dupla torção, dados esses que serão calculados pela área da seção transversal por metro. A estrutura em questão possui uma área de seção transversal de 8,50 m<sup>2</sup>.

Os valores dos serviços apontados pela EMOP – Empresa de Obras Publicas do Rio de Janeiro, foram levantados através da SINAP – Índices da Construção Civil, fornecidos pela CAIXA Econômica Federal.

Portanto a tabela 03 mostra de forma detalhada as quantidades e os valores do muro de arrimo utilizando o gabião por metro de construção, em insumos, equipamentos e mão de obra, da seguinte forma:

**QUADRO DURAÇÃO - RECURSO ( QDR ) - GABIÃO TIPO CAIXA DE 1m DE ALTURA,  
MALHA EXAGONAL 8x10, FIO 2,7mm, INCLUSIVE O FORNECIMENTO E COLOCAÇÃO  
DE TODOS OS MATERIAIS - m<sup>3</sup>**

ATIVIDADE	UN	QUANTIDADE / m <sup>3</sup>	Codico EMOP	Total de material	Codico SINAP	Valor (Un.)	Valor (total)
-----------	----	-----------------------------	-------------	-------------------	--------------	-------------	---------------

INSUMOS							
Pinho de 3°, peça de 1" x 9"	m	0,45	00350	3,83	0000400 6	R\$ 464,24	R\$ 1.775,72
Pinho de 3°, peça de 3" x 3"	m	1,20	00368	10,20	0000400 6	R\$ 464,24	R\$ 4.735,25
Pedra de mão para a região do Grande Rio	m <sup>3</sup>	1,25	00442	10,63	0000473 0	R\$ 50,24	R\$ 533,80
Prego com ou sem cabeça de 12x12 a 18x30	kg	0,15	00453	1,28	0000506 6	R\$ 9,61	R\$ 12,25
Tela exagonal, 8x10cm, galvanizada, com zincagem pesada, em fio 2,7mm, para gabião caixa, com 2x1x1m	un.	0,50	06117	4,25	0003463 3	R\$ 423,58	R\$ 1.800,22
Filtro geotextil	kg	0,20	04781	1,70	0000401 3	R\$ 4,20	R\$ 7,14
EQUIPAMENTO							
Retro escavadeira (cp)	h	0,30	01860	2,55	0000604 4	R\$ 60,48	R\$ 154,22
MÃO DE OBRA							
Pedreiro	h	3,50	01968	29,75	0000475 0	R\$ 12,38	R\$ 368,31
Servente	h	5,00	01999	42,50	0000611 1	R\$ 8,11	R\$ 344,68
Armador	h	1,25	01998	10,63	0000037 8	R\$ 12,38	R\$ 131,54

VALOR TOTAL DE INSUMOS	R\$	8.864,37
VALOR TOTAL DE EQUIPAMENTO	R\$	154,22
VALOR TOTAL DE MÃO DE OBRA	R\$	844,52
<b>CUSTO DO MURO POR METRO LINEAR</b>	<b>R\$</b>	<b>9.863,12</b>

Tabela 03 – Custo do muro de arrimo utilizando o gabião por metro.  
Fonte: Autoria própria.

## 8.2. Muro de gravidade utilizando o concreto ciclópico

No caso do muro de gravidade utilizando o concreto ciclópico, a estrutura será dimensionada através de formulas empíricas estabelecida por Moliterno (1994) em seu caderno de muro de arrimos 2ed. Que ressalta, a contenção dos taludes com predominância desses materiais é ainda bastante empírica, conseguindo-se resultados satisfatórios desde que seja impedida a saturação.

Que consiste na verificação da estabilidade de um muro de arrimo, obedecendo a seguinte programação:

### 1. Fixação das dimensões

Partimos de uma estrutura pré-dimensionada, para ser verificada. As dimensões são obtidas, através de critérios empíricos e comparação com projetos executados.

### 2. Verificação do conjunto

Definidas as dimensões, calculam-se as cargas e verificamos as condições de estabilidade em relação ao terreno de fundação.

### 3. Verificação das secções intermediarias

Confirmada a estabilidade do conjunto, calculam-se as solicitações nas secções intermediarias, tanto no muro como na fundação.

Nos muros por gravidade, chamamos esta operação de verificação da estabilidade das juntas.

#### 8.2.1. Pré-dimensionamento

A construção do muro de contenção utilizando o concreto ciclópico com perfil trapezoidal, segundo Moliterno (1994), possui um pré-dimensionamento como ilustra a figura 25:

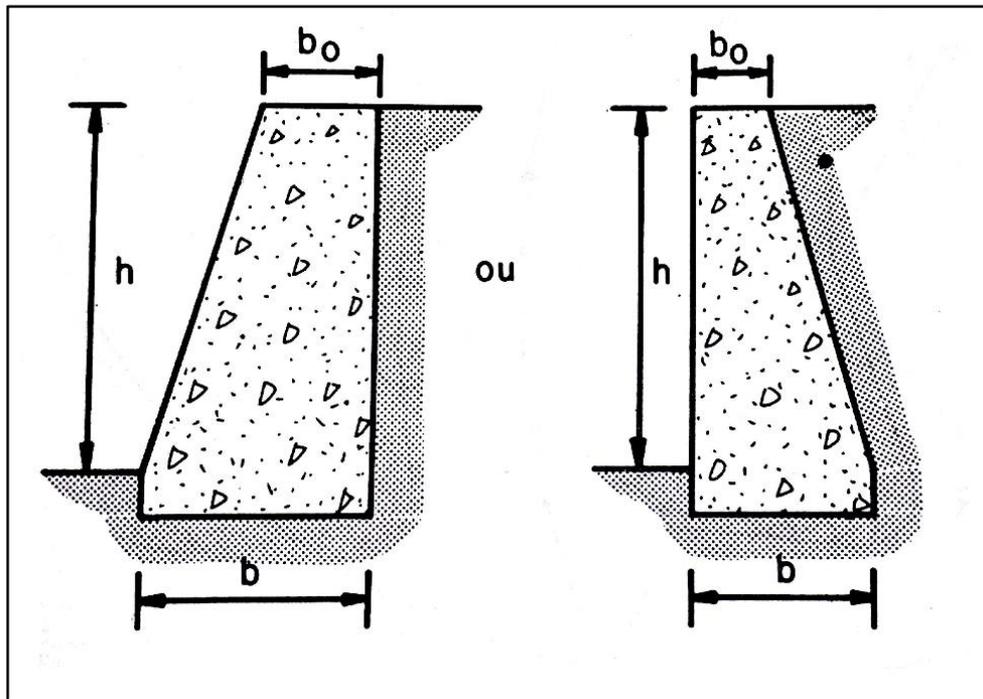


Figura 25: Pré dimensionamento muro de arrimo de concreto ciclópico de perfil trapezoidal.  
Fonte: (Moliterno (1994)).

Sendo  $b_0$  e  $b$  expressos pelas equações 7 e 8 respectivamente:

$$b_0 = 0,14h \quad (7)$$

$$b = b_0 + \frac{h}{3} \quad (8)$$

## 8.2.2. Dimensionamento

### 8.2.2.1. Elementos do projeto

- a) Altura do muro .....  $h = 4,00m$
- b) Inclinação do terreno adjacente .....  $\alpha = 0$
- c) Carga aplicada no topo .....  $G_0 = 0$
- d) Sobre carga no terreno adjacente junto ao muro .....  $q = 2tf/m^2$
- e) Ângulo do talude natural .....  $\varphi = 30^\circ$
- f) Parâmetro interno (tardo) vertical .....  $\theta_i = 0$
- g) Ângulo de rugosidade – parâmetro interno liso .....  $\varphi_1 = 0$
- h) Massa específica aparente do terreno .....  $\gamma_t = 1,80 tf/m^3$
- i) Massa específica aparente do concreto .....  $\gamma = 2,20tf/m^3$
- j) Taxa do terreno de fundação .....  $\bar{\sigma}_s = 2Kgf/cm^2$

l) Tensão admissível do concreto .....  $f_{cd} = 15MPa$

m) Coeficientes de atrito:

1)  $\frac{\text{Concreto}}{\text{Concreto}}$  .....  $\mu = 0,70$

2)  $\frac{\text{Concreto}}{\text{Solo}}$  .....  $\mu = 0,55$

n) Coeficientes de segurança:

1) Segurança contra escorregamento .....  $\varepsilon_1 \geq 1,5$

2) Segurança contra rotação .....  $\varepsilon_2 \geq 1,5$

#### 8.2.2.2. Formulas empíricas

$$b_0 = 0,14h = 0,14 \cdot 4,00 = 0,56 \text{ (9)}$$

$$b_{0\text{adotado}} = 1,20m \text{ (10)}$$

$$b = b_0 + \frac{h}{4} = 0,56 + \frac{4}{3} = 1,89m \text{ (11)}$$

$$b_{\text{adotado}} = 3m \text{ (12)}$$

$$h_s = 0,30m \text{ (13)}$$

#### 8.2.2.3. Verificação de estabilidade

Parte 1 – Verificação da estabilidade do conjunto – (junta do terreno de fundação)

1) Calculo do empuxo

a) Coeficiente de Coulomb.

$$\alpha = 0$$

$$K = tg^2 \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right) = tg^2 \left( 45 - \frac{30}{2} \right) = 0,33 \text{ (14)}$$

b) Altura de terra equivalente à sobre carga.

$$h_0 = \frac{q}{\gamma_t} = \frac{2}{1,8} = 1,11m \text{ (15)}$$

c) Altura total.

$$H = h + h_0 = 4 + 1,11 = 5,11m \text{ (17)}$$

d) Grandeza.

$$E = \frac{1}{2} K \gamma_t (H^2 - h_0^2) = \frac{1}{2} \cdot 0,33 \cdot 1,8 \cdot (4^2 - 1,11^2) = 7,46 \text{ tf/m (18)}$$

e) Ponto de aplicação.

$$y = \frac{h}{3} \cdot \frac{2h_0 + H}{h_0 + H} = \frac{4}{3} \cdot \frac{2 \cdot 1,11 + 5,11}{1,11 + 5,11} = 1,57 \text{ m (19)}$$

f) Direção.

$$\delta = \varphi_1 + \theta_i = 0 \text{ (20)}$$

g) Componentes.

$$E_v = E \cdot \text{sen} \delta = 0 \text{ (21)}$$

$$E_h = E \cdot \text{cos} \delta = 7,46 \cdot \text{cos} 0 = 7,46 \text{ tf/m (22)}$$

h) Braços.

$$y' = y + h_s = 1,57 + 0,30 = 1,87 \text{ m (23)}$$

2) Cargas e respectivos braços

a) Muro.

$$G_M = \frac{1}{2} h \gamma (b_0 + b) = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 2,2 \cdot (1,20 + 3) = 18,48 \text{ tf/m (24)}$$

Ponto de aplicação:

$$x_M = \frac{b_0^2 + b \cdot b_0 + b^2}{3(b + b_0)} = \frac{1,20^2 + 3 \cdot 1,20 + 3^2}{3(3 + 1,20)} = 1,11 \text{ m (25)}$$

Braço:

$$g_m = b - x_m = 3 - 1,11 = 1,89 \text{ m (26)}$$

b) Sapata.

$$G_s = h_s \gamma b = 0,30 \cdot 2,20 \cdot 3,00 = 1,98 \text{ tf/m (27)}$$

Braço:

$$g_s = \frac{b}{2} = \frac{3}{2} = 1,50 \text{ m (28)}$$

3) Momentos.

$$M_i = G_M g_M + G_s g_s = 18,48 \cdot 1,89 + 1,98 \cdot 1,50 = 37,82 \text{ tfm (29)}$$

$$M_e = E y' = 7,46 \cdot 1,87 = 13,96 \text{ tfm (30)}$$

$$M = M_i - M_e = 37,82 - 13,96 = 23,86 \text{ tfm (31)}$$

4) Posição do centro de pressão

$$N = G_M + G_s = 18,48 + 1,98 = 20,46tf \quad (32)$$

$$u = \frac{M}{N} = \frac{23,86}{20,46} = 1,17m \quad (33)$$

5) Excentricidade

$$e = \frac{b}{2} - u = \frac{3}{2} - 1,17 = 0,33m \quad (34)$$

6) Equilíbrio estático

a) Coeficiente de segurança contra escorregamento

$$\varepsilon_1 = \mu \frac{N}{T} = 0,55 \cdot \frac{20,46}{7,46} = 1,51 > 1,50 \rightarrow Ok \quad (35)$$

$$T = E \quad (36)$$

b) Coeficiente de segurança contra rotação

$$\varepsilon_2 = \frac{G_M g_M + G_s g_s}{E \gamma'} = \frac{M_i}{M_e} = \frac{37,82}{13,96} = 2,71 > 1,50 \rightarrow Ok \quad (37)$$

7) Equilíbrio Elástico

Cálculos auxiliares

$$\frac{N}{b} = \frac{20,46}{3} = 6,82tf/m^2 \quad (38)$$

$$\frac{6e}{b} = \frac{6 \cdot 0,33}{3} = 0,67 \quad (39)$$

Tensões:

Máxima:

$$\sigma_1 = \frac{N}{b} \left(1 + \frac{6e}{b}\right) = \frac{20,46}{3} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 0,33}{3}\right) = 11,37tf/m^2 < \sigma_s \quad (40)$$

Mínima:

$$\sigma_2 = \frac{N}{b} \left(1 - \frac{6e}{b}\right) = \frac{20,46}{3} \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot 0,33}{3}\right) = \frac{2,27tf}{m^2} > 0 \quad (41)$$

#### 8.2.2.4. Verificação da estabilidade das juntas

Vamos verificar as juntas, para cada 1m a partir do topo do muro.

O cálculo será analítico e os resultados serão resumidos na tabela 03:

1) Cálculo das cargas parciais

a) Empuxos

Junta - 1

$$H = h + h_0 = 1,0 + 1,11 = 2,11m \text{ (42)}$$

$$H^2 = 4,46 \text{ (43)}$$

$$E = \frac{1}{2} K \gamma_t (H^2 - h_0^2) = \frac{1}{2} \cdot 0,33 \cdot 1,8 \cdot (4,46^2 - 1,11^2) = 0,97tf/m \text{ (44)}$$

Junta - 2

$$H = h + h_0 = 2,0 + 1,11 = 3,11m \text{ (45)}$$

$$H^2 = 9,68 \text{ (46)}$$

$$E = \frac{1}{2} K \gamma_t (H^2 - h_0^2) = \frac{1}{2} \cdot 0,33 \cdot 1,8 \cdot (9,68^2 - 1,11^2) = 2,53tf/m \text{ (47)}$$

Junta - 3

$$H = h + h_0 = 3,0 + 1,11 = 4,11m \text{ (48)}$$

$$H^2 = 16,90 \text{ (49)}$$

$$E = \frac{1}{2} K \gamma_t (H^2 - h_0^2) = \frac{1}{2} \cdot 0,33 \cdot 1,8 \cdot (16,90^2 - 1,11^2) = 4,70tf/m \text{ (50)}$$

Junta - 4

$$H = h + h_0 = 4,0 + 1,11 = 5,11m \text{ (51)}$$

$$H^2 = 26,12 \text{ (52)}$$

$$E = \frac{1}{2} K \gamma_t (H^2 - h_0^2) = \frac{1}{2} \cdot 0,33 \cdot 1,8 \cdot (26,12^2 - 1,11^2) = 7,46tf/m \text{ (53)}$$

b) Pesos

$$\Delta = \frac{b-b_0}{4} \text{ (54)}$$

Junta -1

$$b_i = b_0 + \Delta b = 1,20 + \frac{3,00-1,20}{4} = 1,65m \text{ (55)}$$

$$G = \frac{1}{2} h \gamma (b_0 + b_i) = \frac{1}{2} \cdot 1,00 \cdot 1,80 \cdot (1,20 + 1,65) = 3,14tf/m \text{ (56)}$$

Junta - 2

$$b_i = b_0 + \Delta b = 1,20 + \frac{3,00-1,20}{4} + 0,45 = 2,10m \text{ (57)}$$

$$G = \frac{1}{2} h \gamma (b_0 + b_i) = \frac{1}{2} \cdot 2,00 \cdot 1,80 \cdot (1,20 + 2,10) = 7,26tf/m \text{ (58)}$$

Junta - 3

$$b_i = b_0 + \Delta b = 1,20 + \frac{3,00-1,20}{4} + 2 \cdot 0,45 = 2,55m \text{ (59)}$$

$$G = \frac{1}{2} h \gamma (b_0 + b_i) = \frac{1}{2} \cdot 3,00 \cdot 1,80 \cdot (1,20 + 2,55) = 12,38tf/m \text{ (60)}$$

Junta - 4

$$b_i = b_0 + \Delta b = 1,20 + \frac{3,00-1,20}{4} + 3 \cdot 0,45 = 3,00m \quad (61)$$

$$G = \frac{1}{2} h \gamma (b_0 + b_i) = \frac{1}{2} \cdot 4,00 \cdot 1,80 \cdot (1,20 + 3,00) = 18,48tf/m \quad (62)$$

2) Calculo dos braços

a) Empuxos .....  $H = h + h_0$

$$\text{Junta - 1..... } y = \frac{h}{3} \cdot \frac{2h_0+H}{h_0+H} = \frac{1}{3} \cdot \frac{2 \cdot 1,11+1,00+1,11}{1,11+1,00+1,11} = 0,45m \quad (63)$$

$$\text{Junta - 2..... } y = \frac{h}{3} \cdot \frac{2h_0+H}{h_0+H} = \frac{2}{3} \cdot \frac{2 \cdot 1,11+2,00+1,11}{1,11+2,00+1,11} = 0,84m \quad (63)$$

$$\text{Junta - 3..... } y = \frac{h}{3} \cdot \frac{2h_0+H}{h_0+H} = \frac{3}{3} \cdot \frac{2 \cdot 1,11+3,00+1,11}{1,11+3,00+1,11} = 1,21m \quad (64)$$

$$\text{Junta - 4..... } y = \frac{h}{3} \cdot \frac{2h_0+H}{h_0+H} = \frac{4}{3} \cdot \frac{2 \cdot 1,11+4,00+1,11}{1,11+4,00+1,11} = 1,57m \quad (65)$$

b) Pesos

Junta - 1

$$x = \frac{b_0^2+b_0 \cdot b_i+b_i^2}{3(b_0+b_i)} = \frac{1,20^2+1,20 \cdot 1,65+1,65^2}{3 \cdot (1,20+1,65)} = 0,72m \quad (66)$$

$$g = b_i - x = 1,65 - 0,72 = 0,93m \quad (67)$$

Junta - 2

$$x = \frac{b_0^2+b_0 \cdot b_i+b_i^2}{3(b_0+b_i)} = \frac{1,20^2+1,20 \cdot 2,10+2,10^2}{3 \cdot (1,20+2,10)} = 0,85m \quad (68)$$

$$g = b_i - x = 2,10 - 0,85 = 1,25m \quad (69)$$

Junta - 3

$$x = \frac{b_0^2+b_0 \cdot b_i+b_i^2}{3(b_0+b_i)} = \frac{1,20^2+1,20 \cdot 2,55+2,55^2}{3 \cdot (1,20+2,55)} = 0,98m \quad (70)$$

$$g = b_i - x = 2,55 - 0,98 = 0,93m \quad (71)$$

Junta - 4

$$x = \frac{b_0^2+b_0 \cdot b_i+b_i^2}{3(b_0+b_i)} = \frac{1,20^2+3,00 \cdot 1,65+3,00^2}{3 \cdot (1,20+3,00)} = 1,11m \quad (72)$$

$$g = b_i - x = 3,00 - 1,11 = 1,89m \quad (73)$$

3) Momentos

a) Pesos

$$\text{Junta - 1..... } M_G = G \cdot g = 3,14 \cdot 0,93 = 2,92tfm \quad (74)$$

$$\text{Junta - 2..... } M_G = G \cdot g = 7,26 \cdot 1,26 = 9,11tfm \quad (75)$$

$$\text{Junta - 3..... } M_G = G \cdot g = 12,38 \cdot 1,57 = 19,45 \text{tfm (76)}$$

$$\text{Junta - 4..... } M_G = G \cdot g = 18,48 \cdot 1,89 = 34,85 \text{tfm (77)}$$

b) Empuxos

$$\text{c) Junta - 1..... } M_E = E \cdot y = 0,97 \cdot 0,45 = 0,43 \text{tfm (78)}$$

$$\text{d) Junta - 2..... } M_E = E \cdot y = 2,53 \cdot 0,84 = 2,13 \text{tfm (79)}$$

$$\text{e) Junta - 3..... } M_E = E \cdot y = 4,70 \cdot 1,21 = 5,69 \text{tfm (80)}$$

$$\text{f) Junta - 4..... } M_E = E \cdot y = 7,46 \cdot 1,57 = 11,72 \text{tfm (81)}$$

4) Tabela geral – Resultados

TABELA GERAL DE RESULTADOS														
JUNTAS	DIMENÇÕES			CARGAS		MOMENTOS tfm			POSIÇÃO C. Pm	EXCENTRICIDADE em.	COEFICIENTE DE SEG.		TENÇÕES tf/m <sup>2</sup>	
	$b_i$	$h$	$H$	$G$	$E$	$M_G$	$M_E$	$M$			$\varepsilon_1$	$\varepsilon_2$	$\sigma_1$	$\sigma_2$
	1	1,65	1,00	2,11	3,14	0,97	2,92	0,43			2,49	0,79	0,03	2,27
2	2,10	2,00	3,11	7,26	2,53	9,11	2,13	6,98	0,96	0,09	2,01	4,27	4,34	2,58
3	2,55	3,00	4,11	12,38	4,70	19,45	5,69	13,76	1,11	0,16	1,84	3,42	6,72	2,99
4	3,00	4,00	5,11	18,48	7,46	34,85	11,72	23,13	1,25	0,25	1,73	2,97	9,22	3,10

Tabela 04 – Tabela geral de resultados.

Fonte: Autoria própria.

As condições de equilíbrio foram satisfeitas, tendo  $\varepsilon_1$  e  $\varepsilon_2$  maiores que 1,5, e  $\sigma_2 > 0$  mostrando que não tração. E na junta do terreno temos  $\sigma_{max} = \frac{9,22 \text{tf}}{\text{m}^2} < \bar{\sigma} = 20 \text{tf/m}^2$ , também de acordo com as condições inicialmente especificadas.

### 8.2.3. Detalhamento

Verificar o apêndice 2.

### 8.2.4. Método de construção

Segundo a Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas, o muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico é uma estrutura constituída de concreto e agregados de grandes dimensões. Sua execução consiste no preenchimento de uma fôrma com concreto e blocos de rocha de dimensões variadas. São construídos gabaritos de madeira a cada 10m, ao longo do eixo dos mesmos, definindo a seção do maciço conforme as dimensões do projeto.

A manutenção da seção transversal do muro é garantida através da utilização de linhas de nylon ou arame recozido devidamente esticados, passados de um gabarito ao outro.

Efetuada a locação do alinhamento do muro, é efetuada a escavação da área. Em contenções de corte é feita uma escavação adicional a montante do muro, o muro de concreto ciclópico deve ser assentado na cota prevista em projeto, sendo que qualquer adequação de campo deve ser autorizada pela fiscalização, executando-se um talude de pequeno ângulo que ofereça segurança a área de trabalho, de maneira que seja propiciado um espaço maior para a execução dos serviços. A execução dos reaterros e aterros como complementação dos terraplenos somente deve ser efetuada após o término dos muros.

Após a escavação, o fundo das cavas deverá ser compactado e regularizado com a aplicação de um lastro de concreto magro com 5cm.

Deverão ser selecionadas pedras de boa qualidade e graduação uniforme, não se admitindo o uso de material em estado de decomposição ou proveniente da capa de pedra.

As pedras deverão ser assentadas com argamassa de cimento no traço indicado no projeto ou na falta desta indicação, no traço 1:4.

A dosagem do concreto ciclópico deve atender aos seguintes critérios:

Percentual do agregado miúdo em relação do volume total do agregado: entre 35% a 40%.

Percentual da pedra de mão em relação do volume total do agregado: 30%: no máximo.

A pedra de mão deve ser incorporada à massa de concreto no momento da concretagem. Tendo em vista as maiores espessuras do concreto, as formas devem ser adequadamente es- coradas, mantendo estanqueidade de bom nível.

Essas pedras serão colocadas lado a lado em camadas horizontais, e umedecidas em toda a largura e comprimento do muro, lançando-se, em seguida, a argamassa sobre a superfície das mesmas, de modo a possibilitar a aderência com a camada subsequente.

Para evitar rachaduras provocadas pelas retrações do muro, pelas variações da temperatura ou por pequenas acomodações do terreno de fundação, recomenda-se colocar juntas verticais ao longo da extensão do mesmo. Estas juntas, distantes entre si de 6 a 10 metros, devem ser colocadas quando da execução do muro, podendo ser em neopreme, borracha ou outro material designado pelas especificações da obra. Deverão ser revestidas posteriormente com asfalto.

Os vazios entre as pedras de mão serão preenchidas com pedras menores, sempre que possível, para proporcionar uma melhor coesão sobre elas, aumentando assim, a estabilidade do maciço. Desse modo, em camadas sucessivas, o muro será executado até atingir a altura indicada no projeto.

No caso de parâmetros de contenção, deverá ser prevista a drenagem das águas oriundas do talude, por meio de barbacãs uniformemente distribuídos de acordo com o projeto. Na falta de um projeto específico, considera-se como ideal a proporção de 100 cm<sup>2</sup> de drenos por metro quadrado de parâmetro. Esses dispositivos serão colocados durante a execução do muro, nas coordenadas e declividades definidas em projetos.

Quando o muro de contenção interceptar o lençol freático ou quando a permeabilidade do terreno contido apresentar-se elevada, simultaneamente com a confecção do muro deverá ser executada uma camada de material filtrante (areia, brita, manta geotêxtil) com 20 cm de espessura, internamente, em toda a altura do parâmetro em contato com o terreno.

A execução de um sistema de drenagem adequado é imprescindível, através de dreno de areia e barbacãs.

A estrutura de drenagem de um muro de arrimo é usualmente feita de forma que as tubulações fiquem espaçadas entre si na horizontal de 2,00m em 2,00m e na vertical de 1,00m a 1,00m, tubulações estas que podem ser de PVC de 3" chamada de barbacãs e no lado do tardos usa-se algum material drenante, no caso normalmente é feito com brita 2, como ilustra a figura 26.

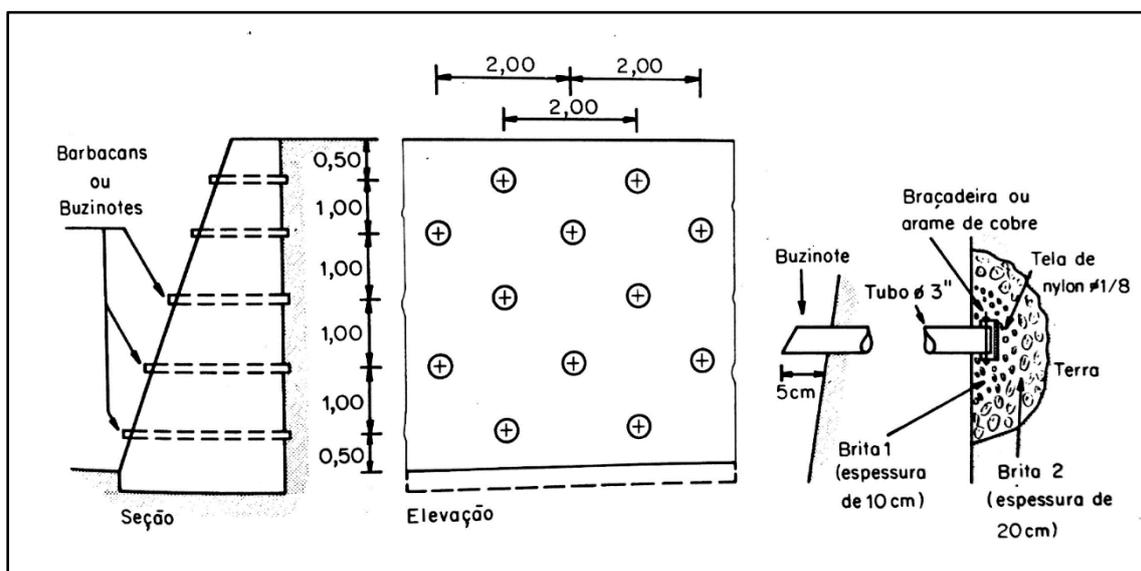


Figura 26: Detalhe das drenagens.  
Fonte: (MOLITERNO, 1980).

#### 8.2.5. Custo do muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico

De acordo com a EMOP – Empresa de Obras Públicas do Rio de Janeiro, foram retirados dados referente aos trabalhos, insumos e equipamentos necessários para a realização de um muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico, dados esses que serão calculados pela área da seção transversal por metro. A estrutura em questão possui uma área de seção transversal de 9,30 m<sup>2</sup>.

Os valores dos serviços apontados pela EMOP – Empresa de Obras Públicas do Rio de Janeiro, foram levantados através da SINAP – Índices da Construção Civil, fornecidos pela CAIXA Econômica Federal.

Portanto a tabela 05 nos mostra de forma detalhada as quantidades e os valores do muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico por metro de construção, em insumos, equipamentos e mão de obra, da seguinte forma:

**CONCRETO CICLÓPICO COM CONCRETO PARA UMA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DE 15MPa, TENDO 30% DO VOLUME OCUPADO PARA PEDRA-DE-MÃO, INCLUSIVE TRANSPORTE**

ATIVIDADE	UN	QUANTIDADE / m3	Indice EMOP	Total de material/m³	Indice SINAP	Valor (un)	Valor (total)
-----------	----	-----------------	-------------	----------------------	--------------	------------	---------------

SERVIÇO - CONCRETO							
INSUMOS							
Areia grossa lavada	m³	0,43	00001	4,03	00000370	R\$ 80,00	R\$ 322,15
Brita 1 e 2, para região do Grande Rio (média)	m³	0,55	00443	5,13	00004718	R\$ 62,00	R\$ 318,05
Pedra de mão	m	0,54	00442	5,02	00004730	R\$ 50,24	R\$ 252,31
Cimento Portland CP II-E-32 (resistencia 32Mpa)	Kg	183,40	00149	1705,62	00001379	R\$ 0,45	R\$ 767,53
<b>CUSTO TOTAL</b>						R\$	<b>1.660,04</b>
SERVIÇO - FORMAS							
INSUMOS							
Pinho de 3ª, peça de 1" x 12"	m	0,70	00442	13,33	00004006	R\$ 464,24	R\$ 6.187,39
Pinho de 3ª, peça de 1" x 9"	m	0,93	00349	17,71	00004006	R\$ 464,24	R\$ 8.220,39
Pinho de 3ª, peça de 3" x 3"	m	0,40	00350	7,62	00004006	R\$ 464,24	R\$ 3.535,65
Prego com ou sem cabeça de 12 x 12 a 18 x 30	Kg	0,10	00453	1,90	00005066	R\$ 9,61	R\$ 18,30
Filtro geotêxtil	kg	0,20	04781	3,81	00004013	R\$ 4,20	R\$ 15,99
MÃO DE OBRA							
Ajudante de carpintaria	h	1,05	01999	19,99	00006117	R\$ 9,30	R\$ 185,93
Carpinteiro de forma	h	1,05	01990	19,99	00001213	R\$ 12,38	R\$ 247,50
<b>CUSTO TOTAL</b>						R\$	<b>18.411,15</b>
SERVIÇO - PREPARO DO CONCRETO							
INSUMOS							
Betoneira para 320l de mistura seca, com motor a diesel (CP)	h	0,49		4,56	00010532	R\$ 0,81	R\$ 3,69
MÃO DE OBRA							
Servente	h	3,75	01999	34,88	00006111	R\$ 8,11	R\$ 282,84
<b>CUSTO TOTAL</b>						R\$	<b>286,53</b>

SERVIÇO - PREPARO DO CONCRETO							
<b>INSUMOS</b>							
Vibrador de imersão c/ motor disel 4,5HP diam 48mm c/ mangote	h	0,91	01158	8,46	00010486	R\$ 1,34	R\$ 11,34
<b>MÃO DE OBRA</b>							
Servente	h	1,81	01999	16,83	00006111	R\$ 8,11	R\$ 136,52
Carpinteiro de forma	h	0,47	01990	4,37	00001213	R\$ 12,38	R\$ 54,11
Pedreiro	h	0,47	01968	4,37	00004750	R\$ 12,38	R\$ 54,11
<b>CUSTO TOTAL</b>							R\$ 256,08
SERVIÇO - EXECUÇÃO DOS DRENOS OU BARBACÃS EM TUBO PVC, DIÂMETRO DE 3"							
<b>INSUMOS</b>							
Brita 3	m <sup>3</sup>	0,00	00613	0,16	00010486	R\$ 55,82	R\$ 8,93
Tubo PVC rígido, ponta/bolsa com virola, em barras de 6m, de 75mm	m	1,05	02616	42,00	00009839	R\$ 12,66	R\$ 531,72
Servente	h	0,50	01999	20,00	00010486	R\$ 1,34	R\$ 26,80
<b>CUSTO TOTAL</b>							R\$ 567,45

<b>CUSTO TOTAL DO MURO DE CONCRETO CICLOPICO POR METRO</b>							R\$ 20.613,80
--	--	--	--	--	--	--	---------------

Tabela 05 – Custo do muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico, por metro.  
 Fonte: Autoria própria.

## 9. COMPARATIVO DE VIABILIDADE

Através dos dados obtidos no item 8, é possível fazer uma análise de viabilidade entre os dados obtido dos custos dos serviços unitários por metro de construção dos muros de arrimo em estudo, conforme as tabelas a seguir.

ATIVIDADE	UN	QUANTIDADE m <sup>3</sup> / m		VALOR R\$/m	
		ARRIMO CICLOPICO	ARRIMO GABIÃO	ARRIMO CICLOPICO	ARRIMO GABIÃO

INSUMOS					
Areia grossa lavada	m <sup>3</sup>	4,03	0	R\$ 322,15	R\$ -
Brita 1 e 2, para região do Grande Rio (média)	m <sup>3</sup>	5,13	0	R\$ 318,05	R\$ -
Brita 3	m <sup>3</sup>	0,16	0	R\$ 8,93	R\$ -
Pedra de mão	m	5,02	10,63	R\$ 252,31	R\$ 533,80
Cimento Plortand CP II-E-32 (resistência 32Mpa)	Kg	1705,62	0	R\$ 767,53	R\$ -
Tela hexagonal, 8x10cm, galvanizada, com zincagem pesada, em fio 2,7mm, para gabião caixa, com 2x1x1m	un.	0	4,25	R\$ -	R\$ 1.800,22
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 1.668,97</b>	<b>R\$ 2.334,02</b>
<b>PORCENTAGEM DE DIFERENÇA MATERIAL POR METRO</b>				<b>28%</b>	

Tabela 06 – Comparativo de custo de material de formação entre muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico e gabião, por metro.

Fonte: Autoria própria.

ATIVIDADE	UN	QUANTIDADE m <sup>3</sup> / m		VALOR R\$/m	
		ARRIMO CICLOPICO	ARRIMO GABIÃO	ARRIMO CICLOPICO	ARRIMO GABIÃO

SERVIÇO - FORMAS					
INSUMOS					
Pinho de 3ª, peça de 1" x 12"	m	13,33	3,83	R\$ 6.187,39	R\$ 1.775,72
Pinho de 3ª, peça de 1" x 9"	m	17,71	10,20	R\$ 8.220,39	R\$ 4.735,25
Pinho de 3ª, peça de 3" x 3"	m	7,62	0	R\$ 3.535,65	R\$ -
Prego com ou sem cabeça de 12 x 12 a 18 x 30	Kg	1,90	1,28	R\$ 18,30	R\$ 12,25
<b>TOTAL</b>				R\$ 17.961,73	R\$ 6.523,22
<b>PORCENTAGEM DE DIFERENÇA MATERIAL POR METRO</b>				64%	

Tabela 07 - Comparativo de insumos para forma entre muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico e gabião, por metro.

Fonte: Autoria própria.

ATIVIDADE	UN	QUANTIDADE m <sup>3</sup> / m		VALOR R\$/m	
		ARRIMO CICLOPICO	ARRIMO GABIÃO	ARRIMO CICLOPICO	ARRIMO GABIÃO

EQUIPAMENTO					
Retro escavadeira (cp)	h	0	2,55	R\$ -	R\$ 154,22
Vibrador de imersão c/ motor disel 4,5HP diam 48mm c/ mangote	h	8,46	0,00	R\$ 11,34	R\$ -
Betoneira para 320l de mistura seca, com motor a disel (CP)	h	4,56	0,00	R\$ 3,69	R\$ -
<b>TOTAL</b>				R\$ 15,03	R\$ 154,22
<b>PORCENTAGEM DE DIFERENÇA EQUIPAMENTO POR METRO</b>				90%	

Tabela 08 - Comparativo de custo de equipamento entre muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico e gabião, por metro.

Fonte: Autoria própria.

ATIVIDADE	UN	QUANTIDADE m <sup>3</sup> / m		VALOR R\$/m	
		ARRIMO CICLOPICO	ARRIMO GABIÃO	ARRIMO CICLOPICO	ARRIMO GABIÃO

MÃO DE OBRA					
Pedreiro	h	0,47	29,75	R\$ 54,11	R\$ 368,31
Servente	h	91,70	42,50	R\$ 632,08	R\$ 344,68
Armador	h	0	10,63	R\$ -	R\$ 131,54
Carpinteiro de forma	h	24,36	0	R\$ 247,50	R\$ -
TOTAL				R\$ 933,69	R\$ 844,52
PORCENTAGEM DE DIFERENÇA MÃO DE OBRA POR METRO				10%	

Tabela 09 - Comparativo de custo de mão de obra para a construção do muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico e gabião, por metro.

Fonte: Autoria própria.

ATIVIDADE	UN	QUANTIDADE m / m		VALOR R\$/m	
		ARRIMO CICLOPICO	ARRIMO GABIÃO	ARRIMO CICLOPICO	ARRIMO GABIÃO

SERVIÇO - DRENAGEM					
INSUMOS					
Filtro geotextil	kg	3,81	1,70	R\$ 15,99	R\$ 7,14
Tubo PVC rígido, ponta/bolsa com virola, em barras de 6m, de 75mm	m	42,00	0,00	R\$ 531,72	R\$ -
TOTAL				R\$ 547,71	R\$ 7,14
PORCENTAGEM DE DIFERENÇA MÃO DE OBRA POR METRO				7671%	

Tabela 10 - Comparativo de custo de insumos de drenagem para muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico e gabião, por metro.

Fonte: Autoria própria.

VALOR TOTAL EM R\$	R\$ 20.613,80	R\$ 9.863,12
PORCENTAGEM DA DIFERENÇA DE CUSTO DE ESTRUTURA POR METRO	52%	

Tabela 11 – Comparativo final de custo entre muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico e gabião, por metro.

Fonte: Autoria própria.

Através da tabela 06 – Comparativo de custo de material de formação entre muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico e gabião, por metro, podemos ver que existe uma diferença significativa se olhar somente a porcentagem na comparação dos valores dos custos unitários dos materiais dos muros em estudos, porém se olharmos os valores e compararmos um contra o outro, veremos que esta diferença é bem insignificante, em

relação a diferença final, que é de R\$ 665,04. Portanto em relação aos materiais de formação dos muros, seus custos são praticamente iguais.

Ao observarmos a tabela 07 - Comparativo de insumos para forma entre muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico e gabião, por metro, podemos ver uma grande diferença entre os valores dos insumos dos dois muros, a tabela 6 nos apresenta uma diferença de 64%, o que gera uma diferença de R\$ 11.438,51 a mais para o serviço do muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico para o de gabião. O que nos mostra que o muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico é muito dependente dos serviços de madeira para sua realização, o que o faz muito mais caro do que o muro de arrimo utilizando o gabião.

A tabela 08 - Comparativo de custo de equipamento entre muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico e gabião, por metro, traz valores com a mesma análise da tabela 05, diferença em porcentagem elevada, porem ao comparar seus custos pode-se ver uma diferença de R\$ 139,19 entre os serviços dos respectivos equipamentos por hora para cada metro cubico construído.

A tabela 09 - Comparativo de custo de mão de obra para a construção do muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico e gabião, por metro, mostra valores bem próximos para a execução de todos os insumos dos muros em estudo por metro cubico construído. Que mostra uma diferença de 10% entre os valores, convertendo essa diferença em moeda da R\$ 89,17, que faz perceber que para a execução faz se crer que são praticamente iguais. Para obras pequenas é uma comparação insignificante, ao contrário de uma construção grande.

Ao analisar a tabela 10 - Comparativo de custo de insumos de drenagem para muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico e gabião, por metro, mostra que o gabião não precisa de um grande sistema de drenagem porque ele já é auto drenante, pois ao comparar seus custos para o serviço, a construção de um sistema de drenagem para o muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico é de 7.671% maior do que a do muro de arrimo utilizando o gabião, o que reflete em R\$ 540,57 para o caso em questão. O que faz perceber que é um valor bem significativo.

Por fim tabela 11 – Comparativo final de custo entre muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico e gabião, por metro, trás os valores finais para a construção total dos muros de arrimo por metro, que mostra uma diferença de aproximadamente 50% entre os valores, o que resulta o dobro em gastos, portanto neste caso de análise em que os muros foram sujeitos a contenção de um maciço de solo argilo-arenoso de 4m de altura, com uma

sobrecarga de  $2\text{tf/m}^2$ , com o gasto de construir um metro de muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico pode-se construir 2 metros de muro de arrimo utilizando o gabião.

## 10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após os levantamentos de custo analisado anteriormente, podemos descrever algumas comparações para análise final de uma comparação de viabilidade de construção entre as estruturas de arrimo utilizando o concreto ciclópico e utilizando o gabião.

Primeiramente como já comprovado aqui, o sistema de drenagem é bem reduzido no muro de arrimo utilizando o gabião em comparação com o muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico, pois sua estrutura é altamente drenante, já no caso do muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico é necessário realizar um sistema de drenagem mais rigoroso.

A estrutura do muro de arrimo utilizando o gabião é muito mais flexível em relação do muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico, desta forma pode-se dizer que favorece na segurança.

A construção do muro de arrimo utilizando o gabião é mais ágil do que a do muro em comparação, pode-se notar através da quantidade de madeira para forma utilizada entre as duas, levantada e comparada no item 10. Além de que o concreto necessita de tempo de cura.

Em relação ao impacto ambiental a estrutura de o concreto ciclópico causa um maior impacto em relação à de gabião. A estrutura de gabião interage com o meio ambiente e isto ajuda ainda mais a estrutura, pois quando o solo e raízes preenchem seus espaços vazios faz seu peso próprio aumentar, ajudando no combate do empuxo atuante.

Suas locações podem ser feitas em solos argilosos e com um nível de lençol freático elevado, porém no caso do muro de arrimo utilizando o gabião não é utilizado em contenções de casos que o solo é totalmente saturado ou até somente água, pois seus vazios deixariam passar o maciço contido e no caso da água deixaria passar todo o fluido que deveria ser contido. Já o muro de arrimo utilizando o concreto ciclópico é bastante utilizado nesses casos em que a estrutura de gabião é desfavorecida, e até mesmo em solo arenoso que a estrutura de gabião também não é recomendada.

Portanto a tabela 12 mostra um resumo entre as estruturas a partir dos resultados levantados neste trabalho, apresentando se é mais viável ou não no caso de estarem submetidos ao mesmo estudo de caso conforme apresentado no item 5:

COMPARAÇÃO FINAL ENTRE AS ESTRUTURAS		
ASPECTOS	CONCRETO CICLOPICO	GABIÃO
Uso de drenos	Sim	Não
Formato flexível	Não	Sim
Rapidez na construção	Não	Sim
Impacto ambiental	Sim	Não
Construção em solo argiloso	Sim	Sim
Mais econômico	Não	Sim

Tabela 12: Comparativo final entre as estruturas de concreto ciclópico e gabião.  
 Fonte: autoria própria

## 11. CONCLUSÃO

A pesquisa realizada neste trabalho foi de suma importância para ampliação dos conhecimentos sobre estruturas, mais especificamente sobre estruturas de contenção. O trabalho mostrou as formas de dimensionamento de cada estrutura, que é calculada como todas as estruturas utilizando do conhecimento próprio ou de métodos empíricos para a determinação de sua seção e após isso verificando se a estrutura resistira aos esforços solicitantes através de seus coeficientes de segurança, apresentando um memorial de cálculo. Mostrou também formas de detalhamento e construção, que são importantíssimos para o levantamento de custo, que por sua vez é o que prevalecerá na escolha da estrutura mais adequada, tendo em vista que ambas serão dimensionadas com total segurança, desta forma o comparativo será no gasto.

Os muros de contenção são de muita importância em uma obra, por isso a pesquisa tornou-se necessária para conhecer formas de melhor atender as necessidades de uma obra, obtendo uma estrutura segura e econômica.

Portanto estudos são sempre bem acolhidos em qualquer área e em qualquer realização.

## 12. REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Identificação e descrição de amostras de solo obtidas em sondagem de simples reconhecimento dos solos (NBR 7050)**. Rio de Janeiro: ABNT, 1982.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimentos (NBR 6118)**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

BARROS, P. L. A. - **Obras De Contenção - Manual Técnico, Maccaferri do Brasil Ltda.** – São Paulo, 2010.

GEO-RIO. **Manual técnico de encostas**. Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2000.

GERSCOVICH, D. M. S. **Estabilidade de Taludes**. 160 f. Faculdade de engenharia, Departamento de Estruturas e fundações. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ. 2009.

GERSCOVICH, D. M. S. **Estruturas de contenção – Muro de Arrimo**. 48 f. Faculdade de engenharia, Departamento de Estruturas e fundações. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ. 2010.

GERSCOVICH, D. **Estruturas de Contenção - Muros de Arrimo**. Departamentos de Estruturas e Fundações. Faculdade de Engenharia. FEUERJ.

GODOY, N. S.; **Fundações: Notas de aula**, Curso de Graduação. São Carlos, SP, Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 1972.

MARAGON, M, **Tópicos em Geotécnica e Obras de Terra**. Volume 1. Faculdade de Engenharia, Departamento de Transporte. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora/MG. 1996.

MARCHETTI, O. **Muros de Arrimo**. 1 ed. São Paulo/SP, Edgard Blucher, 1994. 141p.

MOLITERNO, A. **Caderno de Muros de Arrimo**. 2 ed. São Paulo/SP, Edgard Blucher, 1994, 194 p.

PEREIRA, G. **Comparativo Estrutural Entre Muro de Arrimo em Concreto Armado e em Alvenaria Estrutural**. Departamento de Engenharia Civil. Varginha, MG. Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG. 2013.

XAVIER, A. **Cálculo e detalhamento de Muros de Arrimo em Concreto Armado e Fundação superficial**. Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia. Departamento de Engenharia. São Carlos, SP. Universidade Federal de São Carlos. 2001.

MACCAFERRI. **GAWACWIN BR – 2.0 Gabions Walls Calculation. Programa para análise de estruturas de arrimo utilizando o gabião**. Officine Maccaferri Group.