

**FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS GERAIS  
PROGRAMA DE PESQUISA, PRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA**

**DENY FIGUEIREDO ALVES  
LÁZARO CÉSAR RITA  
LEONARDO GONÇALVES ALMEIDA  
ULISSES DOMINGOS PEREIRA JUNIOR**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE VIABILIDADE AMBIENTAL E  
ECONÔMICA DE TRÊS MÉTODOS DE CONTENÇÃO EM ENCOSTAS  
EM UMA ÁREA SITUADA NO MUNICÍPIO DE PÁRA DE MINAS/MG**

Belo Horizonte - MG  
Junho - 2018

**DENY FIGUEIREDO ALVES  
LÁZARO CÉSAR RITA  
LEONARDO GONÇALVES ALMEIDA  
ULISSES DOMINGOS PEREIRA JUNIOR**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE VIABILIDADE AMBIENTAL E  
ECONÔMICA DE TRÊS MÉTODOS DE CONTENÇÃO EM ENCOSTAS  
EM UMA ÁREA SITUADA NO MUNICÍPIO DE PÁRA DE MINAS/MG**

Trabalho de Conclusão de Curso,  
apresentado à Faculdade de Engenharia de  
Minas Gerais – FEAMIG, como requisito  
parcial à obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Civil.

Área de Concentração: Engenharia de  
Estruturas

**Orientadora de Metodologia e Conteúdo:**  
Dr.<sup>a</sup> Jocilene Ferreira da Costa

**Belo Horizonte - MG  
Junho - 2018**

### Unidade Floresta

Rua Aquiles Lobo, 524 • Bairro Floresta • CEP 30150-160 • Belo Horizonte • MG  
Telefax (31) 3274-1974 • [www.feamig.br](http://www.feamig.br) • E-mail: [feamig@feamig.br](mailto:feamig@feamig.br)

### Unidade Gameleira

Rua Gastão Bráulio dos Santos, 837 • Bairro Gameleira • CEP 30510-120 • Belo Horizonte • MG  
Telefax (31) 3372-3703 • [www.feamig.br](http://www.feamig.br) • E-mail: [feamig@feamig.br](mailto:feamig@feamig.br)



Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **ANÁLISE COMPARATIVA DE VIABILIDADE AMBIENTAL E ECONÔMICA DE TRÊS MÉTODOS DE CONTENÇÃO EM ENCOSTAS EM UMA ÁREA SITUADA NO MUNICÍPIO DE PARÁ DE MINAS/MG**, de autoria do(s) aluno(s) **Deny Figueiredo Alves, Lázaro César Rita, Leonardo Gonçalves Almeida e Ulisses Domingos Pereira Junior**, aprovado(s) pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

---

Prof. Dr. Jocilene Ferreira da Costa  
Orientador

---

Prof. Ms. Wilson José Vieira da Costa  
Membro da Banca

---

Prof. Ms. Raquel Ferreira de Souza  
Membro da Banca

Belo Horizonte, 02 de Julho de 2018.

[www.feamig.br](http://www.feamig.br)



**XIV ENCONTRO MINEIRO DE  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
Difundindo conhecimento e experiências

Organização



UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE JUIZ DE FORA



# C E R T I F I C A D O

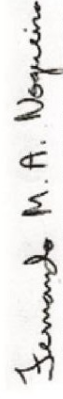
Certificamos que o Sr.

**Lázaro César Rita**

Participou do XIV Encontro Mineiro de Engenharia de Produção (15h), realizado em Juiz de Fora, MG, de  
22 a 23 de junho de 2018

Certificado No: 2111173

  
Angelo Rocha de Oliveira  
Presidente do FMEPRO

  
Fernando Marques de Almeida Nogueira  
Coordenador Local do FMEPRO





**XIV ENCONTRO MINEIRO DE  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
Difundindo conhecimento e experiências

Organização



## C E R T I F I C A D O

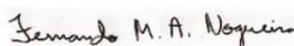
Certificamos que o(a) Sr(a)

**Deny Figueiredo Alves**

Participou do XIV Encontro Mineiro de Engenharia de Produção (15h), realizado em Juiz de Fora, MG, de 23 a 24 de junho de 2018, como autor(a) de 1 trabalho técnico listado abaixo.

Certificado No: 21A

  
Ângelo Rocha de Oliveira  
Presidente do FMEPRO

  
Fernando Marques de Almeida Nogueira  
Coordenador Local do EMEPRO

---

IX-009 : Apresentação Oral

Análise comparativa de viabilidade ambiental e econômica de três métodos de contenção em encostas em uma área situada no município de Pará de Minas/MG

---



**XIV ENCONTRO MINEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
*Difundindo conhecimento e experiências*

Organização



# C E R T I F I C A D O

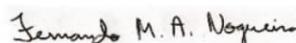
Certificamos que o(a) Sr(a)

**Jocilene Ferreira da Costa**

Participou do XIV Encontro Mineiro de Engenharia de Produção (15h), realizado em Juiz de Fora, MG, de 23 a 24 de junho de 2018, como autor(a) de 1 trabalho técnico listado abaixo.

Certificado No: 21A

  
Ângelo Rocha de Oliveira  
Presidente do FMEPRO

  
Fernando Marques de Almeida Nogueira  
Coordenador Local do EMEPRO

---

IX-009 : Apresentação Oral

Análise comparativa de viabilidade ambiental e econômica de três métodos de contenção em encostas em uma área situada no município de Pará de Minas/MG

---



**XIV ENCONTRO MINEIRO DE  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
*Difundindo conhecimento e experiências*

Organização



# C E R T I F I C A D O

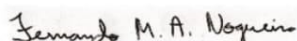
Certificamos que o(a) Sr(a)

**Lázaro César Rita**

Participou do XIV Encontro Mineiro de Engenharia de Produção (15h), realizado em Juiz de Fora, MG, de 23 a 24 de junho de 2018, como autor(a) de 1 trabalho técnico listado abaixo.

Certificado No: 21A

  
Ângelo Rocha de Oliveira  
Presidente do FMEPRO

  
Fernando Marques de Almeida Nogueira  
Coordenador Local do EMEPRO

IX-009 : Apresentação Oral

Análise comparativa de viabilidade ambiental e econômica de três métodos de contenção em encostas em uma área situada no município de Pará de Minas/MG



## XIV ENCONTRO MINEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Difundindo conhecimento e experiências

Organização




# C E R T I F I C A D O

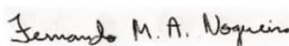
Certificamos que o(a) Sr(a)

**Leonardo Gonçalves Almeida**

Participou do XIV Encontro Mineiro de Engenharia de Produção (15h), realizado em Juiz de Fora, MG, de 23 a 24 de junho de 2018, como autor(a) de 1 trabalho técnico listado abaixo.

Certificado No: 21A

  
Angelo Rocha de Oliveira  
Presidente do FMEPRO

  
Fernando Marques de Almeida Nogueira  
Coordenador Local do EMEPRO

IX-009 : Apresentação Oral

Análise comparativa de viabilidade ambiental e econômica de três métodos de contenção em encostas em uma área situada no município de Pará de Minas/MG



**XIV ENCONTRO MINEIRO DE  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
Difundindo conhecimento e experiências




## C E R T I F I C A D O

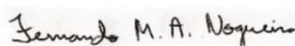
Certificamos que o(a) Sr(a)

**ULISSES DOMINGOS PEREIRA JUNIOR**

Participou do XIV Encontro Mineiro de Engenharia de Produção (15h), realizado em Juiz de Fora, MG, de 23 a 24 de junho de 2018, como autor(a) de 1 trabalho técnico listado abaixo.

Certificado No: 21A

  
Ângelo Rocha de Oliveira  
Presidente do FMEPRO

  
Fernando Marques de Almeida Nogueira  
Coordenador Local do EMEPRO

---

IX-009 : Apresentação Oral

Análise comparativa de viabilidade ambiental e econômica de três métodos de contenção em encostas em uma área situada no município de Pará de Minas/MG

---

## **AGRADECIMENTOS**

Dedicamos este trabalho primeiramente à Deus, por ser essencial em nossas vidas, autor de nossos destinos, nosso guia, socorro presente nas horas de angústia.

À todos os professores do curso, que foram tão importantes em nossa vida acadêmica, em especial à professora Jocilene pela paciência na orientação e incentivo constante, fazendo com que se tornasse possível a conclusão dessa monografia.

É claro que não podemos nos esquecer de nossas famílias e a todos os amigos de verdade. Nós queremos que saibam que reconhecemos tudo que fizeram por nós, a força que inculcaram nos nossos pensamentos para não desistirmos, e o conforto de sabermos que nunca estaremos sós e seremos sempre capazes de tudo, por maiores que sejam as dificuldades.

Nosso muito obrigado.

## RESUMO

Encostas naturais se definem em superfícies de ângulos inclinados, cuja base é de natureza terrosa, rochosa ou mista, originados por diferentes processos geológicos e geomorfológicos, em decorrência de ações antrópicas e/ou naturais, essas encostas sofrem alterações em sua forma, o que é denominado processo erosivo. Por isso, é de extrema importância que este problema seja evitado e/ou controlado. Métodos de contenção são obras civis construídas, que têm como função prover a estabilidade de maciços de terra ou rocha, prevenindo sua ruptura. No presente estudo alguns métodos estão sendo apresentados, com ênfase em três, dentre eles: Muro de gabião, Terramesh® e Muro de Arrimo. O estudo desses métodos tem a importância de averiguar as diferenças relativas em relação à viabilidade ambiental e econômica entre eles, para implantação em uma área do empreendimento habitacional Villa Atlântica. Estas análises comparativas foram necessárias para a escolha correta da estrutura do tipo Gabião, que melhor se adaptou às condições do local e apresentou maiores vantagens ambientais e econômicas.

**Palavras chave:** Processos erosivos. Métodos de contenção. Muro de Gabião. Terramesh®. Muro de Arrimo.

## ABSTRACT

Natural slopes designed inclined corner surfaces, that base is sand, rocky or mixed nature, different geological processes originated for different geological processes and geo-morphological as a result of anthropoid or natural actions, these slopes suffer changes in their shapes, what is denominated erosive process. Therefore, it is of extreme importance that this problem is avoided and/or controlled. Containment methods are constructed works that have the function main is the base of mass or earth or rock that prevents its rupture. In the present, I study some methods, which are being presented with emphasis on three: Gabion Wall, Terramesh® and Retaining Wall. The study of these methods is important to ascertain the relative differences in environmental and economic flexibility between them for implantation in an area of housing enterprise. This comparative analyzes were necessary to make the correct choice of Gabion type structure, that better adapted to the local conditions and presented greater environmental and economic advantages.

**Keyword:** Erosive process. Containment methods. Gabion Wall. Terramesh®. Retaining Wall.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Encosta Natural.....	23
Figura 2 - Processo Erosivo .....	29
Figura 3 - Principais tipos de Movimentos de Massa .....	31
Figura 4 - Muro de Gabião .....	33
Figura 5 - Estrutura Terramesh®.....	35
Figura 6 - Muro de Arrimo .....	38
Figura 7 - Estrutura em muro de pneus.....	39
Figura 8 - Metodologia da Tela Georeforçadora .....	40
Figura 9 - Metodologia da Tela Geo MAT-R .....	41
Figura 10 - Retentor Bermalonga.....	42
Figura 11 - Capim Vetiver.....	43
Figura 12 - Imagem satélite do empreendimento.....	53
Figura 13 - Localização da área onde será implantada a contenção.....	54
Figura 14 - Bioma onde localiza-se o empreendimento .....	54
Figura 15 - Localização da área onde será implantada a contenção.....	55

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1 - Coordenadas Planas UTM de um ponto central da área do empreendimento.....	55
Tabela 2 - Custo para implantação da estrutura do tipo Muro de Gabião fornecido pelas empresas GA, GB e GC .....	57
Tabela 3 - Custo para implantação da estrutura do tipo Terramesh® fornecido pelas empresas TA, TB e TC.....	59
Tabela 4 - Custo para implantação da estrutura do tipo Muro de Arrimo fornecido pelas empresas MA, MB e MC.....	60
Tabela 5 - Média de Valores dos Métodos.....	61

MG - Minas Gerais

DER - Departamento de Estradas de Rodagem

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa  
Agropecuária

UTM - Universal Transversa de Mercator

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
1.1 Problema de Pesquisa .....	19
1.2 Objetivos.....	19
1.2.1- Objetivo geral .....	19
1.2.2 – Objetivos específicos.....	19
1.3 Justificativa .....	20
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>21</b>
2.1 - Histórico das estruturas de contenção de encostas.....	21
2.2 - Encostas naturais.....	23
2.3 - Solos .....	23
2.3.1 - Constituição dos Solos.....	25
2.3.2 - Estrutura dos Solos .....	25
2.3.3 - Porosidade dos Solos .....	27
2.3.4 - Consistência dos Solos .....	28
2.3.5 - Processos erosivos .....	29
2.4 - Movimentos de Massa e principais fatores que influenciam o fenômeno .....	30
2.4.1 - Tipos de Movimentos de Massa.....	30
2.5 - Definição de estruturas de contenção.....	31
2.5.1 - Tipos de Estruturas de contenção.....	32
2.5.2 - Outras Estruturas de contenção.....	38
2.6 - Fatores a serem considerados em projetos de proteção de encostas.....	43
2.7 - Principais critérios de dimensionamento de estruturas de contenção .....	44
2.8 - Aspectos Legais.....	44
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>46</b>
3.1 - O que é pesquisa .....	46
3.2 - Principais tipos de pesquisa.....	46
3.2.1 - Tipos de pesquisa quanto aos fins.....	47
3.2.2 - Tipos de pesquisa quanto aos meios.....	48
3.3 - Caracterização da empresa em estudo .....	49

3.4 - Universo e amostra .....	50
3.5 - Formas e coleta de dados.....	50
3.6 - Análise de dados.....	51
3.7 - Limitação de pesquisa.....	52
<b>4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS .....</b>	<b>53</b>
4.1 - Localização do empreendimento .....	53
4.2 - Critérios de avaliação ambiental e econômica dos três métodos de contenção: Gabião, Terramesh® e Muro de Arrimo .....	56
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>62</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>63</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>72</b>
APÊNDICE 1 .....	72
APÊNDICE 2 .....	73
APÊNDICE 3 .....	85



- Limitação de pesquisa.....	52
<b>2 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS .....</b>	<b>53</b>
- Localização do empreendimento .....	53
- Critérios de avaliação ambiental e econômica dos três métodos de contenção: Gabião, Terramesh® e Muro de Arrimo .....	56
<b>3 CONCLUSÃO .....</b>	<b>62</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>63</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>72</b>
APÊNDICE 1 .....	72
APÊNDICE 2 .....	73
APÊNDICE 3 .....	85

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente é crescente a preocupação com o meio ambiente, devido ao cenário do planeta, onde se revela uma crise ambiental, resultado dos efeitos globais, tais como: mudanças climáticas, diminuição dos recursos naturais, poluição das águas, dos solos, dentre outros. Assim, cada vez mais há necessidade de buscar iniciativas no sentido da adoção de práticas e processos construtivos que promovam a maior sustentabilidade da terra.

Entre os principais fatores relacionados ao aumento da degradação ambiental, encontram-se as frequentes alterações no uso não planejado do solo, onde a capacidade está acima do seu suporte. Tais alterações são também as principais responsáveis pelo aumento dos processos erosivos verificados tanto em áreas agrícolas como urbanas. Erosão é um fenômeno da superfície, onde as condições físicas da parte superior do solo desempenham papel primordial no mesmo.

Processos erosivos além de representarem um grave problema na perda de solo, trazem consequências negativas relacionadas, por exemplo, à deslizamento de terra, assoreamento e contaminação dos cursos d'água em geral. Assim técnicas de contenção do solo vêm sendo implantadas em áreas habitadas, tanto urbanas como rurais, em rodovias e outros, visto que é de fundamental importância a manutenção, estabilidade do solo e de taludes, pois a ruptura dos mesmos pode acarretar também em perdas materiais e até humanas.

Um dos principais fatores para a necessidade do surgimento de diferentes metodologias de contenções e suas aplicabilidades foi a rápida expansão urbana e a elevada valorização imobiliária. Tem-se buscado métodos e inovações tecnológicas para a contenção, por exemplo, de encostas que sejam ambientalmente sustentáveis, visto que é de grande importância sanar o problema, mas ao mesmo tempo refletir sobre a proteção do meio ambiente no cotidiano do ser humano.



Dentre as diversas alternativas de métodos estruturais de contenção de encostas analisadas na literatura vigente, o presente trabalho irá discutir, avaliar e comparar as formas de controle de erosão através de três métodos utilizados na construção civil, que são: contenção por gabião, Terramesh® e Muro de Arrimo, visando analisar a melhor técnica, com ênfase na viabilidade ambiental e econômica aplicada em um empreendimento habitacional denominado Villa Atlântica, situado no município de Pará de Minas/MG.

### Problema de Pesquisa

Quais as diferenças relativas a viabilidade ambiental e econômica entre três formas de contenção em encostas em uma área para implantação de um conjunto habitacional?

### Objetivos

#### 1.2.1- Objetivo geral

Apresentar e analisar três métodos de contenção/estabilidade em encostas, com intuito de verificar a melhor viabilidade ambiental e econômica, para implantação em uma área do empreendimento Villa Atlântica, situado no município de Pará de Minas/MG.

#### 1.2.2 – Objetivos específicos

- a) Mapear a área a ser estudada;
- b) Apresentar critérios de avaliação econômica e ambiental nos processos de definição e construção de três métodos de contenção: Gabião, Terramesh® e Muro de Arrimo;

c) Verificar a eficácia dos métodos de contenção em encostas através de comparações entre os três tipos de estruturas estudadas, na execução da obra no empreendimento Villa Atlântica, menor custo e impactos ambientais e de melhor aplicabilidade na área útil do terreno;

### **JUSTIFICATIVA**

O presente trabalho justifica-se em estabelecer a importância entre as construções civis e a preservação ambiental, ressaltando assim o valor da utilização de métodos que são ambientalmente sustentáveis, mas também de fácil aplicabilidade e de baixo custo para o empreendimento.

Na área onde será implantada a estrutura de contenção, faz-se necessário o estudo prévio dos métodos para avaliação do tempo de execução, custos, impactos ambientais e parâmetros de construção, visto que é necessária uma técnica que não gere grandes interferências no terreno em que será construído. Este estudo prévio tem o intuito de auxiliar na escolha correta do método que se adéque perfeitamente às necessidades do empreendimento Villa Atlântica e que esteja em harmonia com as necessidades sociais e ambientais.

O estudo comparativo dos métodos de contenção não se dá apenas pelos motivos acima citados, mas principalmente pela importância de uma avaliação criteriosa do solo, seu perfil e das condições físicas do local, pois a estabilidade do talude depende diretamente das condições de drenagem e geotécnica. Esta análise se dá para que futuramente, após implantação, não venham ocorrer problemas para os moradores, como por exemplo, infiltrações e deslizamentos.

Quanto à importância acadêmica, o presente estudo permite o maior envolvimento e aprofundamento dos estudantes no tema proposto, possibilitando a prática dos conhecimentos adquiridos ao longo da vida acadêmica.

Para a sociedade em geral, o estudo de diferentes tipos de estruturas de contenção de encostas é muito importante, pois disponibiliza informações mais aprofundadas sobre o tema e também referente aos riscos de acidentes que encostas sem contenção provocam.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, apresenta-se uma revisão bibliográfica para melhor caracterizar o contexto no qual o presente trabalho está inserido. Para isso, serão abordados alguns assuntos, tais como: acidentes envolvendo deslizamentos de encostas, tipos de solo e sua composição, processos erosivos, tipos de movimentações de massa, principais estruturas de contenção de encostas, novos métodos de bioengenharia, metodologia de implantação e aspectos legais a serem seguidos.

Desta forma, espera-se possibilitar condições necessárias para um melhor aproveitamento e entendimento do conteúdo exposto neste trabalho.

### - Histórico das estruturas de contenção de encostas

Desde o início dos tempos, o homem vem alterando as condições topográficas originais de terrenos para construção, por exemplo, de edificações de moradias, comércios, construção de vias de acesso, dentre outros, desta forma, sempre existiu a necessidade de implantação de contenções de encostas nessas áreas (MENDONÇA, 2015).

Ainda de acordo com Mendonça (2015), obras de contenção não são contemporâneas, os registros mais antigos estão entre 3.200 e 2.800 a.C., onde os sumerianos construía muros de alvenaria de argila para estabilizar encostas na região do Iraque, lugar que na época era denominado Mesopotâmia. Obras construídas seguindo preceitos de engenharia começaram surgir apenas no início do século XVIII, através de projetos de engenheiros franceses (MENDONÇA, 2015).

Desde os séculos passados as obras de contenção foram necessárias para garantir à segurança da população, mas há diversos registros de tragédias envolvendo deslizamentos de encostas em todo o mundo, entre os mais letais desde 2010, segundo o Jornal O Globo (2014) estão:

- a) Indonésia (2010) - Deslizamento de terra em uma plantação de chá, no sul de Jacarta, deixando pelo menos 85 mortos e desaparecidos;

- b) Uganda (2010) - Deslizamento de terra em três povoados, na região do monte Elgon (leste), deixando cerca de 350 pessoas soterradas;
- c) Brasil (2010) - Deslizamento no Morro do Bumba, em Niterói, cerca de 200 desaparecidos. Alguns dias antes, fortes chuvas já haviam castigado o estado do Rio, deixando pelo menos 250 mortos;
- d) - Índia (2010) - Deslizamento de terra causado por fortes tempestades na região himalaia do Ladakh (norte), cerca de 189 mortos e 400 desaparecidos;
- e) - Brasil (2011) - Inundações e deslizamentos castigaram a região serrana do Rio de Janeiro, deixando mais de mil mortos e desaparecidos;
- f) - Nova Guiné (2012) - Deslizamento de terra que atingiu 2 povoados ao sul, deixando pelo menos 40 mortos e mais de 20 desaparecidos;
- g) - Índia (2013) - Inundações e deslizamentos de terra resultantes de fortes tempestades, deixando mais de 6 mil mortos no norte, sobretudo, no estado de Uttarakhand;
- h) - México (2013) - Deslizamento de terra na cidade de La Pitanda, pelo menos 58 mortos e desaparecidos;
- i) - Afeganistão (2014) - Pelo menos 350 mortos, em Badakhshan (nordeste), em um deslizamento de terra causado por chuvas torrenciais;
- j) - Estados Unidos (2014) - Desmoronamento de uma colina em um rio que provocou um deslizamento de terra que soterrou Oso, cerca de 34 mortos e desaparecidos.

Tominaga et al., (2009) cita que os desastres naturais ocorrem por diversos fenômenos, sejam eles causados por inundações, escorregamentos, erosões, tempestades. Além da intensidade de fenômenos naturais, o processo acelerado de

urbanização, muitas vezes em áreas impróprias à ocupação, como em encostas, por exemplo, acarretam no aumento da possibilidade de tragédias e situações de perigo, onde no caso envolvem a vida humana (TOMINAGA, et al. 2009).

#### - Encostas naturais

Encostas naturais ou taludes podem ser definidos como superfícies de ângulos inclinados, cuja base é de natureza terrosa, rochosa ou mista (solos e rochas), originados por diferentes processos geológicos e geomorfológicos (PINOTTI, 2011). Na Figura 1 observa-se uma encosta natural.

Figura 1 - Encosta Natural



Fonte: CEMADEN,( 2016).

As encostas naturais podem apresentar alterações em decorrência de ações antrópicas (cortes, desmatamento, aterro, introdução de cargas e outros), bem como de agentes naturais, que é o conjunto de modificações de natureza física e química, como por exemplo: chuvas, ventos, deslizamentos naturais, relevo, fauna, flora, tipo de rocha e de exposição (PINOTTI, 2011).

#### - Solos

O solo é um sistema aberto que está constantemente sob ação de fluxos de matéria e energia, o tornando um sistema dinâmico, pois evolui, desenvolve e se forma de maneira contínua no ambiente que está inserido (EMBRAPA, 2017).

Segundo Branco (2014), quando as modificações são causadas pelo intemperismo, reorganização (pedogênese), e conforme a estrutura, também por erosão, transporte e sedimentação, genericamente pode-se chamar de solo.

A formação dos solos é dada pela interação de fatores do ambiente ao longo do tempo, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -Embrapa (2017), essa formação foi descrita em 1941 por Jenny através de uma expressão qualitativa, conforme listado abaixo:

$S = f(m, r, o, c, v, t)$ ; em que  $f$  = função;  $m$  = material de origem;  $r$  = relevo;  $o$  = organismos;  $v$  = vegetação;  $t$  = tempo.

Essa expressão ainda é utilizada e aceita, o que de fato contribui para os atuais fundamentos da pedologia, que são expressos pelos fatores de formação dos solos, sob a dinâmica interna do sistema solo e dos processos pedogenéticos específicos para um determinado ambiente, o que resulta em solos com propriedades e características próprias (EMBRAPA, 2017).

Os solos podem ser classificados em minerais e orgânicos, e têm características físicas, químicas e físico-químicas diferenciadas, pois dependem de alguns fatores como os que causaram o intemperismo ou reorganização (BRANCO, 2014). Estes, poderão ser argilosos, arenosos, ricos ou pobres de matéria orgânica, vermelhos, amarelos ou cinza-esbranquiçados, espessos ou rasos, homogêneos ou estruturados, dentre outros (BRANCO, 2014).

Para a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -Embrapa(2014),a classificação do solo é obtida através de diversos fatores, como: avaliação de dados morfológicos, mineralógicos, físicos e químicos do perfil. Os aspectos ambientais do local também são avaliados, dentre eles se encontram: clima, vegetação, relevo, materiais originários, paisagem, aspecto do solo, condições hídricas (EMBRAPA, 2014).

Também para classificar um determinado solo é necessária a avaliação do perfil e horizontes. Este compreende em várias camadas horizontais, que são diferentes na

cor, textura (proporções de areia, silte e argila) e composição, constituindo o que se chama perfil do solo (BRANCO, 2014).

#### - Constituição dos Solos

Os solos são constituídos por partículas sólidas da natureza mineral e orgânica, ar e água, o que forma um sistema trifásico, sólido, gasoso e líquido (REINERT et al. 2006). Na fase sólida, as partículas do solo variam em tamanho, composição química e forma, o que é denominado matriz do solo (REINERT et al., 2006).

No estudo de Couto et al. (2010), é abordado que os constituintes minerais dos solos podem ser de partículas de dimensões variadas, desde matacões que chegam à mais de 200mm de diâmetro, à o silte que tem sua dimensão entre 0,05 - 0,002mm.

Ainda de acordo com Couto et al. (2010), partículas de silte e areia normalmente são constituintes dos próprios minerais da rocha que originou o solo, sendo minerais primários que facilmente são intemperizáveis e que, gradualmente, liberam nutrientes que poderão ser absorvidos pelas plantas.

#### - Estrutura dos Solos

Se tratando dos solos brasileiros, que no geral são bastante intemperizados, o mineral mais presente na estrutura do solo é o quartzo, que é caracterizado pela alta resistência ao intemperismo e pela baixa constituição química, o que e fato não contribui para a liberação de nutrientes do solo (COUTO et al. ,2010).

De acordo com Heinrichs (2010), a estrutura do solo se dá a partir da agregação das partículas primárias, o que origina formas diferentes. A estrutura é definida em termos de tipo, classe e grau de desenvolvimento (HEINRICHS, 2010).

Segundo Capeche (2008), a forma da estrutura de um solo corresponde a sua geometria, que é resultado da intensidade das forças de coesão entre as partículas minerais e orgânicas, como também da ação física e química de macro e microrganismos vegetais e animais.

A estrutura de um solo significa a disposição estabelecida pela ligação das partículas primárias do solo entre si por substâncias diversas, como por exemplo: matéria orgânica, óxidos de ferro, alumínio, carbonatos, sílica (EMBRAPA, 2017). Estas disposições dão origem aos agregados, que são unidades estruturais separadas entre si por superfícies de fraqueza (EMBRAPA, 2017).

A estrutura é caracterizada, de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (2017), em três aspectos:

- Tipo: laminar, prismática, colunar, blocos angulares, blocos subangulares, granular;
- Tamanho: muito pequena, pequena, média, grande, muito grande;
- Grau de desenvolvimento: solta, fraca, moderada e forte.

As laminares são partículas do solo que estão arranjadas em agregados com dimensões horizontais maiores que as verticais, ou seja, apresentam estruturas de lâminas (CAPECHE, 2008).

Estruturas prismáticas ou colunares são quando as partículas do solo estão organizadas em agregados cuja dimensão vertical é maior que a lateral, o que faz com que tenha forma de prisma ou coluna (CAPECHE, 2008).

As estruturas em blocos têm características predominantes, que são a igualdade aproximada da altura, largura e espessura, ou seja, dimensões quase iguais, com as faces planas ou subarredondadas (CAPECHE, 2008).

As estruturas granulares possuem dimensões aproximadamente iguais e a superfície é arredondada, a sua formação está intimamente ligada à presença de matéria orgânica e à atividade biológica no solo (CAPECHE, 2008).

Alguns solos são mais suscetíveis à erosões, como por exemplo, os siltosos, que possuem partículas finas e leves e não se agregam como no caso da argila. Os solos arenosos possuem grande capacidade de absorção de água e os argilosos caracterizam-se por pouca aeração (COUTO et al. ,2010).



A importância do conhecimento das estruturas do solo estão relacionadas à aeração, densidade, resistência mecânica, infiltração da água e drenagem do perfil (LORENZO, 2010).

A estrutura do solo se dá através do agrupamento de partículas primárias como (areia, silte e argila) que formam partículas maiores, os agregados propriamente ditos, que podem se comportar mecanicamente como unidades estruturais primárias, como silte ou areia, que de fato afeta na aeração e drenagem do solo (COUTO et al. ,2010).

#### - Porosidade dos Solos

Os poros do solo são representados por cavidades de diferentes tamanhos e formas, determinados pelo arranjo das partículas sólidas (RIBEIRO et al. 2007). Esses espaços não constituídos por partículas sólidas, correspondem à fração volumétrica do solo ocupado por ar e solução (água e nutrientes) (FABBRIS et al. 2011).

A porosidade é responsável por um conjunto de fenômenos e desenvolve uma série de mecanismos no solo, gerando um grupo de outras propriedades físicas associadas às relações de massa e volume das fases do sistema do solo (REINERT et al., 2006).

Este tipo de mecanismo interfere na aeração, condução e retenção de água, resistência à penetração e à ramificação de raízes, o que de fato auxilia no aproveitamento de água e nutrientes disponíveis no solo (RIBEIRO et al. 2007).

Embora não exista separação nítida entre poros pequenos e grandes, existem inúmeras classificações de diâmetro (RIBEIRO et al. 2007). De acordo com Couto et al., (2010), essa classificação de uma forma mais simplificada se separa em duas classes, que são os macroporos e microporos, respectivamente maiores e menores que 0,5mm de diâmetro. A macroporosidade é importante na aeração e drenagem do solo, enquanto a microporosidade para a fixação de água no solo, permitindo que a mesma fique retida com uma força maior (COUTO, 2010).

A distribuição dos poros na matriz do solo, segundo Ribeiro et al. (2007), desempenham um papel fundamental nas relações entre as fases sólida, líquida e gasosa, o que determina a evolução espacial e temporal dos processos que envolvem a movimentação da água no solo. Neste contexto, é imprescindível um conhecimento minucioso da permeabilidade do solo, infiltração, redistribuição e capacidade de retenção em obras de contenção e até mesmo da sua potencialidade agrícola (RIBEIRO et al. 2007).

#### - Consistência dos Solos

Consiste no comportamento do material em função da variação de umidade, que ocorrem por atuação das forças de adesão e coesão. Lepsch (2002,p.43 ; 44) cita que:

No interior dos agregados, as partículas de areia, silte e argila, aderem umas às outras, sendo assim mantidas unidas com diferentes graus de adesão. Isto faz com que uns solos sejam mais macios e outros mais duros. A resistência do material do solo, em estado natural, a alguma força que tende a rompê-los é conhecida como *consistência* e, na prática, é determinada pressionando-se um agregado ou torrão de determinado horizonte do solo entre os dedos.

O grau de consistência do solo varia em função de uma série de outras características do solo, tais como textura, estrutura, agentes cimentantes (matéria orgânica, óxidos de Ferro) etc., como do teor de umidade existente nos poros por ocasião de sua determinação.

Sendo assim, a *consistência* do solo pode ser determinada em três estados de umidade:

- a) molhado – para verificação da *plasticidade* e *pegajosidade*;
- b) úmido – para verificação de *friabilidade*;
- c) seco – para verificação de *dureza* ou *tenacidade*.

Por exemplo, um torrão de solo úmido pode ser *friável*, quando se desfaz sob leve pressão entre o indicador e polegar; *firme*, quando se desfaz sob pressão moderada, porém apresentando pequena resistência; e *muito firme*, quando dificilmente esmagável entre o indicador e polegar, sendo mais fácil fazê-lo segurando-o entre as palmas das mãos( LEPSCH 2002,p.43 ; 44).

Além dos atributos relacionados à consistência do solo, também devem ser examinados a cor, textura ao tato, estrutura, e sempre que possível anotados (LEPSCH, 2002).

## - Processos erosivos

Erosão é um fenômeno da superfície, onde as condições físicas da parte superior do solo desempenham papel primordial na mesma (BARROS, 2014). Processos erosivos além de representarem um grave problema na perda de solo, também trazem conseqüências negativas relacionadas à deslizamento de terra, assoreamento, e contaminação dos cursos d'água em geral (BARROS, 2014).

Erosão provém do latim (*erodere*) e significa corroer, Magalhães (2001) diz que este fenômeno provém do resultado do impacto sobre as propriedades físicas do solo, impactando assim o meio ambiente. A erosão é classificada de acordo com o agente atuante, podendo ser a água, o vento ou geleiras (MAGALHÃES, 2001).

Na Figura 2 é possível observar o processo erosivo de uma encosta.

Figura 2 - Processo Erosivo



Fonte: Caapuãetê,( 2016).

Os processos erosivos constituem-se principalmente por causa da degradação dos solos, causando assim prejuízos ao meio ambiente e aos setores agrícolas, refletindo não apenas na economia, mas também na sociedade (MARTINI et al., 2006).

## 2.4 - Movimentos de Massa e principais fatores que influenciam o fenômeno

Movimentos de massa são classificados de acordo com uma série de características, segundo Pinto et al. (2012), essas variações estão relacionadas ao tipo de material envolvido e a velocidade do deslocamento. Os movimentos são: deslizamentos, escorregamento, ruptura de taludes, quedas de barreiras, dentre outros (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - CEMADEN, 2016).

### 2.4.1 - Tipos de Movimentos de Massa

Os movimentos de massa são classificados, de acordo com Cemaden (2016, p. 01), em quatro tipos principais, que são:

**Quedas** - Movimentos em queda livre de fragmentos rochosos (de volumes variáveis) que se desprendem de taludes íngremes.

**Tombamento** - Bloco rochoso em movimento de rotação frontal para fora do talude. **Rolamentos** - Movimentos de blocos rochosos ao longo de encostas que geralmente ocorrem devido aos descalçamentos.

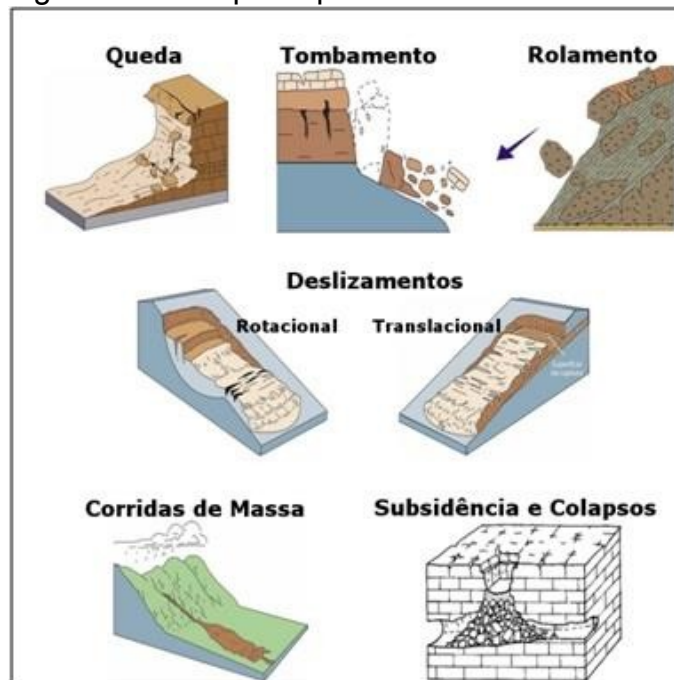
**Deslizamentos ou Escorregamentos** - movimentos de solo e rocha que ocorrem em superfícies de ruptura. Quando a superfície de ruptura é curvada no sentido superior (em forma de colher) com movimento rotatório em materiais superficiais homogêneos, o movimento de massa é classificado como Deslizamento Rotacional. Quando o escorregamento ocorre em uma superfície relativamente plana e associada a solos mais rasos, é classificado como Deslizamentos Translacionais.

**Fluxos de Lama e Detritos**, também chamados Corridas de Massa, são movimentos de massa extremamente rápidos e desencadeados por um intenso fluxo de água na superfície, em decorrência de chuvas fortes, que liquefaz o material superficial que escoar encosta abaixo em forma de um material viscoso composto por lama e detritos rochosos. Esse tipo de movimento de massa se caracteriza por ter extenso raio de ação e alto poder destrutivo.

**Subsidência e Colapsos** - Movimentos de massa caracterizados por afundamento rápido ou gradual do terreno devido ao colapso de cavidades, redução da porosidade do solo ou deformação de material argiloso (CEMADEN 2016, p.01),

Na Figura3 encontram-se demonstrados quatro tipos principais de movimentos de massa.

Figura 3 - Principais tipos de Movimentos de Massa



Fonte:CEMADEN,( 2016).

Os movimentos de massa, de acordo com Pinto et al., (2012), são caracterizados como processos naturais de evolução de encostas e da paisagem como um todo.

- Definição de estruturas de contenção

Em virtude das alterações que os solos estão expostos e aos processos erosivos, métodos de contenção de encostas vem sendo desenvolvidos, sendo que estes podem ser definidos como obras civis construídas, que têm como função prover a estabilidade de maciços de terra ou de rocha, prevenindo sua ruptura e consequentes perdas materiais e humanas, (BARROS, 2014). Segundo a Geofoco (2015), as estruturas de contenção são paredes verticais ou quase vertical, apoiadas em uma fundação rasa ou profunda.

Existem diversos tipos de métodos de contenção, com diferentes formas e metodologias, dentre eles estão o gabião, Terramesh® e Muro de Arrimo, objetos do presente estudo.

## - Tipos de Estruturas de contenção

Muros de gabiões segundo Gerscovich (2015) são constituídos por gaiolas de telas metálicas de malha hexagonal de dupla torção, preenchidas por pedras arrumadas manualmente. A rede metálica que compõe as telas dos gabiões apresenta resistência mecânica elevada, isto, pois, em casos de ruptura de um dos arames, a dupla torção assegura a forma e a flexibilidade da gaiola (GERSCOVICH, 2015).

Gerscovich (2015) cita em seu estudo que os muros de gabiões têm como sua principal característica a flexibilidade, o que permite que a estrutura se acomode a recalques diferentes e à permeabilidade. Daldegan (2017), aborda que os muros de gabiões têm a vantagem de se adequar às movimentações de solo e ainda possuir a capacidade de se integrar à diversos tipos de ambiente, pois a estrutura permite o crescimento de vegetação e também de animais em suas frestas, fato este, segundo Daldegan (2017), é positivo para este tipo de contenção, pois minimiza o grau de impacto ambiental.

Para Gerscovich (2015), este tipo de muro de contenção possui ainda a vantagem na simplicidade de construção e a dispensa de dispositivos de drenagem, por já possuir material drenante. Além disso, destaca-se a redução do custo, principalmente quando já existem blocos de rochas disponíveis no local e que a estabilidade interna do muro requer blocos de dimensões regulares, para que exista menor atrito entre as pedras (GERSCOVICH, 2015).

De acordo com Finotti et al., (2013), os gabiões são elementos modulares que podem ter formatos prismáticos ou cilíndricos. Esse tipo de muro é muito utilizado em canais e cursos d'água. Na Figura 4 encontra-se um exemplo de muro de gabião.

Figura 4 - Muro de Gabião



Fonte:CYPE Ingenieros, S.A., 2016.

Segundo Finotti et al.,(2013, p. 22,23) as estruturas de contenção em gabhões possuem características muito importantes, como:

- 1. Monolíticas:** Os elementos que formam a estrutura de gabião são unidos entre si através de amarrações executadas em todas as arestas de contato das unidades. Esta união de todos os blocos forma um único bloco homogêneo que tem características de resistência igual em qualquer ponto da estrutura. Se caracterizando, portanto, como uma estrutura monolítica.
- 2. Resistentes:** A malha do tipo hexagonal de dupla torção proporciona uma distribuição mais uniforme dos esforços, além de impedir o desfiamento da tela.
- 3. Flexíveis:** Os muros de gabião permitem a adaptação e acomodação da estrutura de acordo com os movimentos do terreno, sem perder sua estabilidade e eficiência. Além do mais, essas deformações permitem a visualização antecipada de qualquer problema antes de um colapso, permitindo possíveis intervenções para a recuperação, minimizando gastos e evitando acidentes.
- 4. Permeáveis:** Esta é uma das mais importantes características do gabião, pois ele é totalmente permeável, logo, autodrenante, o que permite um alívio por completo das pressões hidrostáticas sobre a estrutura. Quando se trata de solos finos, deve ser colocada uma camada de filtro entre o solo e o gabião para evitar o carreamento de finos.
- 5. Baixo impacto ambiental:** Devido a sua composição, principalmente em obras de proteção hidráulica, o gabião não interpõe obstáculo impermeável para a água de infiltração e percolação, e interfere o mínimo possível na fauna e flora local. Além disso, este tipo de estrutura permite a sua

integração com o meio ambiente ao permitir o crescimento de plantas ou gramíneas na sua superfície.

6. Práticas e versáteis: Os muros de gabiões podem ser construídos em qualquer condição ambiental, com ou sem equipamento mecânico até mesmo em locais de difícil acesso. Não é exigido mão de obra especializada para a construção deste tipo de contenção.

7. Econômicas: Muros de gabiões são economicamente mais viáveis, por apresentarem custos diretos e indiretos mais baixos, quando comparados com outros tipos de soluções com as mesmas resistências estruturais. (FINOTTI et al., 2013, p. 22, 23).

Outro tipo de contenção em encostas é a Terramesh<sup>®</sup>, conhecida anteriormente por "terre armée" (terra armada) que para Ananias et al.,(2009) trata-se da execução de uma estrutura de contenção em solo reforçado com fitas metálicas e placas frontais de concreto. A estrutura Terramesh<sup>®</sup> possibilita o uso de materiais do local, como também tem facilidade de aplicação em áreas onde os taludes estão mais íngremes, em locais de difícil acesso, apoio sobre o solo natural e a não necessidade de execuções de fundações específicas (ANANIAS et al.,2009).

Ainda segundo Ananias et al., (2009), a estrutura Terramesh<sup>®</sup>, ainda possui vantagens quanto à permeabilidade, possibilitando eficiência na drenagem do local, versatilidade quanto à construção, pois permite que as estruturas estejam em parâmetro frontal vertical, inclinado ou com degraus. Além disso, o autor afirma que os impactos ambientais sejam reduzidos, pois assim como o gabião, a Terramesh<sup>®</sup>, possibilita a inserção de vegetação na estrutura, o que de fato ajuda a harmonizar e reduzir os efeitos agressivos das intervenções.

No estudo de Brito (2003), a estrutura Terramesh<sup>®</sup> ou terra armada, consiste em associar elementos tracionados do tipo armaduras, com o próprio solo do local, fazendo com que o material seja muito mais resistente. O princípio básico da estrutura é simples, as forças de atrito que se desenvolvem em contato com o solo-armadura são suficientes para resistir aos movimentos entre elas, ou seja, de uma sobre a outra (BRITO, 2003).



Brito (2003), assim como Ananias et al. (2009), afirma que a estrutura possui diversas vantagens, implantação em taludes de grande inclinações, construção rápida e econômica, boa integração paisagística e sobrecargas na estrutura.

Brito (2003) cita algumas desvantagens da estrutura, como por exemplo, não pode ser utilizada em terrenos argilosos, pois como princípio básico, as estruturas metálicas são implantadas juntos ao solo, e esse tipo de terreno não mobiliza muito atrito. Outra desvantagem, segundo o mesmo autor, é a maior facilidade de patologias. O campo de aplicação deste tipo de estrutura é amplo, podendo ser utilizada em terrenos acidentados, regiões urbanas, obras fluviais e marítimas, áreas de atividade sísmica e em taludes sujeitos à vibrações intensas.

Na Figura 5 observa-se um exemplo de estrutura Terramesh®.

Figura 5 - Estrutura Terramesh®



Fonte: Maccaferri, (2016).

Outro tipo de contenção estudado é o Muro de Arrimo, que são estruturas de contenção criadas com o intuito de resistir aos empuxos laterais de terra ou água, são utilizados quando existe uma mudança íngreme de elevação do terreno, podendo gerar risco de escorregamentos (BONISSONI, 2017). Estes muros são estruturas construídas em terrenos para sustentação do solo, onde o próprio peso é o responsável pela sua estabilidade, além disso também isolam um determinado local (DOMINGUES, 1997).

Muros de arrimo são elementos localizados em obras de estabilização de taludes e encostas, em regiões íngremes, junto à edificações, estradas ou ruas (DUARTE, 2013). De acordo com Lobo et al. (2003), os muros de arrimo são muito utilizados em áreas urbanas, quando se deseja manter uma diferença de nível da superfície do

terreno, sem ter que recorrer à taludes, pois se perde uma grande área ao recorrer a este recurso.

Assim como qualquer outro método de contenção, para a construção de muros de arrimo são necessários estudos criteriosos da área de implantação, do solo e objetivo do projeto, visto que, esses muros aumentam a carga e a pressão consideravelmente após a chuva, o que acarreta em sérios problemas o estudo prévio (CONSTRUINDODECOR, 2015). O sistema de drenagem deve possuir vários drenos ao longo do muro, levando a água das chuvas até as laterais e evitando problemas na estrutura (CONSTRUINDODECOR, 2015).

De acordo com Porter (2009) *apud* Junior (2014), existem quatro tipos de muros de arrimo, que são: de gravidade, com contrafortes, em balanços e apoiados (subsolo).

Muros de gravidade são estruturas que resistem aos empuxos horizontais e utilizam seu próprio peso, o que confere estabilidade ao maciço de terra graças a grande massa que possui (BONISSONI, 2017). Este muro é relativamente mais baixo que os demais e é projetado de forma que não hajam grandes tensões de tração na estrutura, possuem seção transversal em forma de "L", no qual resistem aos empuxos por flexão, onde utilizam-se parte do próprio peso do solo arrimado, se apoiando sobre a base para manter equilíbrio (Figueiredo et al. 2014).

Os muros de flexão (com ou sem contraforte) são conhecidos como muros em balanço, sendo considerado o mais comum por sua aplicação prática, a sua nomenclatura se dá devido à forma com que resiste às solicitações, pois a estrutura é projetada para se manter em balanço em relação à base do muro (BONISSONI, 2017). Os muros de contraforte são significativamente eficientes, entretanto possuem elevado custo e dificuldade na prática da execução (BROOKS, 2010 *apud* JUNIOR, 2014).

Os contrafortes são caracterizados por possuir estruturas delgadas verticais triangulares perpendiculares à face do maciço de terra, o que faz com que sejam mais resistentes às ações de empuxo de solo (BONISSONI, 2017). Os tirantes ou chumbadores (rocha) são bases onde os muros são ancorados para melhorar a

estabilidade. Se usa tirantes quando na fundação do muro ocorre material competente (rocha sã ou alterada) e quando existe limitação de espaço disponível para que a base do muro apresente as dimensões necessárias para a estabilidade (BONISSONI, 2017).

Os muros de arrimo apoiados são utilizados em subsolos de edificações, no qual as forças laterais resistem aos apoios dos pavimentos superiores e em seu projeto deve ser analisados os carregamentos verticais, devido ao peso dos pavimentos e ao carregamento horizontal, devido ao maciço de solo (JUNIOR, 2014).

Segundo Duarte (2013), para elaboração de um projeto de muro de arrimo é necessário seguir a repetição sucessiva de dois passos, que são: determinação ou estimativa de dimensões, utilizando fórmulas empíricas e a própria experiência do projetista e verificação da estabilidade aos esforços atuantes (peso próprio, empuxos causados pela pressão da terra, cargas aplicadas ao topo do muro e as reações do solo), para assim se ter uma idéia da estabilidade da estrutura.

De acordo com Lobo et al. (2003), a principal carga atuante nos muros de arrimo é o empuxo de terra, que é resultante das pressões laterais de terra e/ou água, e depende de diversos fatores, sendo a magnitude do desnível, o tipo de solo, a inclinação do terreno e a movimentação sofrida pelo muro, sendo esta muito importante para o cálculo da magnitude do empuxo.

Na Figura 6 encontra-se um exemplo de estrutura de Muro de Arrimo.

Figura 6 - Muro de Arrimo



Fonte: Schramm, (2016).

Esses procedimentos são adotados para que em uma obra os impactos ambientais sejam controlados e mitigados, os custos sejam de acordo com o orçado e a execução seja efetivamente conforme projeto inicial.

#### - Outras estruturas de contenção

Entre outros tipos de estruturas de contenção estão os muros de pneus também são utilizados para contenção de encostas, de acordo com estudo realizado por Gerscovich (2015), são construídos a partir do lançamento de camadas horizontais de pneus, amarrados entre si com corda ou arame e preenchidos com o próprio solo compactado. Esse tipo de estrutura além de funcionar como muros de gravidade, ainda apresentam a vantagem de reutilizar pneus usados, além disso, a utilização em obras geotécnicas colaboram com a combinação entre a elevada resistência mecânica do material com o baixo custo, em comparação aos materiais convencionais (GERSCOVICH, 2015).

Esse tipo de contenção só não é recomendada em obras de fundações ou ferrovias, devido possuir uma estrutura flexível, pois acarreta em deformações horizontais e

verticais, podendo ser superior às usuais em muros de peso de alvenaria ou concreto (GERSCOVICH, 2015).

Boroni et al., (2012), diz que as estruturas de contenção utilizando pneus, proporcionam um grande redução no volume de movimentação de massa, e um expressivo ganho de área útil no local.

Na Figura 7 observa-se a estrutura de contenção utilizando muro de pneus.

Figura 7 - Estrutura em muro de pneus



Fonte: Prefeitura São Gonçalo do Pará, (2016).

Ainda de acordo com Boroni et al., (2012), as estruturas utilizando pneus usados, além de serem uma solução ambiental, na qual diminuem o acúmulo de pneus em aterros sanitários, terrenos baldios ou às margens de rios, ainda apresentam uma boa solução de contenção em locais onde haja disponibilidade de construção.

Novos métodos de construção de contenções de encostas e novas tecnologias estão sendo utilizadas, dentre elas, a Bioengenharia de solos se destaca no que diz respeito à soluções ambientais para obras civis (HOLANDA et al., 2009). A técnica consiste no uso de elementos biologicamente ativos, em obras de estabilização de solo e de sedimentos, que são conjugados com elementos inertes e mantas confeccionadas com fibras vegetais, que são chamadas de geotêxteis ou biomantas (HOLANDA et al., 2009).

De acordo com a Deflor (2017), existem diversos produtos destinados à contenção de encostas. Um dos exemplos são as biomantas antierosivas, que são fabricadas industrialmente, a partir de fibras vegetais, palha agrícola, fibra de coco e fibras. As vantagens são diversas, dentre elas: Protege imediatamente o solo contra erosão superficial, serve para germinação de sementes, reduz a erodibilidade e incorpora matéria orgânica, reduz a evaporação da água, favorece a infiltração de água, permite o plantio em épocas de estiagem, reduz o carreamento de sedimentos para os cursos d'água, dentre outros(DEFLOR, 2017).

Outro exemplo são as geomantas reforçadas, que se subdividem em duas metodologias, uma delas é a Tela Georeforçadora que é um produto geotêxtil, ou seja, constituído por fibras de coco, e um emaranhado de fibras de polipropileno de alta resistência e durabilidade, aplicada em projetos especiais para mitigar grandes distúrbios ambientais, projetos de bioengenharia, proteção de margens de cursos d'água e reservatórios hidráulicos, rodovias, ferrovias, aeroportos, dentre outros (DEFLOR, 2017).

Na Figura 8 encontra-se a metodologia de implantação de Telas Georeforçadoras.

Figura 8 - Metodologia da Tela Georeforçadora

Matriz orgânica	100% fibra de coco
Comprimento (m)	25,00
Largura (m)	2,00
Área da bobina (m <sup>2</sup> )	50,00
Gramatura da matriz orgânica (g/m <sup>2</sup> )	400,00
Peso da bobina (kg)	75,00
Longevidade (meses)	Permanente
Resistência à tração (kn/m)	3,40
Diâmetro da bobina (m)	0,80
Inclinação máxima do talude (V:H)	>4:1
Suscetibilidade à Erosão	Alta

MATRIZ ORGÂNICA  
100% FIBRA DE COCO  
REDE SUPERIOR E INFERIOR  
POLIPROPILENO FOTODEGRADÁVEL  
TELA BGEOREFORÇADORA  
Geomanta tridimensional

Fonte:DEFLOR,( 2017).

As Telas GEO MAT-R, são constituídas de fibras de coco, entrelaçadas por meio de uma costura industrial longitudinal, com redes resistentes de polipropileno, podendo ser unidimensional (U) ou bidimensional (B), e incorporando uma terceira malha dando a condição tridimensional (T), sendo esta malha altamente resistente



à ação de raios ultravioleta e de grande resistência e durabilidade, possui basicamente a mesma aplicabilidade das telas georeforçadoras (DEFLOR, 2017).

Na Figura 9 é possível observar a metodologia de implantação de Telas Geo MAT-R.

Figura 9 - Metodologia da Tela Geo MAT-R

Matriz orgânica	100% fibra de coco
Comprimento (m)	33,40
Largura (m)	1,50
Área da bobina (m <sup>2</sup> )	50,00
Gramatura da matriz orgânica (g/m <sup>2</sup> )	400,00
Peso da bobina (kg)	
Longevidade (meses)	Permanente
Resistência à tração (kgf/m)	6.900,00
Diâmetro da bobina (m)	0,80
Espaçamento entre linhas (cm)	5,00
Comprimento do ponto (cm)	6,00
Inclinação máxima do talude (H:V)	>1:2
Suscetibilidade à Erosão	Alta

Fonte:DEFLOR, (2017).

Os Retentores de sedimentos, que podem ser chamados também de bermalonga<sup>®</sup>, são bastante utilizados como estruturas de contenção. Esses produtos são fabricados no exterior, e possuem o nome comercial de *bio-logs* (COUTO, et al., 2010).

As bermalongas<sup>®</sup> podem ser usadas como dreno profundo, visto que as fibras retêm sedimentos, mas permitem a passagem de água, possuem baixa densidade, sendo de fácil manuseio, permitindo transporte manual para lugares de difícil acesso, tem também alta capacidade de reter umidade e é facilmente moldável no local onde será aplicado (DEFLOR, 2017).

Na Figura 10 observa-se a bermalonga, que é usada como estrutura de contenção.

Figura 10 - Retentor Bermalonga



Fonte:DEFLOR, (2017).

A Bermalonga é totalmente drenante e resistente, podendo absorver até 5 vezes o seu peso em água, sua aplicação é feita com o acerto da erosão, onde a terra é aplicada sobre a estrutura e esta fixada com madeira ou grampos de aço, variando de acordo com a necessidade (PEREIRA, 2001).

Segundo Chaves; Andrade (2013), o Capim Vetiver pertencente à família "Poaceae" também é utilizado pela bioengenharia, a espécie é originária da Índia, porém já está presente em mais de 120 países. A espécie possui diversas aplicabilidades, como artesanato, perfumaria, tratamentos terapêuticos e construções (CHAVES; ANDRADE, 2013).

O vetiver é gramínea perene, que ocorre principalmente nos climas tropical e subtropical, possui porte médio entre 1,5 e 2,0 metros de altura e é bastante resistente à pragas, doenças, déficit hídrico, geadas e fogo, se adaptando em qualquer solo ou clima e é tolerante a valores extremos de pH, salinidade, toxicidade e baixos índices de nutrientes do solo. (CHAVES e ANDRADE, 2013). Os principais usos do capim vetiver são para criar barreiras para reter sedimentos e estabilização de aterros erodidos (DEFLOR, 2017).

Uma das características relevantes do capim vetiver, segundo Chaves; Andrade (2013) é o fato da espécie possuir sementes estéreis, o que a torna uma planta não invasora, sem que exista a preocupação de se torna praga.



Na Figura 11, vê-se o capim vetiver, que é utilizado como estrutura de contenção na bioengenharia.

Figura 11 - Capim Vetiver



Fonte:Chavese Andrade, 2013.

Ainda de acordo com Chaves; Andrade, (2013), a espécie possui alta resistência à secas prolongadas, inundações e temperaturas variáveis, resistindo à condições de maior exposição solar, não resistindo apenas ao sombreamento excessivo.

- Fatores a serem considerados em projetos de proteção de encostas

Para a implantação e elaboração de projetos de proteção de encostas, diversos fatores devem ser criteriosamente considerados com base em ensaios geotécnicos e dados hidrológicos elaborados para a execução da obra, alguns fatores são indispensáveis, e de acordo com estudo realizado pela Prefeitura Municipal de Vitória (2015), estes são:

- Acesso;
- Altura do talude;
- Materiais disponíveis no local;
- Características do terreno;
- Presença de construções;
- Situações do perfil projetado em relação ao existente;

- Meio Ambiente.
  - Relocações;
  - Cargas atuantes;
  - Natureza do solo;
  - Condições do nível d'água do local;
  - Análise de custos.
- 
- Principais critérios de dimensionamento de estruturas de contenção

De acordo com Gomes (2016), para projetos de estruturas de contenção são necessários seguir alguns critérios, que são:

- Estudo da natureza da estrutura (Tipos diferentes, para propósitos diferentes);
- Geometria do terreno e condições geotécnicas do local;
- Posição do nível d'água e condições de drenagem;
- Empuxos de terras e cargas atuantes;
- Propriedades dos solos locais: Peso específico, coesão e ângulo de atrito;
- Movimentos relativos do solo e metodologias construtivas.

#### - Aspectos Legais

Além dos critérios já descritos nos itens 2.6 e 2.7, é necessário que para um projeto de implantação de contenção de encostas, o profissional habilitado deva respeitar às leis vigentes para esse tipo de obra. A ABNT-NBR 11.682 de setembro de 1991, tem o objetivo de fixar as condições exigíveis no estudo e controle da estabilidade de taludes em solo, rocha ou mistos, naturais ou resultantes de cortes. Estabelece também as condições para projeto, execução, controle e conservação de obras de estabilização.

A ABNT - NBR 6122 de abril de 1996, tem o objetivo de auxiliar nos projetos e execuções de fundações, onde fixa as condições básicas a serem observadas no projeto e execução de fundações, pontes e demais estruturas.

A ABNT NBR 15961-1 de 18 de julho de 2011, especifica os requisitos mínimos para projetos de Alvenaria Estrutural - Blocos de concreto, se fazendo necessário para projetos de muro de arrimo.

Os projetos de execução de obras de contenção devem ser elaborados por profissionais habilitados para este fim e as leis vigentes devidamente cumpridas, para assegurar a segurança da estrutura e principalmente dos seres humanos.

### 3 METODOLOGIA

As análises comparativas de viabilidade ambiental e econômica dos três métodos de contenção de encostas, são necessárias para que seja feita a escolha correta da estrutura que melhor se adapta às condições da área. A análise ambiental será feita através de pesquisas na literatura vigente. No presente trabalho optou-se pelo método de estudo de caso com pesquisa aplicada, de forma qualitativa em pesquisa exploratória.

#### - O que é a pesquisa

Pesquisa pode ser definida como um processo de investigação ou procedimento racional e sistemático que tem o interesse de investigar e descobrir as relações já existentes, com o objetivo de proporcionar respostas aos problemas já existentes (GIL, 2002).

De acordo com Vergara (2007), a pesquisa é desenvolvida e estudada quando não se dispõe de informações suficientes para alcançar a resposta do problema, ou então quando as informações disponíveis se encontram em desordem, dificultando a relação com o problema.

Toda pesquisa é desenvolvida através de conhecimentos já existentes e disponíveis, envolvendo fatos, situações, fenômenos ou coisas, métodos, técnicas e outros procedimentos científicos (GIL, 2002). A pesquisa envolve diversas fases, desde a adequada formulação inicial do problema até a satisfatória apresentação dos resultados encontrados (GIL, 2002).

#### - Principais tipos de pesquisa

De acordo com Gil (2002), são muitos os motivos que determinam a realização de uma pesquisa, podendo ser classificadas como razões de ordem intelectual e razões de ordem prática. As razões de ordem intelectual decorrem do desejo de conhecer, pela própria satisfação de conhecer. As de ordem prática decorrem do desejo de conhecer com vistas a fazer algo mais eficiente (GIL, 2002).

As pesquisas que são decorrentes dos grupos de ordem intelectual ou prática estão sendo designadas a grupos de questões denominadas "puras" ou "aplicadas". Gil (2002) afirma em seu livro que as pesquisas de problemas práticos podem conduzir a descoberta de princípios científicos, o que da mesma forma, uma pesquisa "puras", fornece conhecimentos passíveis de aplicação prática imediata.

Já as pesquisas aplicadas utilizam contatos diretos com o grupo de questões puras, pois necessitam de suas análises e descobertas para poder verificar os resultados práticos e conseqüentemente elaborar os métodos de aplicação em alguma amostra Vergara (2007).

No presente trabalho, a pesquisa adotada foi a aplicada, pois serão feitos estudos e análises para que sejam aplicados na prática.

- Tipos de pesquisa quanto aos fins

Uma pesquisa pode ter diversos fins, de acordo com Vergara (2007) os tipos são:

- Exploratória: Realizada em áreas de pouco conhecimento sistematizado, desta forma, não comporta hipóteses na sua fase final, mas pode ocorrer no decorrer da pesquisa, (VERGARA, 2007);
- Descritiva: Expõe características claras de uma determinada população ou fenômeno, possui técnicas bem estruturadas de coleta de dados (VERGARA, 2007);
- Explicativa: Torna o objeto de estudo de fácil compreensão e justifica o "porquê" das coisas, (VERGARA, 2007);
- Metodológica: Associada a caminhos, formas, maneiras e procedimentos de se alcançar determinado fim, (VERGARA, 2007);
- Aplicada: Resolve problemas já existentes, na prática, (VERGARA, 2007);

- Intervencionista: Interfere na realidade, no dia-a-dia, não se satisfazendo apenas na explicação do que está sendo estudado, (VERGARA, 2007);

No presente estudo foi adotada quanto aos fins a pesquisa exploratória e aplicada, para Santos (2015) tem o objetivo de fazer com que o pesquisador se familiarize com um determinado assunto ainda pouco conhecido ou explorado. Com isso, ao final do trabalho, o pesquisador conhecerá mais sobre o assunto, e estará apto a construir hipóteses e resolvendo problemas já existentes, na prática (SANTOS, 2015).

- Tipo de pesquisa quanto aos meios

Quanto aos meios, de acordo com Vergara (2007), os tipos são:

- De campo: A investigação é realizada exatamente no local onde são observados os fenômenos estudados (VERGARA, 2007);

- De laboratório: Realizada em local determinado e limitado (VERGARA, 2007);

- Documental: Análises em documentos encontrados em órgãos públicos, privados ou com pessoas que detenham a guarda dos mesmos (VERGARA, 2007);

- Bibliográfica: Realizado com base em livros, jornais, revistas e sites na internet (VERGARA, 2007).

O presente trabalho se caracteriza como estudo de caso, com pesquisa bibliográfica, que para Cesar (2006) este tipo de pesquisa enquadra-se como uma abordagem qualitativa, na qual é frequentemente utilizado para coleta de dados na áreas de estudos organizacionais. E realiza-se através de dados baseados em livros, jornais, revistas e sites da internet e visitas ao local estudado (VERGARA, 2007).

Yin (2005) afirma que este tipo de estudo é ideal quando se pretende investigar e como o porquê de um conjunto de eventos contemporâneos. O estudo de caso

para Yin (2005) é uma investigação empírica que permite o estudo de fenômenos contemporâneos dentro da realidade, principalmente quando os limites não estão claramente definidos entre o fenômeno e o contexto.

O estudo de caso abrange a lógica do planejamento, técnicas de coletas de dados e abordagens específicas à análise dos mesmos. Mediante a isto, o estudo não é uma tática para coleta de dados e característica do planejamento, mas sim, uma estratégia de pesquisa abrangente (YIN, 2005).

Assim, a escolha do método do presente estudo, se deu ao fato de ser uma pesquisa qualitativa que é voltada para a compreensão da vida humana em grupos e interpretação de fenômenos. Diante ao exposto, o objeto de estudo foi de analisar a viabilidade ambiental e econômica de três métodos de contenção em encostas, em um condomínio residencial denominado Villa Atlântica.

#### - Caracterização da empresa em estudo

A empresa Via Sul Engenharia, objeto de estudo do presente trabalho, atua no mercado imobiliário há cerca de 10 anos, atuando em diversas cidades mineiras como: Belo Horizonte, Betim, Montes Claros, Passos, Pára de Minas e Poços de Caldas. Além das cidades mineiras a empresa está expandindo para os estados do Pará, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro, São Paulo e Goiás.

A empresa tem como foco principal a construção de conjuntos habitacionais do programa Minha Casa Minha Vida 3 e sua sede está situada no município de Belo Horizonte/MG.

O empreendimento onde será construída a estrutura de contenção, é um conjunto habitacional denominado Residencial Villa Atlântica, próxima ao centro da cidade Pára de Minas/MG. O terreno do empreendimento possui área de 18.864.50m<sup>2</sup>, onde serão construídos 192 apartamentos, distribuídos em 12 blocos, contendo 4 pavimentos.

#### - Universo e amostra

De acordo com Gil (2002), população ou universo de pesquisa é o conjunto de elementos distintos que possuem certa semelhança nas características definidas para determinado estudo, sendo o conjunto de elementos que possuem determinadas características. Esses elementos são as unidades de análises sobre as quais serão recolhidas informações (GIL, 2002).

As amostras são uma pequena parte da população ou do universo que estão em conformidade com às regras (GIL, 2002). Amostra, de acordo com Silva (2014) é o subconjunto da população, sendo uma parcela conveniente do universo a ser pesquisado. Podendo ser estipuladas características e premissas para a definição.

No estudo, a análise para a pesquisa foi o empreendimento Residencial Villa Atlântica, onde o universo será composto pelo conjunto habitacional e a amostra foi a encosta onde se pretende construir a estrutura de contenção.

#### - Formas e coleta de dados

A primeira etapa se constituiu na pesquisa bibliográfica, onde foi possível obter dados quanto a história dos métodos de contenção de encostas, estudos sobre solos e estudos sobre novos métodos, como a bioengenharia, por exemplo. Vale ressaltar que, o levantamento bibliográfico se faz presente em toda a elaboração do projeto.

Concomitantemente ao levantamento de dados primários, serão feitas visitas ao empreendimento habitacional Villa Atlântica, situado no município de Pará de Minas/MG, para coleta de dados e observação de todos os elementos necessários para elaboração do estudo. Levantamentos de documentos junto à Construtora e dados na Prefeitura de Pára de Minas.



- Análise de dados

Nas palavras de Gil (2002), o mais importante na análise e interpretação de dados no estudo de caso é a preservação total da unidade social. O objetivo principal da presente pesquisa é a análise comparativa do melhor método de contenção em encostas a ser aplicado em um empreendimento situado no município de Pára de Minas/MG, no qual foram coletados dados com a empresa responsável pelo empreendimento, para que fossem esclarecidos os objetivos propostos. Diante ao exposto, a presente pesquisa se define como um estudo de caso.

O processo de coleta de dados no estudo de caso é mais complexo que o de outras modalidades de pesquisa. Isso porque na maioria das pesquisas utiliza-se uma técnica básica para a obtenção de dados, embora outras técnicas possam ser utilizadas de forma complementar (GIL, 2002, p. 140).

De acordo com o objetivo acima citado, foram efetuadas as seguintes ações para obtenção dos dados necessários:

- a) Duas visitas à área do empreendimento, sendo uma em setembro de 2017, para conhecimento da área e outra em janeiro de 2018, para análise da área, solo, vegetação e características gerais.
- b) Em janeiro de 2018 foi feita uma visita à Prefeitura Municipal de Pára de Minas/MG, para pesquisar características gerais do empreendimento.
- c) Análise de documentos internos da empresa responsável pelo empreendimento, relatórios de caracterização da área, projetos, ordens, gráficos e planilhas de serviços, documentos referentes à licenciamento junto aos órgãos competentes.
- d) Para o levantamento dos custos da implantação de cada método, foram feitos orçamentos em 3 empresas distintas para cada tipo de contenção, onde no intuito de manter a confidencialidade e segurança da informação quanto aos seus dados, foram usados nomes fictícios no capítulo de Análise e Discussão dos Resultados. A denominação das empresas será: Empresa Gabião GA, GB e GC; Empresa Terramesh® TA, TB e TC; Empresa Muro de Arrimo MA, MB e MC. Não serão

divulgados neste trabalho dados comerciais, nem tampouco informações industriais beneficiando qualquer tipo de empresa.

- Limitação de pesquisa

O presente estudo tem como proposta analisar e comparar a viabilidade ambiental e econômica de três métodos de contenção em encostas que melhor se adapta à área do empreendimento Villa Atlântica. Pode-se considerar como fator limitante para a pesquisa, a dificuldade na coleta de dados e informações junto à empresa responsável pela obra, por alegação de sigilo empresarial.

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### - Localização do empreendimento

A área necessária a implantação da estrutura de contenção está localizada no interior do empreendimento imobiliário do tipo multifamiliar, denominado Vila Atlântica ou Açude Roncador, o qual é de propriedade da Construtora Via Sul Engenharia. O referido empreendimento possui terreno com área útil de 13.714,94m<sup>2</sup>, que se instala Rua Antônio Rocha, s/n, Bairro José do Bem-Vindo, no município de Pará de Minas, Estado de Minas Gerais.

Na Figura 12, observa-se a localização espacial do empreendimento através de imagem satélite retirada do *Google Earth*.

Figura 12 - Imagem satélite do empreendimento.

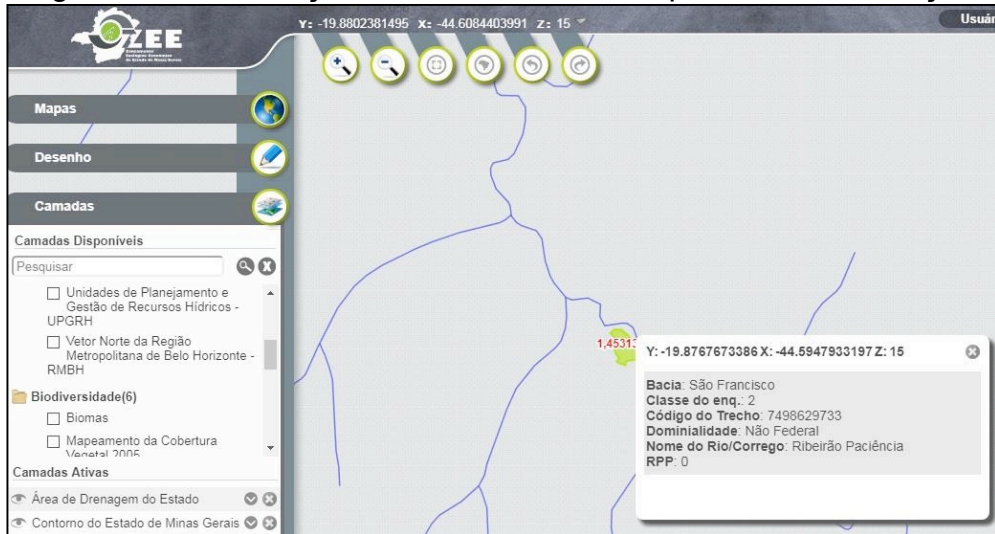


Fonte: Google Earth, 2017.

O terreno do empreendimento, conforme apresentado na Figura 13, é drenado em sua porção Leste pelo Córrego Ribeirão da Paciência, integrante da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Do ponto de vista da cobertura vegetal, a área insere-se no bioma Mata Atlântica, conforme é possível observar na Figura 14.

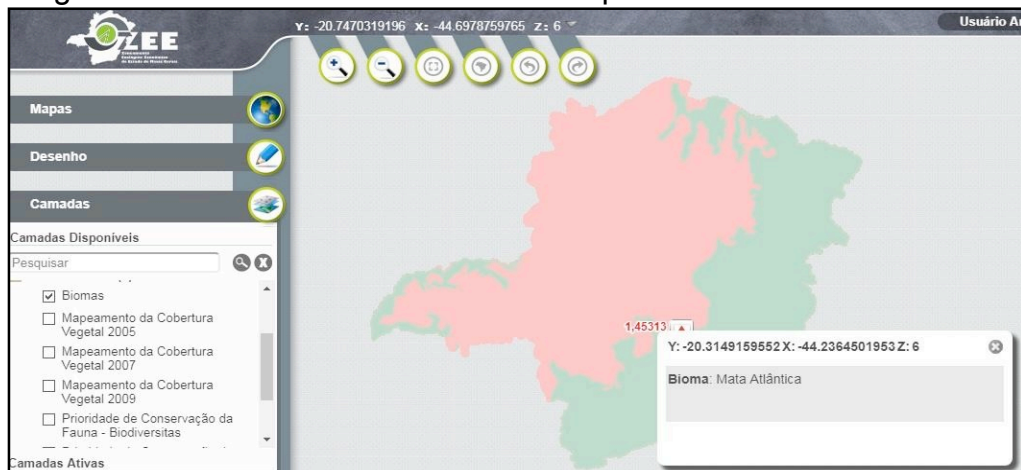
Para avaliar o tipo de solo local, foram realizados pelo empreendedor furos de sondagem no terreno, que tiveram como resultados a existência de uma camada pedológica superficial formada por aterro argilo-arenoso, que possui maior quantidade de argila e menos de areia, com incorporação de materiais alóctones (matações e outros).

Figura 13 - Localização da área onde será implantada a contenção.



Fonte:ZEE, (2018).

Figura 14 - Bioma onde localiza-se o empreendimento.



Fonte:ZEE, (2018).

Em relação a porção onde necessita-se de contenção, estase localiza na divisa Leste do empreendimento "Vila Atlântica", junto a área de preservação permanente (APP) do Córrego Ribeirão da Paciência, o que reitera a necessidade de promover a obra no local, de modo a evitar a instalação de processos erosivos e, o consequente, carregamento de material inconsolidado até a calha do mencionado

recurso hídrico. Um ponto central da área proposta a implantação do muro de contenção do empreendimento Villa Atlântica está localizado nas coordenadas Planas UTM a seguir referenciadas:

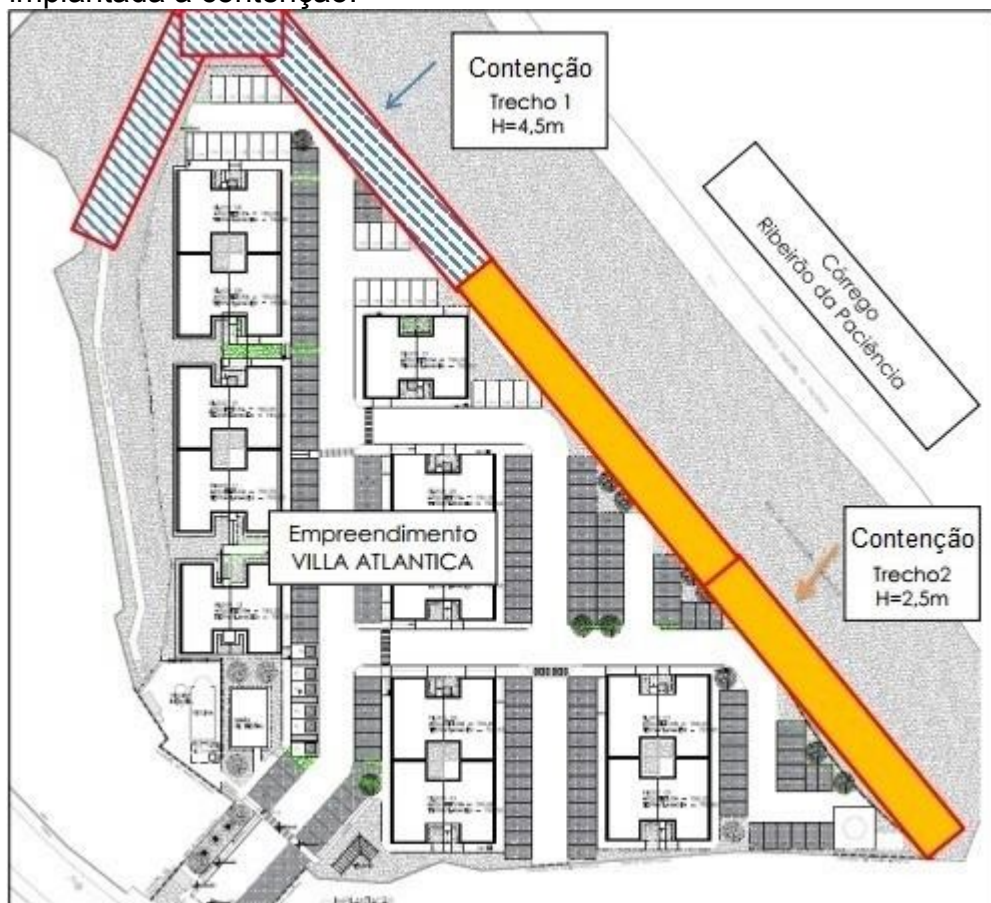
Tabela 1 - Coordenadas Planas UTM de um ponto central da área do empreendimento.

Este	542.337,285 m
Norte	7.801.975,251 m

Fonte: Autoria Própria, (2018).

Na figura 15, abaixo, é apresentado de forma esquemática a área do empreendimento e a localização da porção em que será realizada a obra de contenção, em que os arrimos foram representados por dois grupos, conforme alturas.

Figura 15 - Localização da área onde será implantada a contenção.



Fonte: Via Sul Engenharia Ltda, (2018).

- Critérios de avaliação ambiental e econômica na construção dos três métodos de contenção: Gabião, Terramesh® e Muro de Arrimo.

Todos os critérios de cada método listados a seguir, foram embasados em referenciais teóricos citados no presente estudo.

### **Método tipo Gabião:**

#### **- Aspectos Ambientais**

- Benefícios ambientais devido ao uso de um recurso natural não renovável (pedra) (GERSCOVICH, 2015);
- Baixo impacto ambiental devido a sua composição, principalmente em obras de proteção hidráulica, o gabião não interpõe obstáculo impermeável para as água de infiltração e percolação, e interfere o mínimo possível na fauna e flora local (DALDEGAN, 2017);
- Esse tipo de estrutura integra-se rapidamente ao meio circundante, ou seja, possibilita que o ecossistema, anterior à obra, se recupere quase que totalmente (DALDEGAN, 2017);
- Retardamento de processos erosivos (GERSCOVICH, 2015);
- Este tipo de estrutura permite a sua integração com o meio ambiente ao permitir o crescimento de plantas ou gramíneas na sua superfície (DALDEGAN, 2017);

#### **- Aspectos Econômicos**

- Não exige mão-de-obra especializada para sua construção (FINOTTI et al. 2013);
- Quando se opta por enchimento mecânico dos elementos, pode ser utilizado qualquer tipo de equipamento destinado à terraplanagem e escavações (GERSCOVICH, 2015);

- Quando comparadas com outros tipos de contenção, com mesma resistência estrutural, apresentam custos diretos e indiretos mais baixos (FINOTTI et al. 2013);
- Pode ser construída em etapas, de acordo com o balanço financeiro da obra (GERSCOVICH, 2015);
- Baixo custo, pelo fato de poder utilizar o recurso natural disponível no próprio local da obra (GERSCOVICH, 2015).

A seguir, serão listados na Tabela 2 os valores para implantação de estrutura de contenção do tipo gabião na área objeto de estudo, fornecidos conforme descrito na metodologia pelas empresas GA, GB e GC.

Tabela2 - Custo para implantação da estrutura do tipo Muro de Gabião fornecido pelas empresas GA, GB e GC.

<b>EMPRESA GA</b>		<b>EMPRESA GB</b>		<b>EMPRESA GC</b>	
<b>Equipamento</b>	33.647,10	<b>Equipamento</b>	35.894,00	<b>Equipamento</b>	39.900,00
<b>Serviço</b>	2.541,50	<b>Serviço</b>	3.265,00	<b>Serviço</b>	3.600,00
<b>Material</b>	290.480,86	<b>Material</b>	300.400,00	<b>Material</b>	305.400,00
<b>Mão de obra</b>	71.494,00	<b>Mão de obra</b>	72.976,00	<b>Mão de obra</b>	75.200,00
<b>Custo Total</b>	398.163,46	<b>Custo Total</b>	412.535,00	<b>Custo Total</b>	424.100,00
<b>R\$/m<sup>2</sup></b>	<b>1.982,69</b>	<b>R\$/m<sup>2</sup></b>	<b>2.062,67</b>	<b>R\$/m<sup>2</sup></b>	<b>2.120,50</b>

Fonte: Empresas GA, GB e GC, (2018).



Conforme descrito na Tabela 2 foi possível observar que a empresa GA apresentou menor valor de orçamento.

### **Método tipo Terramesh®:**

#### **- Aspectos Ambientais**

- Possui vantagens quanto à permeabilidade, possibilitando eficiência na drenagem do local (ANANIAS et al. 2009);
- Este tipo de método, possibilita a inserção de vegetação na estrutura, o que de fato ajuda a harmonizar e reduzir os efeitos agressivos das intervenções (BRITO, 2003);
- Retardamento de processos erosivos (BRITO, 2003);
- Flexibilidade que garante à estrutura capacidade de absorver assentamentos diferentes do terreno mantendo sua integridade (ANANIAS et al. 2009);
- Segurança estrutural em caso de incêndios (ANANIAS et al. 2009);

#### **- Aspectos Econômicos**

- Simplicidade construtiva, conseqüente, menos gastos, pois o parâmetro externo e a armadura de reforço constituem uma única estrutura que é fabricada à medida (BRITO, 2003).

A seguir, serão listados os valores para implantação de estrutura de contenção do tipo Terramesh®.

A seguir, serão listados na Tabela 3 os valores para implantação de estrutura de contenção do tipo Terramesh® na área objeto de estudo, fornecidos conforme descrito na metodologia pelas empresas TA, TB e TC.



Tabela 3- Custo para implantação da estrutura do tipo Terramesh® fornecido pelas empresas TA, TB e TC.

EMPRESA TA		EMPRESA TB		EMPRESA TC	
<b>Equipamento</b>	333.404,45	<b>Equipamento</b>	342.500,00	<b>Equipamento</b>	395.200,00
<b>Serviço</b>	2.541,50	<b>Serviço</b>	3.890,00	<b>Serviço</b>	4.250,00
<b>Material</b>	89.432,25	<b>Material</b>	93.325,00	<b>Material</b>	100.350,00
<b>Mão de obra</b>	32.997,10	<b>Mão de obra</b>	33.800,00	<b>Mão de obra</b>	34.900,00
<b>Custo total</b>	458.375,30	<b>Custo total</b>	473.515,00	<b>Custo total</b>	534.700,00
<b>R\$/m<sup>2</sup></b>	<b>2.282,52</b>	<b>R\$/m<sup>2</sup></b>	<b>2.367,57</b>	<b>R\$/m<sup>2</sup></b>	<b>2.673,50</b>

Fonte: Empresas TA, TB e TC, (2018).

Conforme descrito na Tabela 3 foi possível observar que a empresa TA apresentou menor valor de orçamento.

### **Método tipo Muro de Arrimo:**

#### **- Aspectos Ambientais**

- Para a construção deste tipo de muro é necessário evitar escavação no terreno natural, para não ocorrer instabilidade. Diferente do muro de Gabião e Terramesh®, o Muro de Arrimo necessita que seja construído também um sistema de drenagem adequado (DUARTE, 2013);

- Os Muros de Arrimo não podem ser construídos em locais com solo mole ou ainda a localização próxima a pontos com grande acúmulo ou surgência de água (BONISSONI, 2017).;

- Retardamento de processos erosivos (DOMINGUES, 1997).;

### - Aspectos Econômicos

- Elevado ônus no orçamento total de uma obra, devido aos altos gastos com concreto e aço (GERSCOVICH, 2015);

- No muro de arrimo é utilizado concreto, esse tipo de material tem suas vantagens e desvantagens, pois é um material com boa resistência mecânica de compressão, mas é péssimo de resistência à tração, ou seja, quando recebe uma sobrecarga além daquela para qual foi projetado, pode sofrer ruptura imediata (FERRETI, 2016).

A seguir, serão listados na Tabela 4 os valores para implantação de estrutura de contenção do tipo Muro de Arrimo na área objeto de estudo, fornecidos conforme descrito na metodologia pelas empresas MA, MB e MC.

Tabela 4 - Custo para implantação da estrutura do tipo Muro de Arrimo fornecido pela empresas MA, MB e MC.

EMPRESA MA		EMPRESA MB		EMPRESA MC	
<b>Equipamento</b>	32.721,84	<b>Equipamento</b>	38.194,00	<b>Equipamento</b>	31.580,00
<b>Serviço</b>	11.933,01	<b>Serviço</b>	13.200,00	<b>Serviço</b>	11.120,00
<b>Material</b>	590.656,32	<b>Material</b>	605.300,00	<b>Material</b>	600.100,00
<b>Mão de obra</b>	94.834,57	<b>Mão de obra</b>	102.984,00	<b>Mão de obra</b>	94.750,00
<b>Custo total</b>	730.145,75	<b>Custo total</b>	759.678,00	<b>Custo total</b>	737.550,00
<b>R\$/m<sup>2</sup></b>	<b>7.301,46</b>	<b>R\$/m<sup>2</sup></b>	<b>7.596,78</b>	<b>R\$/m<sup>2</sup></b>	<b>7.375,50</b>

Fonte: Empresas MA, MB e MC, (2018)

Conforme descrito na Tabela 4 foi possível observar que a empresa MA apresentou menor valor de orçamento.

A seguir serão apresentados na Tabela 5 a média de valores dos orçamentos de cada método de contenção:

Tabela 5 - Média de valores dos métodos

<b>Método - Gabião</b>		<b>Método - Terramesh®</b>		<b>Método - Muro de Arrimo</b>	
<b>Empresa GA</b>	398.163,46	<b>Empresa TA</b>	458.375,30	<b>Empresa MA</b>	730.145,75
<b>Empresa GB</b>	412.535,00	<b>Empresa TB</b>	473.515,00	<b>Empresa MB</b>	759.678,00
<b>Empresa GC</b>	424.100,00	<b>Empresa TC</b>	534.700,00	<b>Empresa MC</b>	737.550,00
<b>Média</b>	<b>411.599,48</b>	<b>Média</b>	<b>488.863,43</b>	<b>Média</b>	<b>742.457,41</b>

Fonte: (Empresas GA, GB, GC; TA, TB, TC; MA, MB e MC, 2018)

O método que apresentou menor custo de orçamento foi o do tipo Gabião, e o que apresentou maior custo de orçamento foi o Muro de Arrimo, conforme descrito na Tabela 5. Diante ao exposto, o método de Muro de Arrimo torna-se inviável financeiramente para implantação na área objeto de estudo.

Os métodos de Gabião e Terramesh® são bastante semelhantes quanto aos aspectos ambientais e econômicos, o Terramesh® ainda assim possui o valor de orçamento um pouco mais alto do que o Gabião. O método de Muro de Arrimo além de não apresentar grandes vantagens ambientais, ainda assim possui valor bem acima dos demais métodos orçados.

## 5 CONCLUSÃO

As ações antrópicas ao longo dos anos contribuem efetivamente para que uma determinada área apresente maior degradação ambiental. Uma área mais suscetível a erosão deve ser ocupada desde que esteja atendendo critérios de segurança, que são dentre eles, métodos de contenção em encostas. Através do presente estudo foi possível analisar diversos tipos de métodos, sua aplicabilidade e também vantagens e desvantagens, o que possibilitou encontrar o que melhor se adequava no conjunto habitacional Villa Atlântica no município de Pára de Minas.

A partir dos conceitos que foram apresentados neste estudo serão apresentadas a seguir as principais conclusões relacionadas à contenção de encostas através dos métodos estudados.

Diante dos diversos métodos de estruturas de contenção, destacando-se o de Gabião, Terramesh® e Muro de Arrimo, o que melhor atende o objetivo de promover a estabilidade dos maciços de terra presentes na área objeto do estudo é do tipo Gabião, pois apresenta mais vantagens ambientais e econômicas na sua implantação, e de fato reafirma a proposta inicial, que além dos referidos benefícios, melhor se adapta às condições do empreendimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 15961-1 de agosto de 2011. **Alvenaria estrutural - Blocos de concreto**. Disponível em: <ftp://ftp.feis.unesp.br/docs/Biblioteca/ABNT-NBR-15961-1.pdf>> Acesso em: 25/01/2018.

ABNT NBR - 11.682 de setembro de 1.991. **Estabilidade de taludes**. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-11.682-Estabilidade-de-Taludes.pdf>> Acesso em: 14/11/2017.

ABNT NBR - 6.122 de abril de 1.996. **Projeto e execução de fundações**. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-11.682-Estabilidade-de-Taludes.pdf>> Acesso em: 13/11/2017.

ANANIAS, E.J.; CAMPOS, G.O.; SILVEIRA, J.E.S. **Muro de contenção em terramesh e geogrelhas para a contenção de britagem primária em mineração - Alto Horizonte/GO**. Disponível em: <ANANIAS, E.J.; CAMPOS, G.O.; SILVEIRA, J.E.S. **Muro de contenção em terramesh e geogrelhas para a contenção de britagem primária em mineração - Alto Horizonte/GO**. Disponível em: <http://igsbrasil.org.br/wp-content/uploads/2017/12/CCO-2014-Muro-de-conten%C3%A7%C3%A3o-em-terramesh-e-geogrelhas-para-a-conten%C3%A7%C3%A3o-de-britagem-prim%C3%A1ria-em-minera%C3%A7%C3%A3o.pdf>> Acesso em: 27/03/2018.> Acesso em: 27/03/2018.

BARROS, P. L. A.; **Obras de contenção**. Disponível em: [https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/maccaferri/obras\\_de\\_contencao\\_opt.pdf](https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/maccaferri/obras_de_contencao_opt.pdf) > Acesso em: 15/10/2017.

BONISSONI, L. **Dimensionamento e execução de muros de arrimo em alvenaria estrutural**. 2017. Disponível em: [http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2\\_2016/TCC\\_LUCAS%20BONISSONI.pdf](http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2016/TCC_LUCAS%20BONISSONI.pdf)> Acesso em 02/02/2018.

BORONI, M., SPECHT, L.P., PINHEIRO, R.J. **Construção de estruturas de contenção utilizando pneus inservíveis: análise numérica e caso de obra.** 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-44672012000400004](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672012000400004)> Acesso em: 26/11/2017.

BRANCO, P. M.; **Os Solos.** Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Os-Solos-2620.html>> Acesso em: 28/10/2017.

CAAPUÃETÊ. **Engenharia Ambiental.** Disponível em: <<http://caapuaete.com.br/>> Acesso em: 27/11/2017.

CAEMA. **Drenagem, contenções e reforço de solo.** Disponível em: <[https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi9IvuZov\\_WAhXGCpAKHVSDAfUQFghYMAk&url=http%3A%2F%2Fportal.tcu.gov.br%2Fflumis%2Fportal%2Ffile%2FfileDownload.jsp%3FfileId%3D8A8182A24F0A728E014F0AC6F90125F0&usg=AOvVaw2fliVpqdPUNvdGMBQwm6JX](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi9IvuZov_WAhXGCpAKHVSDAfUQFghYMAk&url=http%3A%2F%2Fportal.tcu.gov.br%2Fflumis%2Fportal%2Ffile%2FfileDownload.jsp%3FfileId%3D8A8182A24F0A728E014F0AC6F90125F0&usg=AOvVaw2fliVpqdPUNvdGMBQwm6JX)> 2007. Acesso em: 16/10/2017.

CAPECHE, C.L. **Noções sobre tipos de estrutura do solo e sua importância para o manejo conservacionista.** Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/comtec51\\_2008\\_nocoos\\_estrutura\\_solo\\_000g3h86s8u02wx5ok0r2ma0ndtwqqga.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/comtec51_2008_nocoos_estrutura_solo_000g3h86s8u02wx5ok0r2ma0ndtwqqga.pdf)> Acesso em: 15/01/2018.

CEMADEN. **Movimento de Massa.** Disponível em: <<http://www.cemaden.gov.br/deslizamentos/>> Acesso em: 30/10/2017.

CESAR, A. M. R. V. C. **Método do Estudo de Caso(Case Studies) ou Método do Caso (Teaching Cases)? Uma análise dos dois métodos no Ensino e Pesquisa em Administração.** São Paulo, Mackenzie, 2006.

CHAVES, T.A., ANDRADE, A.G. **Produção de mudas e uso no controle da erosão e na recuperação de áreas degradadas.** 2013. Disponível em:

<<https://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/981190/capim-vetiver-producao-de-mudas-e-uso-no-controle-da-erosao-e-na-recuperacao-de-areas-degradadas>> Acesso em 26/11/2017.

CONSTRUINDO DECOR. **Projeto de muro de arrimo.** Disponível em: <<http://construindodecor.com.br/projeto-de-muro-de-arrimo-tipos-calculo-e-custos/>> Acesso em 13/10/2017.

COUTO, L. ; GONÇALVES, W.; COELHO, A. T.; PAULA, C.C.; GARCIA, R.; A. R.F.; LOCATELLI, M.V.; ADVÍNCULA, T.G.L.; BRUNETTA, J.M.F.C.; COSTA, C.A.B.C.; GOMIDE, L.C.; MOTTA, P.H.; **Técnicas de bioengenharia para revegetação de taludes no Brasil.** Viçosa, Minas Gerais, 2010. Disponível em :<[http://www.cbcn.org.br/arquivos/p\\_tecnicas\\_brasil\\_853272915.pdf](http://www.cbcn.org.br/arquivos/p_tecnicas_brasil_853272915.pdf)> Acesso em 07/10/2017.

CYPE, Ingenieros. **Gabião.** Disponível em; <[http://www.brasil.geradordeprecos.info/espacos\\_urbanos/Fundacoes/Contencoes/Muros\\_de\\_gabioes/Muro\\_de\\_gabioes.html](http://www.brasil.geradordeprecos.info/espacos_urbanos/Fundacoes/Contencoes/Muros_de_gabioes/Muro_de_gabioes.html)> Acesso em: 29/11/2017.

DALDEGAN, E. **Muro de gabião: Principais características e como utilizar .** Disponível em: <<http://engenhariaconcreta.com/muro-de-gabiao-principais-caracteristicas-e-como-utilizar/>> 2017. Acesso em: 17/10/2017.

DEFLOR - **Engenharia para o meio ambiente.** Disponível em :<<http://deflor.com.br/>> Acesso em: 12/11/2017.

Departamento de Estradas de Rodagem - DER. **Especificação técnica - enrocamento.** Disponível em: <[ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/ET-DE-H00-011\\_A.pdf](ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/ET-DE-H00-011_A.pdf)> 2007. Acesso em: 16/10/2017.

DOMINGUES, P.C. **Indicações para projeto de muros de arrimo em concreto armado.** 1997. Disponível em: <[http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/1997ME\\_PauloCesarDomingues.pdf](http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/1997ME_PauloCesarDomingues.pdf)> Acesso em: 27/11/2017.

DUARTE, M.P. **Estabilidade de talude e muro de arrimo**. 2013. Disponível em: <[http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUBD-9GFJNM/monografia\\_estabilidade\\_de\\_talude\\_2013.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUBD-9GFJNM/monografia_estabilidade_de_talude_2013.pdf?sequence=1)> Acesso em: 20/01/2018.

EMBRAPA - **Classificação dos Solos**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/sibcs/classificacao-de-solos>>. Acesso em 01/11/2017.

FINOTTI, G.B.S., RIBEIRO, M.J.S., TAVARES, R.S. **Estruturas de contenção em gabiões para estabilidade de encostas em processos erosivos**. Goiânia, 2013. Disponível em: <[https://www.eec.ufg.br/up/140/o/ESTRUTURAS\\_DE\\_CONTEN%C3%87%C3%83O\\_EM\\_GABI%C3%95ES\\_PARA\\_ESTABILIDADE\\_DE\\_ENCOSTAS\\_EM\\_PROCESSO\\_S\\_EROSIVOS.pdf](https://www.eec.ufg.br/up/140/o/ESTRUTURAS_DE_CONTEN%C3%87%C3%83O_EM_GABI%C3%95ES_PARA_ESTABILIDADE_DE_ENCOSTAS_EM_PROCESSO_S_EROSIVOS.pdf)> Acesso em 26/11/2017.

GEOFOCO. **Conheça os diferentes tipos de muro de contenção**. Disponível em: <<http://geofoco.com.br/conheca-os-diferentes-tipos-de-muro-de-contencao/>> Acesso em: 14/11/2017.

GERSCOVICH, D.M.S.; **Estruturas de Contenção - Muros de arrimo**. Disponível em: <<http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf>> 2015. Acesso em: 18/10/2017

GOMES, R.C. **Estruturas de contenção**. Disponível em: <<http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~romerocesar/Aula9PPT.pdf>> Acesso em: 14/11/2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 2002. Disponível em: <[http://www.urca.br/itec/images/pdfs/modulo%20v%20%20como\\_elaborar\\_projeto\\_d\\_e\\_pesquisa\\_-\\_antonio\\_carlos\\_gil.pdf](http://www.urca.br/itec/images/pdfs/modulo%20v%20%20como_elaborar_projeto_d_e_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf)> Acesso em: 19/11/2017.



GIL, R.L. **Tipos de pesquisa.** 2008. Disponível em: <<http://wp.ufpel.edu.br/ecb/files/2009/09/Tipos-de-Pesquisa.pdf>> Acesso em: 20/11/2017.

HEINRICHES, R. **Estrutura do solo.** 2010. Disponível em: <[http://www2.dracena.unesp.br/graduacao/arquivos/solos/aula\\_6\\_estrutura\\_do\\_solo.pdf](http://www2.dracena.unesp.br/graduacao/arquivos/solos/aula_6_estrutura_do_solo.pdf)> Acesso em: 10/01/2018.

JACOBI, P. **Meio Ambiente e Sustentabilidade.** São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://franciscoqueiroz.com.br/portal/phocadownload/desenvolvimento%20sustentavel.pdf>> Acesso em 02/10/2017.

LEMES, J. L. V. B.; SCHIRMER, W. N.; CALDEIRA, M. V. W.; KAICK, T. V. ABEL, O. ; BARBARA, R. R.. **Tratamento de esgoto por meio de zona de raízes em comunidade rural. Revista. Acadêmica Ciências Agrárias Ambientais.** Curitiba, v. 6, n. 2, p. 169-179, abr./jun. 2008. Disponível em: <[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:2s13G\\_HcSZIJ:www2.pucpr.br/reol/index.php/academica%3Fdd99%3Dpdf%26dd1%3D2392+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:2s13G_HcSZIJ:www2.pucpr.br/reol/index.php/academica%3Fdd99%3Dpdf%26dd1%3D2392+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br)> Acesso em: 30/09/2017.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação Dos Solos.** Oficina de Textos. São Paulo. 2002. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/3156322/formacao-e-conservacao-dos-solos-2-edicao>> Acesso em 15/11/2017.

LOBO, A.S., FERREIRA, C.V., RENOFIO, A. **Muros de arrimo em solos colapsáveis provenientes do arenito Bauru: problemas executivos e influência em edificações vizinhas em áreas urbanas.** 2003. Disponível em: <<http://eduem.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/2191/1335>> Acesso em: 18/01/2018.

MAGALHÃES, R.A. **Erosão: Definições, tipos e formas de controle.** Disponível em: <<http://www.cbdb.org.br/documentos/L3363.PDF>> Acesso em: 12/01/2018.

MARTINI, L.C.P., UBERTI, A.A.A., SCHEIBE, L.F., COMIN, J.J., OLIVEIRA, M.A.T., **Avaliação da suscetibilidade a processos erosivos e movimentos de massa:**

**decisão multicriterial suportada em sistemas de informações geográficas.**  
 2006. Disponível em:  
 <<http://morrodobau.ufsc.br/files/2011/03/Avalia%C3%A7%C3%A3o-da-suscetibilidade-a-processos-erosivos-e-movimentos-de-massa.pdf>> Acesso em:  
 25/11/2017.

MC ENGENHARIA. **Terramesh System.** Disponível em:  
 <<http://mcengenhariabrasil.com.br/servicos-terramesh.php>> Acesso em: 27/11/2017;

MENDONÇA, A.K. **Estudo comparativo de duas estruturas de contenção em uma obra em Goiânia/Go.** Goiânia, 2015. Disponível em:  
 <[https://www.eec.ufg.br/up/140/o/ESTUDO\\_COMPARATIVO\\_DE\\_DUAS ESTRUTURAS\\_DE\\_CONTEN%C3%87%C3%83O\\_EM\\_UMA\\_OBRA\\_EM\\_GOI%C3%82NIAGO.pdf](https://www.eec.ufg.br/up/140/o/ESTUDO_COMPARATIVO_DE_DUAS ESTRUTURAS_DE_CONTEN%C3%87%C3%83O_EM_UMA_OBRA_EM_GOI%C3%82NIAGO.pdf)> Acesso em: 10/09/2017.

OLIVEIRA, M.Z.; VERONEZ, M.R.; THUM, A. B.; REINHARDT, A.O.; BARETTA, L.; VALLES, T.H.A.; ZARDO, D.; SILVEIRA, L. K.; **Delimitação de Áreas de Preservação Permanente: Um estudo de caso através de imagem de satélite de alta resolução associada a um sistema de informação geográfica (SIG).** Florianópolis, 2007. Disponível em: <  
[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:zzyQe\\_0gJQ0J:marte.sid.inpe.br/attachment.cgi/dpi.inpe.br/sbsr%4080/2006/11.14.21.53/doc/4119-4128.pdf+&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:zzyQe_0gJQ0J:marte.sid.inpe.br/attachment.cgi/dpi.inpe.br/sbsr%4080/2006/11.14.21.53/doc/4119-4128.pdf+&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br)> Acesso em: 02/09/2017.

O GLOBO. **Deslizamentos de terras mais letais no mundo desde 2010.** Disponível em :<<http://g1.globo.com/mundo/noticia/2014/05/relembre-os-deslizamentos-de-terra-mais-letais-no-mundo-desde-2010.html>> Acesso em:  
 06/10/2017.

PEREIRA, A.R. **Controle e recuperação de processos erosivos com técnicas de bioengenharia.** 2001. Disponível em:  
 <[http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/simposio\\_erosao/articles/t074.pdf](http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/simposio_erosao/articles/t074.pdf)> Acesso em:  
 26/11/2017.

PINOTTI, A. M.; **Técnicas de Geologia Estrutural para previsão e contenção de queda de blocos em encostas: Aplicação na área do granito Santos**. Santos, SP, 2011. Disponível em: <<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&cad=rja&uact=8&ved=0ahukewivweq7lqhxahvklzakha1gad0qfgg8mag&url=http%3a%2f%2fwww.bibliotecadigital.unicamp.br%2fdocument%2f%3fdown%3d000797588&usg=ao vvaw1bssv66saiqewlkygyf2xs>> Acesso em: 29/10/2017.

PINTO, R.C., PASSOS, E., CANEPARO, S.C. **Classificação dos movimentos de massa ocorridos em Março de 2011 na Serra da Prata, Estado do Paraná**. Disponível em: <[https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjWy6fajeTXAhWCHZAKHcgZCTU4ChAWCCwwAQ&url=http%3a%2f%2feduem.uem.br%2Fojs%2findex.php%2FGeoinga%2Farticle%2Fdownload%2F18951%2F10252&usg=AOvVaw21Aj5CZueMBzUMI8uBDK\\_s](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjWy6fajeTXAhWCHZAKHcgZCTU4ChAWCCwwAQ&url=http%3a%2f%2feduem.uem.br%2Fojs%2findex.php%2FGeoinga%2Farticle%2Fdownload%2F18951%2F10252&usg=AOvVaw21Aj5CZueMBzUMI8uBDK_s)> Acesso em: 26/11/2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA. **Especificação para elaboração do projeto de estabilização de encostas**. Disponível em: <[http://www.vitoria.es.gov.br/arquivos/20090921\\_proj\\_estabilizac\\_encostas.pdf](http://www.vitoria.es.gov.br/arquivos/20090921_proj_estabilizac_encostas.pdf)> Acesso em: 13/11/2017.

PREFEITURA SÃO GONÇALO DO PARÁ. **Muro de contenção feito com pneus reutilizados**. Disponível em: <<http://www.saogoncalodopara.mg.gov.br/conteudo/muro-de-contencao-feito-com-pneus-reciclaveis>> Acesso em 29/11/2017.

Roos, A., BECKER, E.L.S. **Educação Ambiental e Sustentabilidade**. Brasil, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/4259/3035>> Acesso em: 01/10/2017.

SANTOS, C. J. G. **Tipos de pesquisa**. 2015. Disponível em: <[http://www.oficinadapesquisa.com.br/APOSTILAS/PROJETO\\_RH/\\_OF.TIPOS\\_PESQUISA.PDF](http://www.oficinadapesquisa.com.br/APOSTILAS/PROJETO_RH/_OF.TIPOS_PESQUISA.PDF)> Acesso em: 20/11/2017.

SCHARAMM. **Enrocamento de Pedras e Drenagens Pluviais**. 2016. Disponível em: <<http://www.terraplanagementschramm.com.br/produto/view/0005-enrocamento-de-pedras-e-drenagens-pluviais#.WiCMJFVKu00>> Acesso em: 29/11/2017.

SILVA, D. T. **População ou Universo - Amostra**. 2014. Disponível em: <<https://prezi.com/dyorz6uniovo/populacao-ou-universo-amostra/>> Acesso em: 19/11/2017.

TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R.; **Desastres naturais**. Disponível em: <<http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/DesastresNaturais.pdf>> Acesso em: 06/10/2017.

VERGARA, S.C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 9 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

VOLK, L.B.S., COGO, N.P., STRECK, E.V.. **Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal (1)**. Brasil, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbcs/v28n4/21799.pdf>> Acesso em: 01/10/2017.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 212 p.

ZEE - **Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais**. Disponível em: <<http://geosisemanet.meioambiente.mg.gov.br/zee/>> Acesso em: 15/03/2018.

AEC - **Muro de Arrimo**. Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/muro-de-arrimo-projeto-exige-estudo-do-solo\\_9687\\_10\\_0](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/muro-de-arrimo-projeto-exige-estudo-do-solo_9687_10_0)> Acesso em: 20/03/2018.

LORENZO, M. **Propriedades e Atributos Físicos do solo**. Disponível em: <<https://marianaplorenzo.com/2010/10/16/pedologia-%E2%80%93-morfologia-estrutura-do-solo/>> Acesso em: 23/03/2018.

FABBRIS, E.; MANFIO, D.A.L.; VALDAMERI, G.; BRUM, J.P.; **Porosidade do solo.** Disponível em: <<http://www.cafw.ufsm.br/mostraciencias/2011/resumos/209.pdf>> Acesso em: 30/03/2018.

FERRETI, P.C.B. **Muro de arrimo.** Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/muro-de-arrimo-projeto-exige-estudo-do-solo\\_9687\\_10\\_0](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/muro-de-arrimo-projeto-exige-estudo-do-solo_9687_10_0)> Acesso em: 25/03/2018.

RIBEIRO, K.D., MENEZES, S.M.; MESQUITA, M.G.B.F.; SAMPAIO, F.M.T.; **Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras/MG.** Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v31n4/33.pdf>> Acesso em: 29/03/2018.

JUNIOR, G.B.S.; **Estudo numérico do comportamento de muros de arrimo em alvenaria estrutural de blocos vazados.** Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/14854/1/GilvanBSJ DISSERT. pdf>> Acesso em: 27/03/2018.

## TERMO DE AUTORIZAÇÃO

À Empresa  
VIA SUL ENGENHARIA LTDA  
CNPJ 08.107 711-0001-71

Ilmo. Senhor Diretor,

Informamos a V. Sa. que os alunos **Deny Figueiredo Alves, Lázaro César Rita, Leonardo Gonçalves Almeida e Ulisses Domingos Pereira Junior**, estão desenvolvendo uma pesquisa em nível de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) vinculada ao Programa de Pesquisa, Produção e Divulgação Científica (PPDC) da Faculdade de Engenharia de Minas Gerais, a saber:

**Título:**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE VIABILIDADE AMBIENTAL E ECONÔMICA DE TRÊS MÉTODOS DE CONTENÇÃO EM ENCOSTAS EM UMA ÁREA SITUADA NO MUNICÍPIO DE PÁRA DE MINAS/MG**

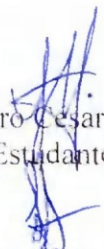
**Orientador:** Prof. Dr.<sup>a</sup> Jocilene Ferreira da Costa

**Período:** Agosto/2017 a Junho/2018


Diante disso, os alunos supracitados solicitam autorização da **empresa Via Sul Engenharia Ltda.** para acesso a documentos da empresa para a realização da pesquisa e se comprometem a utilizar das informações coletadas, exclusivamente, para fins acadêmicos e a divulgar os resultados, prioritariamente, para vossa empresa.


Belo Horizonte, 30 de junho de 2018


Firmam o presente,


  
Lázaro César Rita  
Estudante

Leonardo Gonçalves Almeida  
Estudante

  
Professor Ms. Jocilene Ferreira Da Costa  
Orientadora


  
Wilson José Vieira da Costa  
Coordenador do PPDC

  
Deny Figueiredo Alves  
Estudante

  
Ulisses Domingos P. Junior  
Estudante

Renato Junio Guimarães Faria  
Via Sul Engenharia Ltda

Renato Guimarães  
Diretor  
CREA/MG 100876 / D

  
Raquel Ferreira de Souza  
Adjunta à Coordenação do PPDC



## **Análise comparativa de viabilidade ambiental e econômica de três métodos de contenção em encostas em uma área situada no município de Pará de Minas/MG**

Leonardo Gonçalves Almeida (FEAMIG) [leonardo.almeida@copasa.com.br](mailto:leonardo.almeida@copasa.com.br)

Ulisses Domingos Pereira Júnior (FEAMIG) [ulissesvendedor@hotmail.com](mailto:ulissesvendedor@hotmail.com)

Deny Figueredo Alves (FEAMIG) [denyfalves@hotmail.com](mailto:denyfalves@hotmail.com)

Lázaro César Rita (FEAMIG) [lazaro.cezar@yahoo.com.br](mailto:lazaro.cezar@yahoo.com.br)

Jocilene Ferreira da Costa (FEAMIG) [jocilene\\_fc@yahoo.com.br](mailto:jocilene_fc@yahoo.com.br)

*Resumo: O surgimento de metodologias de contenções que sejam ambientalmente sustentáveis justifica-se pela rápida expansão urbana e a elevada valorização imobiliária. Este trabalho tem como objetivos analisar os processos de construção de três métodos de contenção: Gabião, Terramesh<sup>®</sup> e Muro de Arrimo, com o intuito de verificar a melhor viabilidade ambiental e econômica, para implantação em uma área de um empreendimento habitacional multifamiliar. Trata-se de uma pesquisa qualitativa exploratória, e estudo de caso, cuja amostra da pesquisa foi a encosta localizada no conjunto habitacional Vila Atlântica. Realizou-se uma revisão bibliográfica, posteriormente coletaram-se os dados junto à empresa Via Sul Engenharia e à Prefeitura Municipal de Pará de Minas/MG. Os dados foram tabulados no programa Excel, sendo criadas planilhas de comparação de preços para que se equalizassem os valores econômicos de cada método, apresentando os valores por m<sup>2</sup>. Os resultados mostram que entre os métodos de estruturas de contenção, estudados na presente pesquisa, o que melhor atendeu o objetivo de promover a estabilidade dos maciços de terra presentes na área de objeto do estudo, foi a contenção do tipo Gabião além de apresentar maiores vantagens ambientais e econômicas.*

*Palavras-chave: Processos erosivos; Métodos de contenção Muro de Gabião; Terramesh<sup>®</sup>; Muro de Arrimo.*

### **1. Introdução**

Atualmente é crescente a preocupação com o meio ambiente, revelando-se uma crise ambiental, resultado dos efeitos globais, tais como: mudanças climáticas, diminuição dos recursos naturais, poluição das águas e dos solos.

Entre os principais fatores relacionados ao aumento da degradação ambiental, encontram-se as frequentes alterações no uso não planejado do solo. Tais alterações são responsáveis pelo aumento dos processos erosivos tanto em áreas agrícolas como urbanas.

A necessidade do surgimento de diferentes metodologias de contenções e suas aplicabilidades justifica-se pela rápida expansão urbana e a elevada valorização imobiliária. Tem-se buscado métodos e inovações tecnológicas para a contenção, por exemplo, de encostas que sejam ambientalmente sustentáveis, visando a proteção do meio ambiente.





O presente trabalho tem como objetivos analisar os processos de construção de três métodos de contenção: Gabião, Terramesh® e Muro de Arrimo, com o intuito de verificar a melhor viabilidade ambiental e econômica, para implantação em uma área do empreendimento Villa Atlântica, situado no município de Pará de Minas/MG.

## 2. Fundamentação teórica

### Históricos das estruturas de contenção de encostas

Desde o início dos tempos, o homem vem alterando as condições topográficas originais de terrenos para construção de edificações como moradias, comércios, construção de vias de acesso. Desta forma sempre existiu a necessidade de implantação de contenções de encostas. Obras de contenção não são contemporâneas, os registros mais antigos estão entre 3.200 e 2.800 a.C., onde os sumerianos construíam muros de alvenaria de argila para estabilizar encostas na região do Iraque. Entretanto as construções seguindo preceitos de engenharia começaram surgir no início do século XVIII, através de projetos de engenheiros franceses (MENDONÇA, 2015).

### Encostas Naturais

São definidos como superfícies de ângulos inclinados, cuja base é de natureza terrosa, rochosa ou mista, originados por diferentes processos geológicos e geomorfológicos (PINOTTI, 2011). Uma encosta natural pode ser observada na Figura 1.



FIGURA 1 - Encosta Natural. Fonte: CEMADEN (2016).

### Solos: Conceituação

O solo é um sistema aberto que está constantemente sob ação de fluxos de matéria e energia, o tornando um sistema dinâmico (EMBRAPA, 2017). Segundo Branco (2014), quando as modificações são causadas pelo intemperismo, reorganização e conforme a estrutura, também por erosão, transporte e sedimentação, pode-se chamar de solo. São classificados em minerais e orgânicos, e têm características físicas, químicas e físico-químicas diferenciadas. Estes, poderão ser argilosos, arenosos, ricos ou pobres de matéria orgânica, vermelhos, amarelos ou cinza-esbranquiçados, espessos ou rasos, homogêneos ou estruturados (BRANCO, 2014).

### Processos Erosivos do Solo

Erosão é um fenômeno da superfície, onde as condições físicas da parte superior do solo desempenham papel primordial. Processos erosivos, apresentados na Figura 2, além de





representarem um grave problema na perda de solo, também trazem conseqüências negativas relacionadas à deslizamento de terra, assoreamento e contaminação dos cursos d'água (BARROS, 2014). A erosão é classificada de acordo com o agente atuante, podendo ser a água, o vento ou geleiras (MAGALHÃES, 2001).



FIGURA 2 – Processo Erosivo. Fonte: Caapuãetê (2016).

### **Movimentos de Massa**

São classificados de acordo com uma série de características, e para Pinto et al. (2012), estão relacionadas ao tipo de material envolvido e a velocidade do deslocamento. Os movimentos são: deslizamentos, escorregamento, ruptura de taludes, quedas de barreiras, dentre outros (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - CEMADEN, 2016).

### **Estruturas de contenção**

Em virtude das alterações que os solos estão expostos e aos processos erosivos, métodos de contenção de encostas vem sendo desenvolvidos e têm como função prover a estabilidade de maciços de terra ou de rocha, prevenindo sua ruptura e conseqüentes perdas materiais e humanas (BARROS, 2014). De acordo com a Geofoco (2015), as estruturas de contenção são paredes verticais ou quase vertical, apoiadas em uma fundação rasa ou profunda. Existem diversos tipos de métodos de contenção, com diferentes formas e metodologias, dentre eles estão o Gabião, Terramesh<sup>®</sup> e Muro de Arrimo, objetos do presente estudo.

#### **2.5.1 Tipos de Estruturas de contenção**

Muros de gabiões são constituídos por gaiolas de telas metálicas de malha hexagonal de dupla torção, preenchidas por pedras arrumadas manualmente, de acordo Figura 3. A rede metálica que compõe as telas dos gabiões apresenta resistência mecânica elevada, pois em casos de ruptura de um dos arames, a dupla torção assegura a forma e a flexibilidade da gaiola (GERSCOVICH, 2015). Este tipo de muro de contenção possui ainda a vantagem na simplicidade de construção e a dispensa de dispositivos de drenagem, por já possuir material drenante. Além disso, destaca-se a redução do custo, principalmente quando já existem blocos de rochas disponíveis no local e que a estabilidade interna do muro requer blocos de dimensões regulares, para que exista menor atrito entre as pedras (GERSCOVICH, 2015).

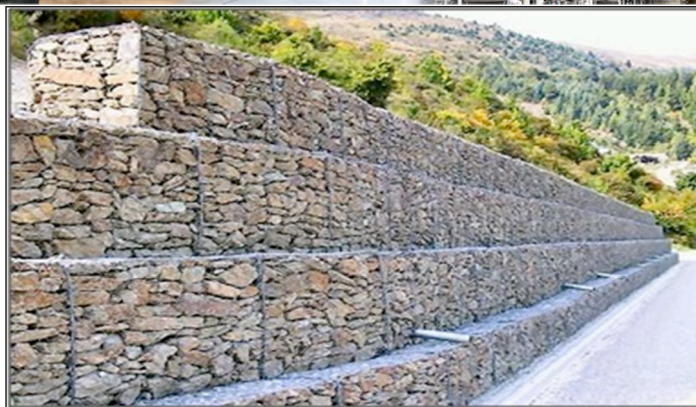


FIGURA 3 – Muro de Gabião. Fonte: CYPE Ingenieros S.A. (2016).

Outro tipo de contenção em encostas é a Terramesh<sup>®</sup>, trata-se da execução de uma estrutura de contenção em solo reforçado com fitas metálicas e placas frontais de concreto. A estrutura Terramesh<sup>®</sup> possibilita o uso de materiais do local, como também tem facilidade de aplicação em áreas onde os taludes estão mais íngremes, em locais de difícil acesso, apoio sobre o solo natural e a não necessidade de execuções de fundações específicas (ANANIAS et al. 2009). Ainda segundo Ananias et al., (2009), a estrutura Terramesh<sup>®</sup>, possui vantagens quanto à permeabilidade, possibilitando eficiência na drenagem do local, versatilidade quanto à construção, pois permite que as estruturas estejam em parâmetro frontal vertical, inclinado ou com degraus. Além disso, o mesmo autor afirma que os impactos ambientais sejam reduzidos, pois assim como o gabião, a Terramesh<sup>®</sup>, possibilita a inserção de vegetação na estrutura, o que de fato ajuda a harmonizar e reduzir os efeitos agressivos das intervenções. Na Figura 4 observa-se um exemplo de estrutura Terramesh<sup>®</sup>.



FIGURA 4 - Estrutura Terramesh<sup>®</sup>. Fonte: Maccaferri (2016).

Já o Muro de Arrimo, demonstrado na Figura 5, são estruturas de contenção criadas com o intuito de resistir aos empuxos laterais de terra ou água, são utilizados quando existe uma mudança íngreme de elevação do terreno, podendo gerar risco de escorregamentos (BONISSONI, 2017). Estes muros são estruturas construídas em terrenos para sustentação do solo, onde o próprio peso é o responsável pela sua estabilidade, além disso, também isolam um determinado local (DOMINGUES, 1997).

Muros de arrimo são elementos localizados em obras de estabilização de taludes e encostas, em regiões íngremes, junto às edificações, estradas ou ruas (DUARTE, 2013). De acordo com Lobo et al. (2003), os muros de arrimo são muito utilizados em áreas urbanas, quando se



deseja manter uma diferença de nível da superfície do terreno, sem ter que recorrer a taludes, pois se perde uma grande área ao recorrer a este recurso.



FIGURA 5 - Muro de Arrimo. Fonte: Schramm (2016).

### 3. Metodologia

Utilizou-se como metodologia uma pesquisa quali-quantitativa exploratória, com levantamento de dados na literatura em livros e artigos publicados em periódicos. É um estudo de caso com pesquisa aplicada. Para Cesar (2006) este tipo de pesquisa enquadra-se como uma abordagem qualitativa, na qual é frequentemente utilizado para coleta de dados nas áreas de estudos organizacionais. E realizam-se através de dados baseados em livros, jornais, revistas, sites da internet e visitas ao local estudado (VERGARA, 2007).

#### Caracterização da área de Estudo

Trata-se de uma área pertencente a empresa Via Sul Engenharia Ltda, que atua no mercado imobiliário há cerca de 10 anos, em diversos estados brasileiros. Seu foco principal é a construção de conjuntos habitacionais do programa Minha Casa Minha Vida 3 e sua sede está situada no município de Belo Horizonte/MG. O terreno do empreendimento imobiliário, do tipo multifamiliar, denominado Villa Atlântica, onde foi implantada a estrutura de contenção está localizado no município de Pará de Minas/MG, na Rua Antônio Rocha, s/n, Bairro José do Bem-Vindo. Possui área útil de 13.714,94m<sup>2</sup> e é drenado em sua porção Leste pelo Córrego Ribeirão da Paciência, integrante da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Do ponto de vista da cobertura vegetal, a área insere-se no bioma Mata Atlântica.

#### Universo e Amostra da pesquisa

O Universo estudado foi métodos de contenção para encostas ambientalmente sustentáveis. A amostra da pesquisa foi a encosta do conjunto habitacional denominado Residencial Villa Atlântica, da cidade Pára de Minas/MG, onde foi construída a estrutura de contenção.

#### Coletas de dados

O objetivo principal da presente pesquisa é a análise comparativa do melhor método de contenção em encostas a ser aplicado em um empreendimento situado no município de Pára de Minas/MG, no qual foram coletados dados com a empresa responsável pelo empreendimento, para que fossem esclarecidos os objetivos propostos.



O processo de coleta de dados no estudo de caso é mais complexo que o de outras modalidades de pesquisa. Isso porque na maioria das pesquisas utiliza-se uma técnica básica para a obtenção de dados, embora outras técnicas possam ser utilizadas de forma complementar (GIL, 2002, p. 140).

De acordo com o objetivo acima citado, foram efetuadas as seguintes ações para obtenção dos dados necessários:

- a) Duas visitas à área do empreendimento, sendo uma em setembro de 2017, para conhecimento da área e outra em janeiro de 2018, para análise da área, solo, vegetação e características gerais.
- b) Em janeiro de 2018 foi realizada uma visita à Prefeitura Municipal de Pára de Minas/MG, para pesquisar características gerais do empreendimento.
- c) Análise de documentos internos da empresa responsável pelo empreendimento, relatórios de caracterização da área, projetos, ordens, gráficos e planilhas de serviços, documentos referentes à licenciamento junto aos órgãos competentes.
- d) Para o levantamento dos custos da implantação de cada método, foram feitos orçamentos em 3 empresas distintas para cada tipo de contenção, onde no intuito de manter a confidencialidade e segurança da informação quanto aos seus dados, foram usados nomes fictícios no capítulo de Análise e Discussão dos Resultados. As empresas foram denominadas como: Empresas Gabião GA, GB e GC; Empresas Terramesh<sup>®</sup> TA, TB e TC; Empresas Muro de Arrimo MA, MB e MC. Não serão divulgados neste trabalho dados comerciais, nem tampouco informações industriais beneficiando qualquer tipo de empresa.

#### **Análise de dados**

Os dados foram tabulados no programa do Excel, sendo criadas planilhas de comparação de preços para que se equalizassem os valores econômicos de cada método, apresentando o preço por m<sup>2</sup>. Considerou como fator limitante para a pesquisa, a dificuldade na coleta de dados e informações junto à empresa responsável pela obra, por alegação de sigilo empresarial.

#### **4. Resultados e Discussão**

Observou-se que a porção onde será realizada a contenção, localiza-se na divisa Leste do empreendimento "Vila Atlântica", junto à área de preservação permanente (APP) do Córrego Ribeirão da Paciência, conforme Figura 6, o que reiterou a necessidade de promover a obra no local, de modo a evitar a instalação de processos erosivos e o consequente carreamento de material inconsolidado até a calha do mencionado recurso hídrico, além do melhor aproveitamento da área útil. Para avaliar o tipo de solo foram realizados pelo empreendedor furos de sondagem no terreno, que tiveram como resultados a existência de uma camada pedológica superficial formada por aterro argilo-arenoso, que possui maior quantidade de argila e menos de areia, com incorporação de materiais alóctones (matacões e outros).

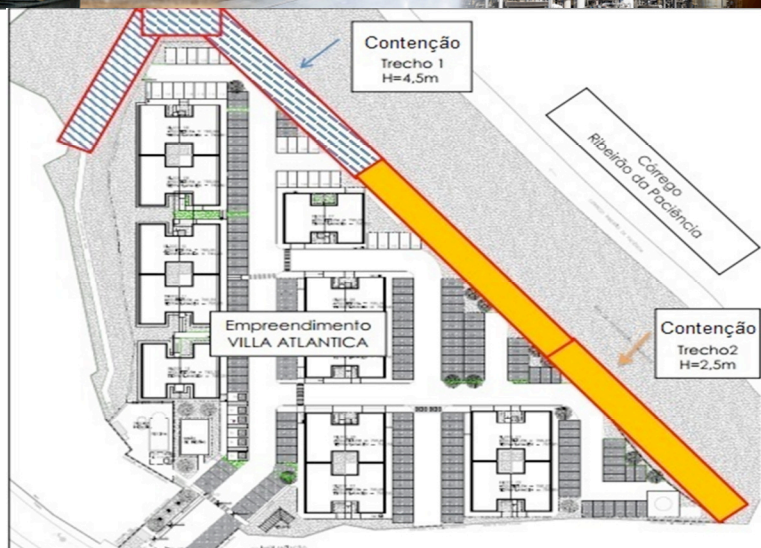


FIGURA 6 - Localização da área de implantação da contenção. Fonte: Via Sul Engenharia Ltda (2018).

Encontraram-se na literatura os seguintes critérios de avaliação ambiental e econômica na construção dos três métodos de contenção: Gabião, Terramesh<sup>®</sup> e Muro de Arrimo.

### Método tipo Gabião

#### Aspectos Ambientais

- Benefícios ambientais devido ao uso de um recurso natural não renovável (pedra) (GERSCOVICH, 2015);
- Baixo impacto ambiental devido a sua composição, principalmente em obras de proteção hidráulica, o gabião não interpõe obstáculo impermeável para as água de infiltração e percolação, e interfere o mínimo possível na fauna e flora local (DALDEGAN, 2017);
- Esse tipo de estrutura integra-se rapidamente ao meio circundante, ou seja, possibilita que o ecossistema, anterior à obra, se recupere quase que totalmente (DALDEGAN, 2017);
- Retardamento de processos erosivos (GERSCOVICH, 2015);
- Este tipo de estrutura permite a sua integração com o meio ambiente ao permitir o crescimento de plantas ou gramíneas na sua superfície (DALDEGAN, 2017).

#### Aspectos Econômicos

- Não exige mão-de-obra especializada para sua construção (FINOTTI et al. 2013);
- Quando se opta por enchimento mecânico dos elementos, pode ser utilizado qualquer tipo de equipamento destinado à terraplanagem e escavações (GERSCOVICH, 2015);
- Quando comparadas com outros tipos de contenção, com mesma resistência estrutural, apresentam custos diretos e indiretos mais baixos (FINOTTI et al. 2013);
- Pode ser construída em etapas, de acordo com o balanço financeiro da obra (GERSCOVICH, 2015);
- Baixo custo, pelo fato de poder utilizar o recurso natural disponível no próprio local da obra (GERSCOVICH, 2015).

A Tabela 1 apresenta os valores aplicados no mercado para o tipo de contenção por Gabião, nesses valores estão inclusos gastos com material, equipamento e mão de obra na unidade de m<sup>2</sup>.





TABELA 1 - Custo para implantação da estrutura tipo Muro de Gabião fornecido pelas empresas GA, GB e GC.

EMPRESA GA	EMPRESA GB	EMPRESA GC
Custo Total R\$ <b>1.982,69/m<sup>2</sup></b>	Custo Total R\$ <b>2.062,67/m<sup>2</sup></b>	Custo Total R\$ <b>2.120,50/m<sup>2</sup></b>

Fonte: (Empresas GA, GB e GC, 2018).

### **Método tipo Terramesh<sup>®</sup>**

#### **Aspectos Ambientais**

- Possui vantagens quanto à permeabilidade, possibilitando eficiência na drenagem do local (ANANIAS et al. 2009);
- Este tipo de método, possibilita a inserção de vegetação na estrutura, o que de fato ajuda a harmonizar e reduzir os efeitos agressivos das intervenções (BRITO, 2003);
- Retardamento de processos erosivos (BRITO, 2003);
- Flexibilidade que garante à estrutura capacidade de absorver assentamentos diferentes do terreno mantendo sua integridade (ANANIAS et al. 2009);
- Segurança estrutural em caso de incêndios (ANANIAS et al. 2009).

#### **Aspectos Econômicos**

- Simplicidade construtiva, conseqüente, menos gastos, pois o parâmetro externo e a armadura de reforço constituem uma única estrutura que é fabricada à medida (BRITO, 2003).

Na Tabela 2 encontra-se demonstrado o custo de implantação do método de contenção tipo Terramesh, onde o valor apresentado por metro quadrado engloba valores de material, equipamento e mão de obra.

TABELA 2 - Custo para implantação da estrutura tipo Terramesh<sup>®</sup> fornecido pelas empresas GA, GB e GC.

EMPRESA TA	EMPRESA TB	EMPRESA TC
Custo Total R\$ <b>2.282,52/m<sup>2</sup></b>	Custo Total R\$ <b>2.367,57/m<sup>2</sup></b>	Custo Total R\$ <b>2.673,50/m<sup>2</sup></b>

Fonte: (Empresas TA, TB e TC, 2018).

### **Método tipo Muro de Arrimo:**

#### **Aspectos Ambientais**

- Para a construção deste tipo de muro é necessário evitar escavação no terreno natural, para não ocorrer instabilidade. Diferente do muro de gabião e Terramesh<sup>®</sup>, o muro de arrimo necessita que seja construído também um sistema de drenagem adequado (DUARTE, 2013);
- Os muros de arrimo não podem ser construídos em locais com solo mole ou ainda a localização próxima a pontos com grande acúmulo ou surgência de água (BONISSONI, 2017).
- Retardamento de processos erosivos (DOMINGUES, 1997).

#### **Aspectos Econômicos**

- Elevado ônus no orçamento total de uma obra, devido aos altos gastos com concreto e aço (GERSCOVICH, 2015);
- No muro de arrimo é utilizado concreto, esse tipo de material tem suas vantagens e desvantagens, pois é um material com boa resistência mecânica de compressão, mas é



péssimo de resistência à tração, ou seja, quando recebe uma sobrecarga além daquela para qual foi projetado, pode sofrer ruptura imediata (FERRETI, 2016).

Na tabela 3 apresentamos o custo de implantação da estrutura de contenção do método muro de Arrimo, onde as empresas MA, MB e MC demonstram seus valores aplicados no mercado por m<sup>2</sup> englobando materiais, equipamentos e mão de obra.

TABELA 3 – Custo de implantação da estrutura tipo Muro de Arrimo fornecido pelas empresas MA, MB e MC.

EMPRESA MA	EMPRESA MB	EMPRESA MC
Custo Total R\$ <b>7.301,46/m<sup>2</sup></b>	Custo Total R\$ <b>7.596,78/m<sup>2</sup></b>	Custo Total R\$ <b>7.375,50/m<sup>2</sup></b>

Fonte: Empresas MA, MB e MC, (2018).

Para observar o melhor método a ser aplicada, a Tabela 4, apresenta um comparativo demonstrando o grau de interferência entre os métodos de contenção estudados, sendo baixo e alto o grau de interferência em relação aos outros métodos, levando em consideração parâmetros ambientais, econômicos e a necessidade da empresa.

TABELA 4 - Comparativa Econômica e Ambiental

COMPARATIVO ECONÔMICO E AMBIENTAL

COMPARATIVO AMBIENTAL	GABIÃO		TERRAMESH®		ARRIMO	
	GRAU DE INTERFERÊNCIA					
	Baixo	Alto	Baixo	Alto	Baixo	Alto
Impacto Ambiental	X		X			X
Interferência no lençol freático	X		X			X
Fauna e flora	X		X			X
Utilização de equipamentos grande porte	X		X			X
Parâmetros Geotécnicos	X		X			X
Preparação da Fundação	X		X			X
Verificação dos esforços atuantes		X		X		X
Área implantação (Praça de trabalho)	X			X	X	
Estrutura Permeável e Drenante		X		X	X	
Flexibilidade Estrutural		X		X	X	
Execução (Tempo de Cura)	X		X			X
Redução na velocidade do curso d'água		X		X	X	
Integração Paisagística		X		X	X	
Durabilidade (No caso da obra)		X		X	X	
Obra Sustentável		X		X	X	
Movimentação de solo	X		X			X
Projeto de Drenagem	X		X			X
COMPARATIVO ECONÔMICO						
Equipamentos	X			X		X
Mão de obra	X			X		X
Material	X		X			X

Fonte: Lázaro César,(2018).



## 5. Considerações Finais

O processo de urbanização é uma das formas mais agressivas de relacionamento entre o homem e meio ambiente. Este processo se dá devido ao crescimento desordenado das metrópoles, acarretando assim cada vez mais o desenvolvimento de métodos para atender o déficit habitacional nas proximidades dos centros urbanos. Dessa forma a engenharia apresenta métodos para contenção de encostas, para que seja mais bem aproveitado as áreas antes inabitáveis, métodos estes que buscam a integração entre o meio e as obras civis.

No presente trabalho apresentamos três métodos que atendem a necessidade da empresa Via Sul na obra em questão. Para a escolha do método de contenção, levamos em consideração não apenas o valor econômico, mas também o método que menos impactaria na região e na Área de Preservação que delimita o terreno.

Através dessa avaliação podemos observar que os métodos apresentam influencia no parâmetro ambiental e econômico entre si. O método do muro de arrimo apresenta menor prazo para implantação, mas também apresenta maior interferência no meio ambiente. O método por Terramesh<sup>®</sup> se torna inviável devido ao valor econômico e também a interferência causada no meio ambiente. Com estas circunstâncias chegamos ao método que menos interfere ao meio ambiente e possui menor valor econômico em relação aos outros métodos, o método de contenção por gabião que nada mais é que uma armação de aço retangular onde se adiciona a rocha (pedra de mão), para que não ocorra a movimentação do maciço.

O método de contenção por gabião em um método ambientalmente correto visto que além de exercer a função de estabilidade do maciço, promove uma maior e mais rápida integração entre o meio ambiente e a intervenção civil que ocorreu no local.

Por se tratar de uma Área de Preservação Permanente, a execução da obra esta condicionada a apresentação da documentação necessária junto aos órgãos ambientais para que a mesma seja implantada.

## Referências

ANANIAS, E.J.; CAMPOS, G.O.; SILVEIRA, J.E.S. **Muro de contenção em terramesh e geogrelhas para a contenção de britagem primária em mineração - Alto Horizonte/GO.** Disponível em: <<http://igsbrasil.org.br/wp-content/uploads/2017/12/CCO-2014-Muro-de-conten%C3%A7%C3%A3o-em-terramesh-e-geogrelhas-para-a-conten%C3%A7%C3%A3o-de-britagem-prim%C3%A1ria-em-minera%C3%A7%C3%A3o.pdf>> Acesso em: 27/03/2018.

BARROS, P. L. A. **Obras de contenção.** Disponível em <[https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/maccaferri/obras\\_de\\_contencao\\_opt.pdf](https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/maccaferri/obras_de_contencao_opt.pdf)> Acesso em: 15/10/2017.

BONISSONI, L. **Dimensionamento e execução de muros de arrimo em alvenaria estrutural.** 2017. Disponível em:<[http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2\\_2016/TCC\\_LUCAS%20BONISSONI.pdf](http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2016/TCC_LUCAS%20BONISSONI.pdf)> Acesso em 02/02/2018.

BRANCO, P. M.; **Os Solos.** Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Os-Solos-2620.html>> Acesso em: 28/10/2017.

CAAPUÃETÊ. **Engenharia Ambiental.** Disponível em: <<http://caapuaete.com.br/>> Acesso em: 27/11/2017.

CEMADEN. **Movimento de Massa.** Disponível em: <<http://www.cemaden.gov.br/deslizamentos/>> Acesso em: 30/10/2017.





CESAR, A. M. R. V. C. **Método do Estudo de Caso (Case Studies) ou Método do Caso (Teaching Cases)? Uma análise dos dois métodos no Ensino e Pesquisa em Administração.** São Paulo, Mackenzie, 2006.

CYPE, Ingenieros. **Gabião.** Disponível em: <[http://www.brasil.geradordeprecos.info/espacos\\_urbanos/Fundacoes/Contencoes/Muros\\_de\\_gabioes/Muro\\_de\\_gabioes.html](http://www.brasil.geradordeprecos.info/espacos_urbanos/Fundacoes/Contencoes/Muros_de_gabioes/Muro_de_gabioes.html)> Acesso em: 29/11/2017.

DOMINGUES, P.C. **Indicações para projeto de muros de arrimo em concreto armado.** 1997. Disponível em: <[http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/1997ME\\_PauloCesarDomingues.pdf](http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/1997ME_PauloCesarDomingues.pdf)> Acesso em: 27/11/2017.

DUARTE, M.P. **Estabilidade de talude e muro de arrimo.** 2013. Disponível em: <[http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUBD-9GFJNM/monografia\\_estabilidade\\_de\\_talude\\_2013.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUBD-9GFJNM/monografia_estabilidade_de_talude_2013.pdf?sequence=1)> Acesso em: 20/01/2018.

EMBRAPA - **Classificação dos Solos.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/sibcs/classificacao-de-solos>>. Acesso em 01/11/2017.

FABBRIS, E.; MANFIO, D.A.L.; VALDAMERI, G.; BRUM, J.P.; **Porosidade do solo.** Disponível em: <<http://www.cafw.ufsm.br/mostraciencias/2011/resumos/209.pdf>> Acesso em: 30/03/2018.

FERRETI, P.C.B. **Muro de arrimo.** Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/muro-de-arrimo-projeto-exige-estudo-do-solo\\_9687\\_10\\_0](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/muro-de-arrimo-projeto-exige-estudo-do-solo_9687_10_0)> Acesso em: 25/03/2018.

GEOFOCO. **Conheça os diferentes tipos de muro de contenção.** Disponível em: <<http://geofoco.com.br/conheca-os-diferentes-tipos-de-muro-de-contencao/>> Acesso em: 14/11/2017.

GERSCOVICH, D.M.S.; **Estruturas de Contenção - Muros de arrimo.** Disponível em: <<http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf>> 2015. Acesso em: 18/10/2017

JUNIOR, G.B.S.; **Estudo numérico do comportamento de muros de arrimo em alvenaria estrutural de blocos vazados.** Disponível em: <[https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/14854/1/GilvanBSJ\\_DISSERT.pdf](https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/14854/1/GilvanBSJ_DISSERT.pdf)> Acesso em: 27/03/2018.

LOBO, A.S., FERREIRA, C.V., RENOFIO, A. **Muros de arrimo em solos colapsíveis provenientes do arenito Bauru: problemas executivos e influência em edificações vizinhas em áreas urbanas.** 2003. Disponível em: <<http://eduem.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/2191/1335>> Acesso em: 18/01/2018.

LORENZO, M. **Propriedades e Atributos Físicos do solo.** Disponível em: <<https://marianaplorenzo.com/2010/10/16/pedologia-%E2%80%93-morfologia-estrutura-do-solo/>> Acesso em: 23/03/2018.

MC ENGENHARIA. **Terramesh System.** Disponível em: <<http://mcengenhariabrasil.com.br/servicos-terramesh.php>> Acesso em: 27/11/2017;

MAGALHÃES, R.A. **Erosão: Definições, tipos e formas de controle.** Disponível em: <<http://www.cbdb.org.br/documentos/L3363.PDF>> Acesso em: 12/01/2018.

MENDONÇA, A.K. **Estudo comparativo de duas estruturas de contenção em uma obra em Goiânia/Go.** Goiânia, 2015. Disponível em: <[https://www.eec.ufg.br/up/140/o/ESTUDO\\_COMPARATIVO\\_DE\\_DUAS ESTRUTURAS DE CONTEN%C3%87%C3%83O\\_EM\\_UMA\\_OBRA\\_EM\\_GOI%C3%82NIA%20GO.pdf](https://www.eec.ufg.br/up/140/o/ESTUDO_COMPARATIVO_DE_DUAS ESTRUTURAS DE CONTEN%C3%87%C3%83O_EM_UMA_OBRA_EM_GOI%C3%82NIA%20GO.pdf)> Acesso em: 10/09/2017.



PINOTTI, A. M.; **Técnicas de Geologia Estrutural para previsão e contenção de queda de blocos em encostas: Aplicação na área do granito Santos.** Santos, SP, 2011. Disponível em: <<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&cad=rja&uact=8&ved=0ahukewivweq7lqhxahvklzakhalgad0qfgg8mag&url=http%3a%2f%2fwww.bibliotecadigital.unicamp.br%2fdocument%2f%3fdown%3d000797588&usg=aovvaw1bssv66saiqwkygf2xs>> Acesso em: 29/10/2017.

PINTO, R.C., PASSOS, E., CANEPARO, S.C. **Classificação dos movimentos de massa ocorridos em Março de 2011 na Serra da Prata, Estado do Paraná.** Disponível em: <[https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjWy6fajeTXAhWCHZAKHcgZCTU4ChAWCCwwAQ&url=http%3A%2F%2Feduem.uem.br%2Ffojs%2Fin dex.php%2FGeoinga%2Farticle%2Fdownload%2F18951%2F10252&usg=AOvVaw21Aj5CZueMBzUMI8uBDK\\_s](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjWy6fajeTXAhWCHZAKHcgZCTU4ChAWCCwwAQ&url=http%3A%2F%2Feduem.uem.br%2Ffojs%2Fin dex.php%2FGeoinga%2Farticle%2Fdownload%2F18951%2F10252&usg=AOvVaw21Aj5CZueMBzUMI8uBDK_s)> Acesso em: 26/11/2017.

RIBEIRO, K.D., MENEZES, S.M.; MESQUITA, M.G.B.F.; SAMPAIO, F.M.T.; **Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras/MG.** Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v31n4/33.pdf>> Acesso em: 29/03/2018.

SCHARAMM. **Enrocamento de Pedras e Drenagens Pluviais.** 2016. Disponível em: <<http://www.terraplanagementschramm.com.br/produto/view/0005-enrocamento-de-pedras-e-drenagens-pluviais#.WiCMJFVKu00>> Acesso em: 29/11/2017.

VERGARA, S.C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração.** 9 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

VIA SUL ENGENHARIA. Disponível em: <<http://viasul.com/>> Acesso em: 10/01/2018.

ZEE - Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais. Disponível em: <<http://geosisemanet.meioambiente.mg.gov.br/zee/>> Acesso em: 15/03/2018.