

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA HÍDRICA**

**ANÁLISE DE ESTABILIDADE E PROPOSTA DE SOLUÇÃO DE UM TALUDE NO
BAIRRO VILA ISABEL/ITAJUBÁ-MG**

Regiane Vieira Pinto

Itajubá, março de 2024

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA HÍDRICA**

Regiane Vieira Pinto

**ANÁLISE DE ESTABILIDADE E PROPOSTA DE SOLUÇÃO DE UM TALUDE NO
BAIRRO VILA ISABEL/ITAJUBÁ-MG**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hídrica como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Hídrica.

Área de Concentração: Gestão de Sistemas Hídricos

Orientadora: Prof.^a Dra. Adinele Gomes Guimarães

Coorientadora: Prof.^a Dra. Ana Paula Moni Silva

Março de 2024

Itajubá

RESUMO

A crescente incidência de deslizamentos de terra tem gerado impactos socioambientais significativos, resultando em danos a edificações e até mesmo em perdas de vidas humanas. Com as mudanças climáticas, as chuvas estão se tornando cada vez mais intensas e frequentes, fatores esses que potencializam a ocorrência de deslizamentos de terra. Por isso, é de extrema importância o planejamento de obras de contenção de encostas, juntamente com um sistema de drenagem eficiente, para a criação de sistemas de gestão de riscos de acidentes. Com o objetivo de prevenir acidentes relacionados a movimentação de massa, o presente trabalho propõe uma solução técnica para a estabilização de um talude degradado, que apresenta risco de desmoronamento e atingimento a população, situado no bairro Vila Isabel da cidade de Itajubá-MG. Para formular a proposta de estabilização do talude, foi necessário realizar uma caracterização topográfica detalhada do local, seguida pela determinação dos parâmetros do solo. Posteriormente, foram conduzidas análises de estabilidade utilizando o software Slope/W. Diversas propostas de retaludamento foram avaliadas, variando as proporções de inclinação de corte, e cada perfil modificado foi submetido a uma análise de estabilidade. O objetivo era encontrar uma solução que atendesse ao fator de segurança admissível recomendado pela NBR 11682 (ABNT, 2009), garantindo a segurança do talude. Após essas análises detalhadas, identificou-se que o perfil ideal para a estabilização apresentava a proporção 1:2, alcançando um fator de segurança de 1,40. Com base nesses resultados, foi desenvolvido um projeto básico de retaludamento, que incluiu o detalhamento da terraplenagem, medidas de proteção superficial, projeto de um sistema de drenagem e orçamento de execução da obra. Ao término deste estudo, o projeto básico desenvolvido serviu como fundamento para a solicitação de recursos financeiros ao governo estadual, por meio do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Esses recursos serão destinados à elaboração de um projeto executivo visando à recuperação da área degradada, com o intuito de prevenir potenciais perdas materiais e humanas nas proximidades do talude.

Palavras-chaves: Recuperação de taludes, fator de segurança, obras de terra, contenção de encosta, retaludamento.

ABSTRACT

The increasing incidence of landslides has generated significant socio-environmental impacts, resulting in damage to buildings and even loss of human lives. With climate change, rainfall is becoming increasingly intense and frequent, factors that exacerbate the occurrence of landslides. Therefore, it is of paramount importance to plan slope stabilization works, along with an efficient drainage system, to create accident risk management systems. With the aim of preventing accidents related to mass movement, this study proposes a technical solution for stabilizing a degraded slope, which poses a risk of collapse and threatens the population, located in the Vila Isabel neighborhood of Itajubá-MG city. To formulate the slope stabilization proposal, it was necessary to conduct a detailed topographic characterization of the site, followed by soil parameter determination. Subsequently, stability analyses were conducted using the Slope/W software. Several slope reinforcement proposals were evaluated, varying the proportions of cut slope inclination, and each modified profile was subjected to stability analysis. The objective was to find a solution that met the permissible safety factor recommended by NBR 11682 (ABNT, 2009), ensuring slope safety. After these detailed analyses, it was identified that the ideal profile for stabilization had a 1:2 ratio, achieving a safety factor of 1.40. Based on these results, a basic slope reinforcement project was developed, which included detailed earthworks, surface protection measures, and the design of an efficient drainage system. At the end of this study, the developed basic project served as a basis for requesting financial resources from the state government, through the Growth Acceleration Program (PAC). These resources will be allocated to develop an executive project aimed at recovering the degraded area, with the aim of preventing potential material and human losses in the vicinity of the slope.

Keywords: Slope recovery, safety factor, earthworks, slope stabilization, slope reinforcement.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Principais elementos de um talude.....	12
Figura 3.2 – Classificação quanto a velocidade do movimento de massa.....	14
Figura 3.3 – Movimento de blocos rochosos.....	15
Figura 3.4 – Escorregamentos circulares e planar.....	15
Figura 3.5 – Movimento de massa tipo rastejo.....	16
Figura 3.6 – Condições de ruptura por escorregamento.....	16
Figura 3.7 – Superfície de ruptura.....	21
Figura 3.8 – Forças atuantes na fatia.....	21
Figura 3.9 – Forças atuantes em uma fatia pelo Método de Fellenius.....	24
Figura 3.10 – Esforços atuantes em fatias pelo método de Morgenstern e Price.....	25
Figura 3.11 – Retaludamento através de corte do talude.....	26
Figura 3.12 – Recomendação da altura do escalonamento de taludes.....	27
Figura 3.13 – Padrões de inclinação para taludes.....	27
Figura 3.14 – Dispositivos de drenagem superficial.....	28
Figura 4.1 – Esquema da metodologia aplicada para elaboração do projeto.....	31
Figura 4.2 – Localização da área de estudo.....	32
Figura 4.3 – Mapeamento digital dos solos de Itajubá.....	33
Figura 4.4 – Mapeamento das áreas de risco.....	35
Figura 4.5 – Apresentação da área de estudo.....	36
Figura 4.6 – Histórico de imagens correspondente a área de estudo.....	37
Figura 4.7 – Definição dos eixos das seções de estudo.....	39
Figura 4.8 – Perfil transversal de eixo principal.....	40
Figura 4.9 – Perfil transversal de eixo secundário 01.....	40
Figura 4.10 – Perfil transversal de eixo secundário 02.....	40
Figura 4.11 – Localização dos pontos de investigações geotécnicas.....	41
Figura 4.12 – Parâmetros da Equação IDF.....	48
Figura 4.13 – Parâmetros para dimensionamento hidráulico.....	50
Figura 4.14 – Seção de condutos circulares.....	53
Figura 5.1 – Análise de estabilidade eixo principal pelo método de Fellenius.....	57
Figura 5.2 – Análise de estabilidade eixo principal pelo método de Morgenstern e Price.....	57
Figura 5.3 – Análise de estabilidade eixo secundário 1 pelo método de Fellenius.....	58

Figura 5.4 – Análise de estabilidade eixo secundário 1 pelo método de Morgenstern e Price.....	58
Figura 5.5 – Análise de estabilidade eixo secundário 2 pelo método de Fellenius.....	59
Figura 5.6 – Análise de estabilidade eixo secundário 2 pelo método de Morgenstern e Price.....	59
Figura 5.7 – Perfil da primeira proposta de retaludamento.....	61
Figura 5.8 – Análise de estabilidade da primeira proposta de retaludamento por Fellenius.....	62
Figura 5.9 – Análise de estabilidade da primeira proposta de retaludamento por Morgenstern e Price.....	62
Figura 5.10 – Perfil da segunda proposta de retaludamento.....	63
Figura 5.11 – Análise de estabilidade da segunda proposta de retaludamento por Fellenius.....	64
Figura 5.12 – Análise de estabilidade da segunda proposta de retaludamento por Morgenstern e Price.....	64
Figura 5.13 – Perfil da terceira proposta de retaludamento.....	65
Figura 5.14 – Análise de estabilidade da terceira proposta de retaludamento por Fellenius.....	66
Figura 5.14 – Análise de estabilidade da terceira proposta de retaludamento por Morgenstern e Price.....	66
Figura 5.16 – Nova topografia do talude.....	68
Figura 5.17 – Corte transversal 01.....	69
Figura 5.18 – Corte transversal 02.....	69
Figura 5.19 – Corte transversal 03.....	70
Figura 5.20 – Determinação do regime de escoamento.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Classificação dos movimentos de massa segundo Varnes.....	13
Tabela 3.2 – Classificação dos principais grupos de movimento de massa.....	14
Tabela 3.3 – Classificação dos fatores deflagradores dos movimentos de massa.....	17
Tabela 3.4 – Nível de segurança desejado contra perdas humanas.....	19
Tabela 3.5 – Nível de segurança desejado contra danos materiais e ambientais.....	20
Tabela 3.6 – Fatores de segurança mínimos para escorregamento.....	20
Tabela 3.7 – Condições de ruptura por escorregamento.....	22
Tabela 3.8 – Resumo dos métodos de análise de estabilidade de taludes.....	23
Tabela 4.1 – Definição das camadas de solo.....	42
Tabela 4.2 – Parâmetros iniciais dos solos.....	43
Tabela 4.3 – Parâmetros retroanalizados.....	43
Tabela 4.4 – Fatores de segurança mínimos para escorregamento.....	45
Tabela 4.5 – Valores recomendados para tempo de retorno.....	47
Tabela 4.6 – Coeficientes de Runoff.....	49
Tabela 4.7 – Coeficientes de rugosidade.....	51
Tabela 4.8 – Seção de condutos circulares.....	54
Tabela 5.1 – Análise de estabilidade global do cenário atual.....	60
Tabela 5.2 – Volumes de movimentação de terra.....	67
Tabela 5.3 – Quantitativo de dispositivos de drenagem.....	71
Tabela 5.4 – Dimensionamento da escada hidráulica.....	72
Tabela 5.5 – Dimensionamento da galeria tubular.....	73
Tabela 5.6 – Cronograma físico-financeiro.....	74
Tabela 5.7 – Questionário sobre o produto tecnológico.....	74

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	09
2. OBJETIVOS	11
2.1. Objetivo geral.....	11
2.2. Objetivos específicos.....	11
3. REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1. Talude e o movimento de massa.....	12
3.1.1. Classificação dos movimentos de massa.....	13
3.1.2. Fatores condicionantes ao movimento de massa.....	16
3.2. Análise de estabilidade de taludes.....	18
3.2.1. Investigação geotécnica.....	18
3.2.2. Fator de segurança.....	19
3.2.3. Métodos de análises de estabilidade de taludes.....	20
3.2.3.1. Método de Fellenius.....	23
3.2.3.2. Método de Morgenstern e Price.....	24
3.2.4. Análise de estabilidade pelo programa Slope/w.....	25
3.3. Retaludamento.....	26
3.4. Sistema de drenagem superficial.....	28
3.5. Critérios da escolha da solução técnica.....	29
4. METODOLOGIA	31
4.1. Apresentação da área de estudo.....	32
4.1.1. Localização e caracterização da área de estudo.....	32
4.1.2. Apresentação da área de estudo.....	35
4.2. Análise dos estudos antecedentes das características físicas do talude.....	37
4.2.1. Topografia.....	38
4.2.2. Estratigrafia.....	41
4.2.3. Parametrização do solo.....	42
4.3. Análise de estabilidade do talude.....	43
4.3.1. Diagnostico da estabilidade do talude nas condições atuais.....	44
4.3.2. Preposição da solução técnica.....	44

4.4. Dimensionamento do sistema de drenagem	46
4.4.1. Tempo de concentração.....	46
4.4.2. Tempo de retorno.....	47
4.4.3. Intensidade de chuva.....	47
4.4.4. Coeficiente de Escoamento Superficial (coeficiente de Runoff).....	48
4.4.5. Determinação da chuva de projeto.....	49
4.4.6. Dimensionamento dos dispositivos de drenagem superficial.....	49
4.4.6.1 Canaletas.....	50
4.4.6.2. Escadas hidráulicas.....	52
4.4.6.3. Caixas Coletoras.....	52
4.4.6.4. Galerias tubular.....	52
4.5. Orçamento e cronograma de obras.....	54
5. RESULTADOS	56
5.1. Diagnóstico da estabilidade do talude na condição atual.....	56
5.2. Proposta de estabilização do talude.....	60
5.2.1. Primeira proposta de retaludamento.....	60
5.2.2. Segunda proposta de retaludamento.....	63
5.2.3. Terceira proposta de retaludamento.....	65
5.3. Concepção do projeto básico.....	57
5.3.1. Terraplenagem.....	67
5.3.2. Proteção superficial.....	70
5.3.3. Sistema de drenagem pluvial.....	70
5.3.4. Orçamento e cronograma.....	73
5.5. Produto tecnológico.....	74
6. CONCLUSÃO	75
REFERÊNCIAS.....	76
ANEXO A.....	79
ANEXO B.....	88
APÊNDICE A.....	89
APÊNDICE B.....	94
APÊNDICE C.....	98
APÊNDICE D.....	101

1. INTRODUÇÃO

As ocorrências de deslizamento de terra estão cada vez mais frequentes em áreas que apresentam um conjunto de fatores favoráveis ao desmoronamento de encosta, como a declividade do terreno, a degradação do solo em decorrência do seu uso e ocupação, alinhados com eventos extremos de chuva. As mudanças climáticas globais vêm causando impactos no ciclo hidrológico, trazendo como consequência o aumento da frequência e da intensidade das precipitações, fatores estes que potencializam o desencadear de desastres naturais catastróficos (GARIANO; GUZZETTI, 2016).

No Brasil, os deslizamentos de terra representam uma das principais causas de perdas humanas, em razão da ocupação desordenada das áreas de encostas suscetíveis a desmoronamento, devido ao rápido crescimento urbano em conjunto com a falta de planejamento adequado (IBGE, 2019). Anualmente, os casos de deslizamentos têm provocado diversos impactos socioambientais e prejuízos econômicos, tais como destruição de edificações e desastres ambientais, caracterizando-se como questão de ordem pública.

Por isso é de extrema importância o planejamento de soluções viáveis para estabilização de taludes, que busquem a recuperação das áreas degradadas, bem como a criação de sistemas de gestão de riscos de acidentes. As técnicas de estabilização de taludes podem ser aplicadas na conservação de obras já existentes ou na concepção de obras futuras, como também, na prevenção de acidentes que englobam movimentos de massa (CARVALHO, 1991).

As obras civis são complexas e estão sujeitas a uma série de variáveis, cada uma apresentando cenários únicos e em constante mudança (MATTOS, 2019). Por isso, o planejamento de soluções para a estabilização de taludes requer uma análise cuidadosa das condições impostas pelo ambiente físico, assim como uma avaliação das características geológico-técnicas. Isso permite compreender as variações espaço-temporais que ocorrem em diferentes condições de carga (GUIDICINI; NIEBLE, 1984), fundamentais para a tomada de decisões acertadas quanto aos métodos de estabilização de taludes.

Diante desse contexto, o objetivo desta pesquisa é analisar as condições de estabilidade e propor uma solução de estabilização para um talude localizado no bairro Vila Isabel, na cidade de Itajubá-MG, que sofreu movimentação de massa e apresenta risco iminente de deslizamento, representando uma ameaça à população local.

Ao final desta pesquisa foi disponibilizado à defesa civil municipal um projeto básico de retaludamento, utilizado na solicitação de recursos financeiro junto ao governo estadual, através do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Esses recursos serão destinados à

elaboração de um projeto executivo para a recuperação da área degradada, visando assim prevenir perdas materiais e humanas nas proximidades do talude. A pesquisa tem como propósito subsidiar o poder público municipal com um projeto básico para pleitear recursos junto ao governo federal. Portanto, o projeto de recuperação desenvolvido tem caráter apenas informativo e não pode ser utilizado como projeto executivo em nenhuma circunstância.

Esta pesquisa está alinhada ao Objetivo 11 da Agenda 2030, que visa tornar as cidades e os assentamentos humanos mais seguros, resilientes e sustentáveis até 2030. Este objetivo inclui a redução significativa do número de mortes e pessoas afetadas por catástrofes, além da diminuição das perdas econômicas diretas causadas por elas ao Produto Interno Bruto global, com foco na proteção dos pobres e das pessoas em situação de vulnerabilidade. Ao desenvolver técnicas de projeto para prevenir deslizamentos de terra e desabamentos de encostas, essa pesquisa contribui diretamente para alcançar essas metas, mitigando riscos e protegendo comunidades vulneráveis, enquanto reduz as perdas econômicas associadas a esses desastres.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é analisar as condições de estabilidade e propor uma solução de estabilização para um talude localizado no bairro Vila Isabel, na cidade de Itajubá-MG

2.2. Objetivos específicos

Como objetivos específicos tem-se:

- Levantar dados hidrológicos, topográficos e geotécnicos da área de estudo;
- Realizar a análise de estabilidade do talude;
- Identificar a solução para estabilização talude mais adequada às condições específicas do talude em estudo, considerando sua viabilidade técnica e econômica.
- Desenvolver um projeto básico da solução de estabilização escolhida, incluindo todos os aspectos necessários para sua implementação, como dimensionamento do sistema de drenagem, materiais a serem utilizados, orçamento e cronograma de execução.
- Desenvolver um relatório técnico conclusivo descrevendo as condições atuais de estabilidade do talude e uma proposta de solução, para auxiliar a defesa civil do município de Itajubá-MG na solicitação de recursos financeiros ao governo federal, para elaboração de um projeto técnico executivo.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão apresentadas as teorias de diversos autores sobre as abordagens que envolvem os objetivos do estudo, de modo a obter uma melhor compreensão dos resultados experimentais.

3.1. Talude e o movimento de massa

Queiroz (2016) define talude como qualquer superfície inclinada de um terreno natural, escavado ou de aterro, cuja inclinação é expressa por ângulo da superfície inclinada com a horizontal. A Figura 3.1 apresenta os principais elementos de um talude, encontrados na literatura e utilizadas no meio técnico.

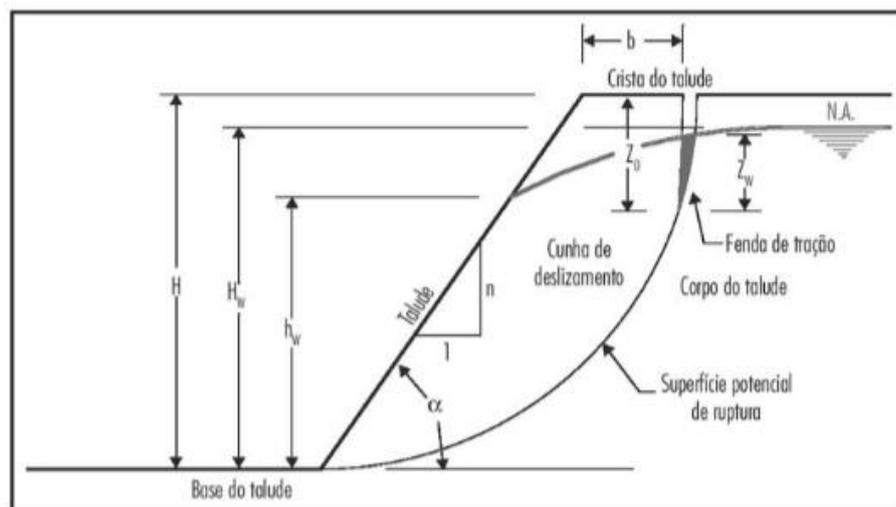


Figura 3.1 Principais elementos de um talude

Fonte: Queiroz (2016)

Sendo:

H - a altura do talude;

H_w - a altura da água estabilizada no interior do talude;

h_w - a altura da água da superfície do talude;

Z_o - a profundidade da fenda de tração;

Z_w - a altura da água na fenda de tração;

b - a distância da fenda de tração até a crista do talude;

α - o ângulo do talude.

3.1.1. Classificação dos movimentos de massa

Kazeev; Postoev (2017) definem movimento de massa como um processo de mudança no estado de tensão-deformação de um maciço, sob a ação de fatores naturais ou antrópicos, que causa uma separação de massa, mantendo um contato contínuo entre a massa deslizante e o solo subjacente imobilizado. Os autores ainda afirmam que os mecanismos de falha do talude possuem características particulares, com configurações geológicas específicas e variedade de fatores condicionantes, podendo esses processos, serem classificados pelo tipo de materiais envolvidos e pela forma de movimento.

Portanto, existem várias propostas de sistema de classificação dos movimentos de massa, nacionais e internacionais, que combinam diferentes características relacionadas ao movimento como a velocidade de deformação, natureza do material, geometria do talude e as condições ambientais (FERNANDES, 2016). O sistema de classificação proposto por Varnes (1978), descritos na Tabela 3.1, tornou-se referência internacional sendo considerada a classificação oficial da Associação Internacional de Geologia e Engenharia.

Tabela 3.1 - Classificação dos movimentos de massa segundo Varnes

Tipo de movimento			Tipo de material		
			Rocha	Solo (engenharia)	
				Grosso	Fino
Quedas			De rocha	De detritos	De terra
Tombamentos			De rocha	De detritos	De terra
Escorregamentos	Rotacional	Poucas unidades	Abatimento de rocha	Abatimento de detritos	Abatimento de terra
	Translacional	Muitas unidades	De blocos rochosos	De blocos de detritos	De blocos de terra
			De rocha	De detritos	De Terra
Expansões laterais			De rocha	De detritos	De terra
Corridas/escoamentos			De rocha	De detritos	De terra
			(Rastejo profundo)	(Rastejo de solo)	

Fonte: Adaptado de Varnes (1978)

As classificações fundamentam-se nas condições geológicas e climáticas locais, possuindo assim, aplicabilidade regional (GERSCOVICH, 2016). Augusto Filho (1992), adaptou a classificação de Varnes (1978) de acordo com os processos de movimento atribuídos a dinâmica ambiental brasileira, propondo uma classificação simplificada, indicada na Tabela 3.2. Os mecanismos de falha de talude, também são classificados de acordo com a velocidade do movimento de massa, conforme ilustrado na Figura 3.2.

Tabela 3.2 – Classificação dos principais grupos de movimento de massa

Processos	Características do movimento, material e geometria
Rastejo ou fluência	Vários planos de deslocamento (internos) Velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescentes com a profundidade
Escorregamentos	Poucos planos de deslocamento (externos) Velocidades médias (km/h) a altas (m/s) Pequenos e grandes volumes de material Geometria e materiais variáveis Planares=> Solos poucos espessos, solo e rochas com um plano de fraqueza Circulares=> Solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas Em cunha=> Solos e rochas com dois planos de fraqueza
Queda	Sem plano de deslocamento Movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado Velocidades muito altas (vários m/s) Material rochoso Pequenos a médios volumes Geometria variável: lascas, placas, blocos etc. Rolamento de matação Tombamento
Corrida	Muitas superfícies de deslocamentos (internas e externas à massa em movimento) Movimento semelhante ao de um líquido viscoso Desenvolvimento ao longo das drenagens Velocidade médias a altas Mobilização de solo, rocha, detritos e água Grandes volumes de material Extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas

Fonte: Augusto Filho (1992)

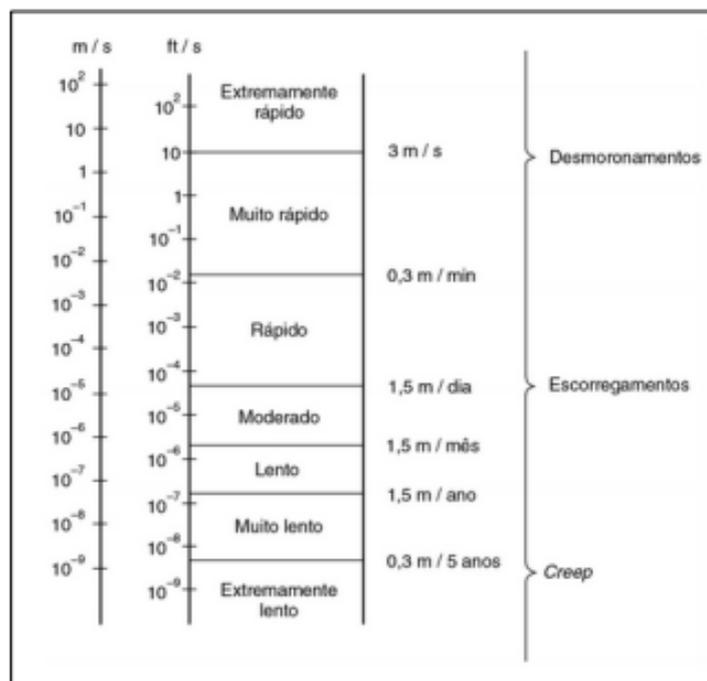


Figura 3.2 - Classificação quanto a velocidade do movimento de massa

Fonte: Caputo. H; Caputo. A (2015)

Caputo. H; Caputo. A (2015), descrevem as características dos principais tipos de movimento de massa, sendo eles: desprendimento de blocos rochosos, escorregamentos rotacionais e translacionais e rastejos.

- a. **Desprendimento de blocos rochosos:** Fenômeno localizado caracterizado pelo desprendimento de parte do maciço terroso que cai livremente em altas velocidades e se acumula onde estaciona, conforme Figura 3.3.

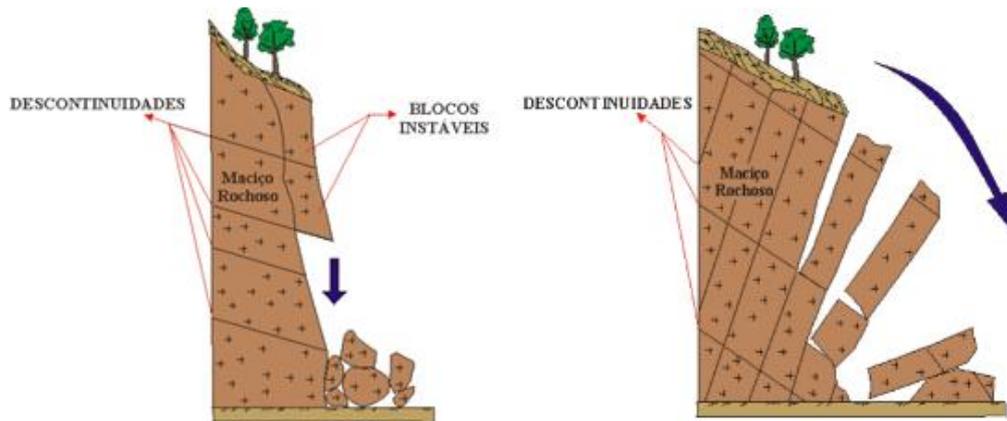


Figura 3.3 – Movimento de blocos rochosos

Fonte: Bittencourt (2022)

- b. **Escorregamentos:** Deslocamento de massa em alta velocidade em superfície de deslizamento após ruptura. Divide-se em escorregamento rotacional para solos coesivos e escorregamentos translacionais para maciços rochosos estratificados. A Figura 3.4 apresenta as principais características de um escorregamento.

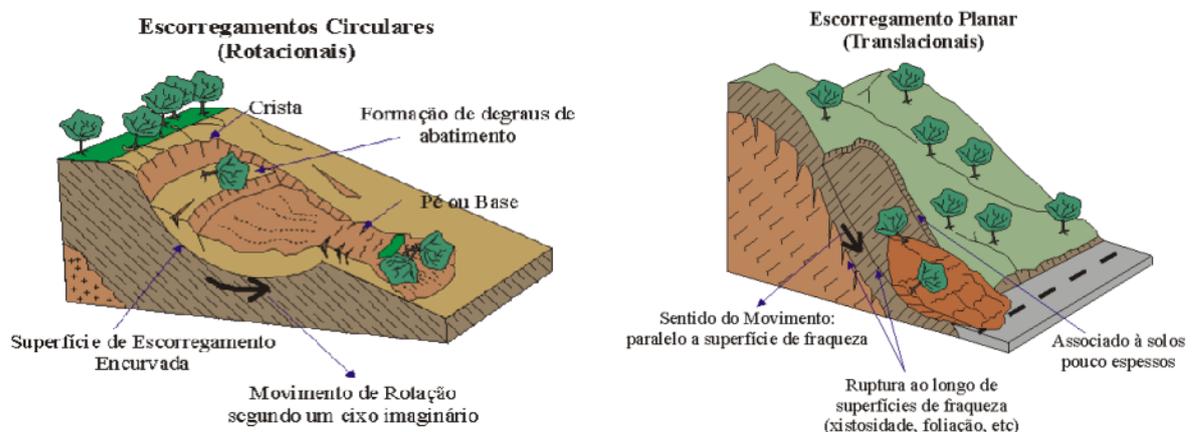


Figura 3.4 – Escorregamentos circulares e planar

Fonte: Bittencourt (2022)

- c. **Rastejos:** Deslocamento contínuo de camadas superficiais que ocorrem lentamente podendo ou não haver limite entre a quantidade de material que se movimenta e que permanece parada. É identificável a partir de curvaturas de árvores ou inclinação de postes, conforme Figura 3.5.

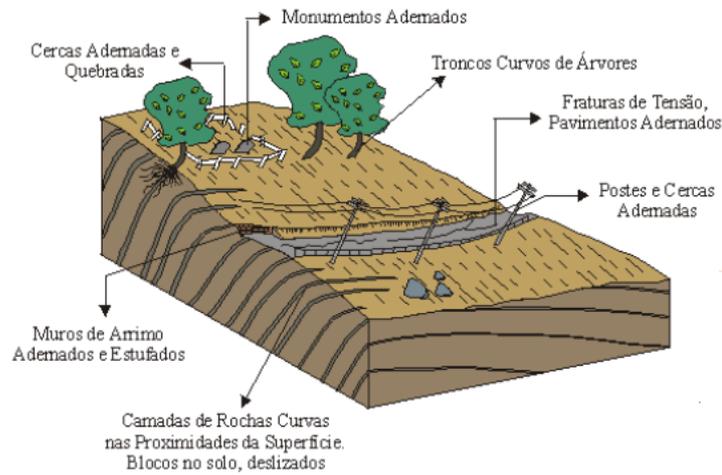


Figura 3.5 – Movimento de massa tipo rastejo

Fonte: Bittencourt (2022)

3.1.2. Fatores condicionantes ao movimento de massa

De acordo com Gerscovich (2016), a instabilidade do talude é atingida quando as tensões cisalhantes atuantes (τ_{mob}) se igualam às tensões de resistência ao cisalhamento do solo (τ_f). A relação entre esses dois fatores define um fator de segurança (FS) para uma superfície de ruptura, conforme Figura 3.6.

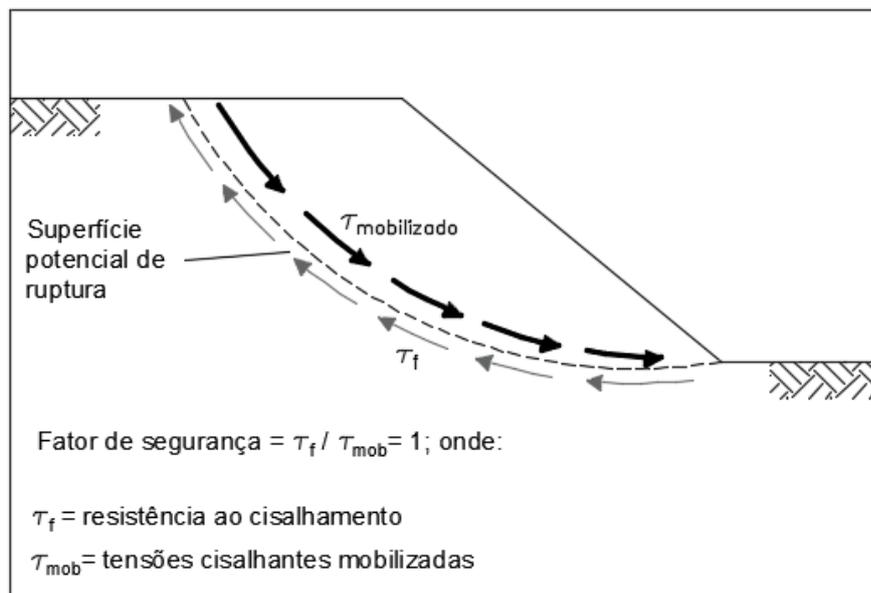


Figura 3.6 - Condições de ruptura por escorregamento

Fonte: Adaptado de Gerscovich (2016)

Quanto aos valores de fator de segurança, admite-se que:

- $F_s > 1 \Rightarrow$ O talude é considerado estável;
- $F_s = 1 \Rightarrow$ O talude está em estado crítico de ruptura;
- $F_s < 1 \Rightarrow$ Não tem significativo físico.

As encostas naturais íngremes, constituídas de solo residual, onde se podem considerar os escorregamentos como típicos de talude infinito, a decomposição dos materiais avança em profundidade na face rochosa original e sofre escorregamentos rasos sucessivos, em cada época o talude existente apresenta fator de segurança muito próximo de 1,00 perante as condições críticas a que fica sujeito (MELLO, 1972). Sendo assim, uma chuva atípica ou uma pequena intervenção antrópica, podem desencadear um movimento de massa (MASSAD, 2010). A condição de fator de segurança menor que 1 é induzida por fatores deflagradores de ruptura, apresentados na Tabela 3.3, que podem causar um aumento das tensões cisalhantes mobilizadas ou a redução da resistência ao cisalhamento do solo (GERSCOVICH, 2016).

Tabela 3.3 - Classificação dos fatores deflagradores dos movimentos de massa

Ação	Fatores	Fenômenos Geológicos/ Antrópicos
Aumento da sollicitação	Remoção de massa (lateral ou da base)	Erosão Escorregamentos Cortes
	Sobrecarga (natural e antrópica)	Peso da água de chuvas, neve, granizo, etc. Acúmulo natural de material (depósitos) Peso da vegetação Construção de estruturas aterros, etc.
	Solicitações dinâmicas	Terremotos, ondas, vulcões, etc. Explosões, tráfego, sismos induzidos
	Pressões laterais	Água em trincas Congelamento Material expansivo
Redução da resistência ao cisalhamento	Características inerentes ao material (geometria, estruturas, etc.)	Características geomecânicas do material
	Mudanças ou fatores variáveis	Ação do intemperismo provocando alterações físico-químicas nos minerais originais, causando quebra das ligações e gerando novos minerais com menor resistência. Processos de deformação em decorrência de variações cíclicas de umedecimento e secagem, reduzindo a resistência. Variação das poropressões. Elevação do lençol freático por mudanças no padrão natural de fluxo (construção de reservatórios, processos de urbanização, etc.). Infiltração de água em meios não saturados, causando redução das pressões de água negativas (sucção). Geração de excesso de poropressão, como resultado de implantação de obras. Fluxo preferencial através de trincas ou juntas, acelerando os processos de infiltração.

Fonte: Adaptado de Varnes (1978)

3.2. Análise de estabilidade de taludes

No Brasil, o estudo de estabilidade de taludes é regulamentado pela norma técnica NBR 11682 (ABNT, 2009). Essa norma estabelece os requisitos que devem ser seguidos para a realização de estudos e controle da estabilidade de encostas, fornecendo orientações específicas para a elaboração de projetos, execução e manutenção de obras ou serviços relacionados.

De acordo com essa norma, um estudo de análise de estabilidade requer a realização de procedimentos preliminares. Isso inclui a investigação detalhada do terreno, que envolve o levantamento das características topográficas, geológicas e geotécnicas do talude. É essencial ressaltar a importância da estratigrafia do perfil, bem como a determinação das propriedades físicas e mecânicas do solo.

Após a conclusão desses estudos detalhados, torna-se possível realizar a análise da estabilidade do talude por meio de diferentes métodos. Esses métodos são selecionados com base nas características específicas do talude em questão e podem incluir análises determinísticas ou probabilísticas, levando em consideração fatores como a geometria do talude, as características do solo e as condições de carga aplicadas.

Seguindo as diretrizes da norma NBR 11682, o estudo de estabilidade de taludes visa garantir a segurança e a eficiência das obras e serviços relacionados a encostas, fornecendo uma base sólida para a tomada de decisões e a adoção de medidas adequadas de mitigação de riscos.

3.2.1. Investigação geotécnica

De acordo com Queiroz (2016), as investigações geotécnicas têm como objetivo caracterizar o subsolo por meio de ensaios de campo, que visam identificar os materiais presentes, determinar a profundidade das camadas e determinar a posição do nível de água. O método mais comumente utilizado tanto no Brasil quanto no mundo para investigação do subsolo é o Standard Penetration Test (SPT), que permite reconhecer os tipos de solo e medir sua resistência por meio da penetração de um barrete amostrador, obtendo-se amostras de solo.

Embora o ensaio como o SPT seja amplamente utilizado e forneça parâmetros importantes para o projeto, ele geralmente não é suficiente para dimensionar estruturas de contenção ou realizar análises de estabilidade de taludes. Para esses casos, é necessário realizar ensaios laboratoriais adicionais que determinem propriedades como umidade natural, granulometria, limite de liquidez, plasticidade e parâmetros de resistência ao cisalhamento do solo (SODRÉ, 2018).

É importante ressaltar que muitos especialistas ainda utilizam métodos inadequados para a parametrização do solo, como a percepção visual ou a adoção de parâmetros baseados em tabelas encontradas na literatura. No entanto, as condições geológicas, hidrogeológicas e geotécnicas podem variar significativamente de um local para outro, o que torna cada projeto único e desafiador (FLOR; CACHADINHA, 2012).

Conforme Gusmão Filho (2006), os solos possuem propriedades mecânicas de tensão-deformação e resistência que dependem da pressão transmitida entre as partículas, e essas propriedades podem sofrer alterações ao longo do tempo devido a fatores como as condições ambientais, temperatura, pressão, reações químicas e umidade.

Um dos principais desafios enfrentados pela indústria da construção civil é a falta de dados técnicos precisos. Mesmo com informações provenientes de ensaios laboratoriais e métodos avançados, ainda existem parâmetros que não podem ser conhecidos com exatidão. Portanto, as incertezas na Geotecnia nunca podem ser completamente eliminadas, e cabe ao engenheiro lidar com essas incertezas (GUSMÃO FILHO, 2006).

3.2.2. Fator de segurança

A NBR 11682 (ABNT, 2009), estabelece valores para fatores de segurança admissíveis, ou seja, o valor mínimo do FS a ser atingido em um projeto, definidos com base nos níveis de segurança para danos materiais e ambientais, associados aos riscos de perdas humanas, que a movimentação de massa do talude pode proporcionar. O fator de segurança admissível deve ser determinado a partir das Tabelas 3.4, 3.5 e 3.6.

Tabela 3.4 - Nível de segurança desejado contra perdas humanas

Nível de segurança	Crítérios
Alto	Áreas com intensa movimentação e permanência de pessoas, como edificações públicas, residenciais ou industriais, estádios, praças e demais locais urbanos, ou não, com possibilidade de elevada concentração de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego intenso
Médio	Áreas e edificações com movimentação e permanência restrita de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego moderado
Baixo	Áreas e edificações com movimentação e permanência eventual de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego reduzido

Fonte: Adaptado de ABNT (2009)

Tabela 3.5 - Nível de segurança desejado contra danos materiais e ambientais

Nível de segurança	Critérios
Alto	Danos Materiais: locais próximos a propriedades de alto valor histórico, social ou patrimonial, obras de grande porte e áreas que afetem serviços essenciais. Danos Ambientais: locais sujeitos a acidentes ambientais graves, tais como nas proximidades de oleodutos, barragens de rejeitos e fábricas de produtos tóxicos
Médio	Danos Materiais: locais próximos a propriedades de valor moderado Danos Ambientais: locais sujeitos a acidentes ambientais moderados
Baixo	Danos Materiais: locais próximos a propriedades de valor reduzido Danos Ambientais: locais sujeitos a acidentes ambientais reduzidos

Fonte: Adaptado de ABNT (2009)

Tabela 3.6 - Fatores de segurança mínimos para escorregamento

Nível de segurança contra danos materiais e ambientais	Nível de segurança contra danos a vidas humanas		
	Alto	Médio	Baixo
Alto	1,5	1,5	1,4
Médio	1,5	1,4	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

Fonte: Adaptado de ABNT (2009)

3.2.3. Métodos de análises de estabilidade de taludes

Os métodos de equilíbrio-limite são amplamente empregados nas análises de estabilidade de taludes, envolvendo a determinação do equilíbrio de uma massa ativa do solo, delimitada por uma superfície de ruptura. Nesses métodos, pressupõe-se que o solo se comporte como um material elastoplástico e que sua ruptura ocorra de maneira súbita, sem deformação, ao longo de uma superfície específica, onde todos os elementos alcançam simultaneamente a mesma condição de $F_s=1$ (MASSAD, 2010). Uma superfície potencial de ruptura, seja ela circular, poligonal ou de outra geometria, é arbitrariamente estabelecida. O solo acima dessa superfície é considerado um corpo livre e é subdividido em fatias, como ilustrado na Figura 3.7 (GERSCOVICH, 2010).

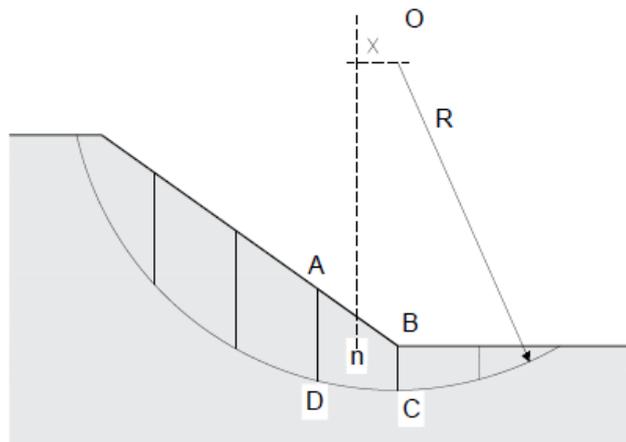


Figura 3.7 – Superfície de ruptura
 Fonte: Adaptado de Gerscovich (2016)

O cálculo do equilíbrio é determinado pelas equações de estática das forças e dos momentos, conforme ilustrado na Figura 3.8. O equilíbrio das forças é alcançado através da análise individual do equilíbrio de cada seção. Já o equilíbrio dos momentos é estabelecido pela comparação entre a soma dos momentos estabilizadores e desestabilizadores, sendo a tensão cisalhante mobilizada a incógnita do problema (GERSCOVICH, 2010).

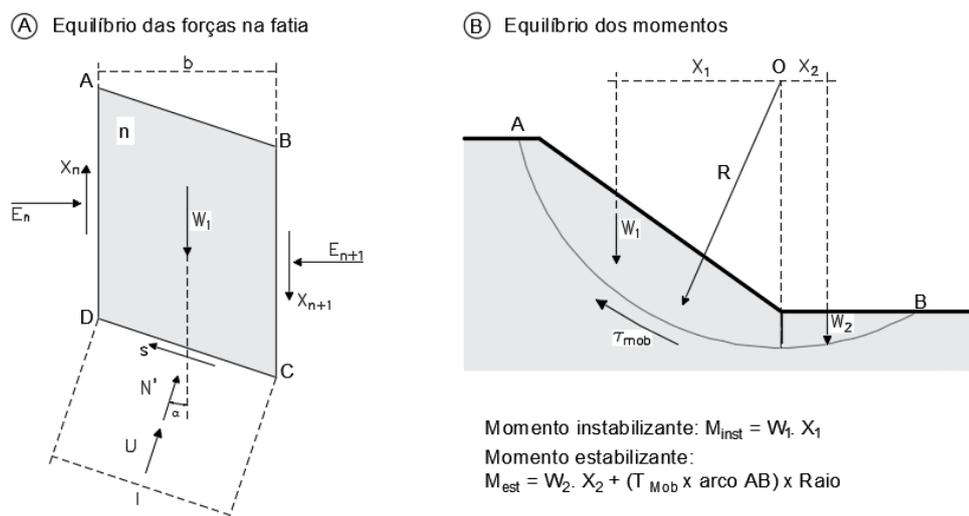


Figura 3.8 – Forças atuantes na fatia
 Fonte: Adaptado de Gerscovich (2016)

A sua determinação a partir da equação de momentos é, no entanto, a mais utilizada pelos diferentes métodos de equilíbrio limite. Analisando o número de incógnitas e o número de equações disponíveis verifica-se que o problema é estaticamente indeterminado. Sendo n o número de fatias, temos $(6n-2)$ incógnitas para $(4n)$ equações. A Tabela 3.7 faz a listagem de cada uma das equações e incógnitas. Número de incógnitas $(6N-2)$ é superior ao número de equações $(4n)$ (GERSCOVICH, 2010).

Tabela 3.7 - Condições de ruptura por escorregamento

Equações	
2n	Equilíbrio de forças
n	Equilíbrio de Momentos
n	Envoltória de resistência ($T=f(N)$)
4n	TOTAL DE EQUAÇÕES
Incógnitas	
1	Fator de segurança
n	Força tangencial na base da fatia (s)
n	Força normal na base da fatia (N')
n	Localização de N' na base da fatia
n-1	
(*)	Força tangencial entre fatias (T)
n-1	
(*)	Força normal entre fatias (E)
n-1	Ponto de aplicação da força entre fatias (E e T)
(*)	
6n-2	TOTAL DE INCÓGNITAS
(*)	Não existe força na extremidade

Fonte: Adaptado de Gerscovich (2016)

Encontra-se na literatura vários métodos de análise da estabilidade de taludes, com diferentes hipóteses simplificadoras para reduzir o número de incógnitas e tornar o problema estaticamente determinado, nos quais os cálculos para determinação do fator de segurança podem ser realizados através de programas computacionais (QUEIROZ, 2016). Dentre esses métodos, pode-se citar os mais utilizados e suas características distintivas a partir da Tabela 3.8.

Tabela 3.8 - Resumo dos métodos de análise de estabilidade de taludes

Superfície de ruptura	Método	Premissas	Referência
Planar e transcorrente	Talude infinito	Inclinação constante e comprimento ilimitado	Taylor (1948)
	Culmann	Superfície de ruptura planar interceptando o topo e a base	Culmann (1866)
Planar	Cunha ou cunhas	Bloco deslizando ou bloco com forças laterais	Hoek e Bray (1977) Morgenstern (1968)
Circular	Fellenius	Forças laterais dos dois lados são iguais	Fellenius (1936)
	Círculo de atrito	Resultante atuando em arco de ruptura tangencial a um círculo concêntrico de raio $R \sin\Phi$	Taylor (1948)
	Bishop	Considera todas as forças atuando nas laterais das fatias	Bishop (1955)
	Bishop modificado	Sistema de forças simplificado	Bishop (1955)
	Spencer	Forças interfatias paralelas	Spencer (1967 e 1981)
Irregular	Morgenstern & Price	Baseado no sistema de forças de Bishop completo	Morgenstern & Price (1965)
	Jambu	Considera a força interfatias	Jambu (1954 e 1971)

Fonte: Adaptado de Hunt (1984)

Embora existam vários métodos disponíveis, neste estudo foi dada ênfase apenas àqueles que possuem relevância para a análise do caso em questão. Estes métodos foram detalhadamente explicados, incluindo suas premissas e equações associadas. Os métodos abordados são os seguintes:

3.2.3.1. Método de Fellenius

Conhecido também como método das fatias, se caracteriza por adotar uma superfície de ruptura circular e dividir o maciço de solo em várias lamelas verticais de igual comprimento horizontal (b), como ilustrado na Figura 3.9. A precisão dos resultados aumenta conforme a quantidade de fatias utilizadas. Este método é bastante simples, decompondo o peso em forças tangenciais e normais em relação à base de cada fatia. Pressupõe-se também que não há interação entre as lamelas, o que implica que as resultantes das forças laterais em cada lado das fatias sejam colineares e de magnitude igual, permitindo desconsiderar os efeitos dessas forças. Entretanto, de acordo com Guidicini e Nieble (1984), essa suposição é precisa apenas em superfícies mais planas e em materiais com ângulo de atrito constante.

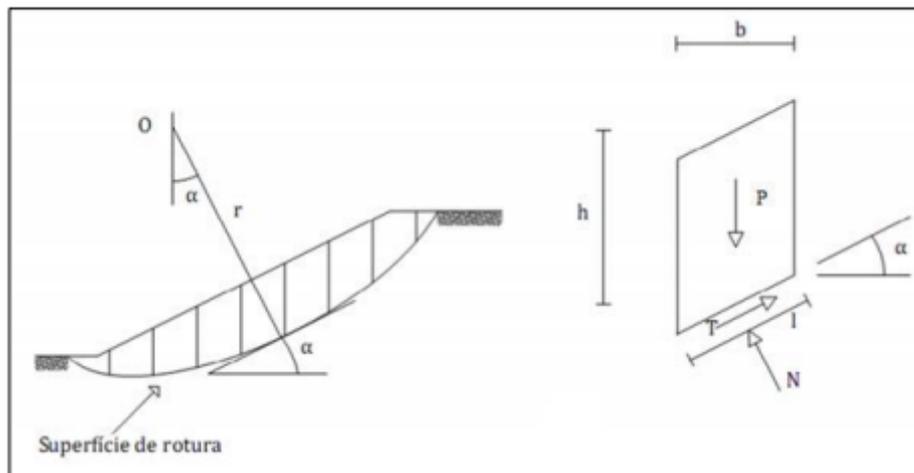


Figura 3.9 - Forças atuantes em uma fatia pelo Método de Fellenius

Fonte: Freitas (2011).

Nesse método, o cálculo do fator de segurança é baseado no equilíbrio de momentos em torno do centro do círculo de ruptura, onde as forças são equilibradas na direção perpendicular à superfície. O fator de segurança é determinado pela seguinte Equação 3.1 (TONUS, 2009):

$$FS = \frac{\sum [c' \cdot l + (P \cdot \cos \theta - u \cdot l \cdot \cos^2 \theta) \tan \phi']}{\sum P \cdot \sin \theta} \quad (3.1)$$

Sendo:

c' e ϕ' = Coesão e ângulo de atrito para o centro da base da fatia;

P = Peso da fatia;

θ = Inclinação da base da fatia;

u = Poro-pressão no centro da base da fatia;

l = Comprimento da base da fatia.

3.2.3.2. Método de Morgenstern e Price

O método de Morgenstern e Price se destaca pela sua abordagem mais rigorosa na análise de estabilidade de taludes. Ao contrário de outros métodos mencionados, ele é aplicável a qualquer superfície de ruptura e atende a todas as condições de equilíbrio de forças e momento. Neste método, o maciço instável é dividido em fatias infinitesimais, resultando em uma análise mais detalhada que requer o uso de ferramentas computacionais para o

processamento dos cálculos. A Figura 9 ilustra todas as forças consideradas por este método, incluindo a pressão intersticial.

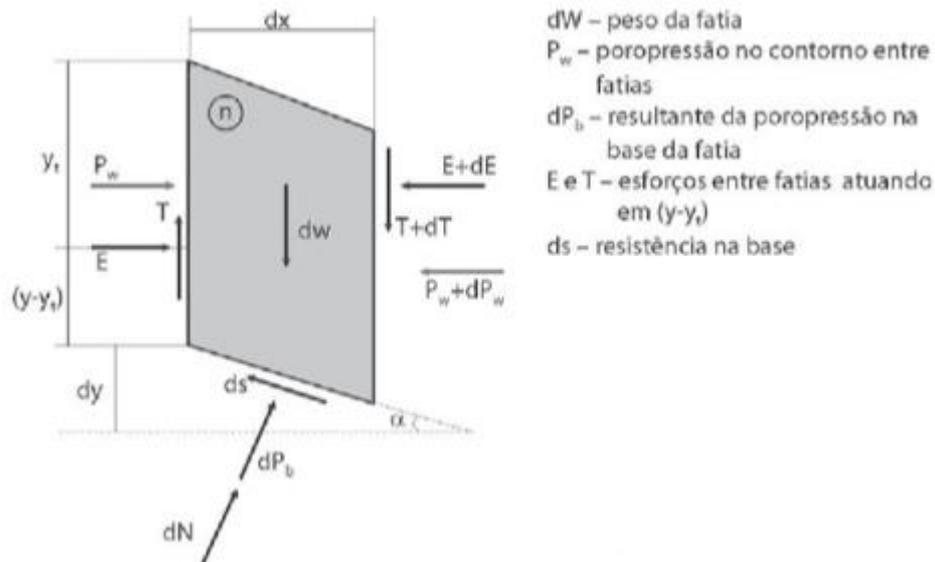


Figura 3.10 - Esforços atuantes em fatias pelo método de Morgenstern e Price

Fonte: Gerscovish (2016)

3.2.4. Análise de estabilidade pelo programa Slope/w

A modelagem de taludes utilizando o software Slope/W é uma abordagem comumente empregada na engenharia geotécnica para analisar a estabilidade de encostas e taludes. O Slope/W é um software especializado que utiliza métodos numéricos avançados, como o método dos elementos finitos, para realizar simulações e análises de estabilidade.

A modelagem de taludes no Slope/W envolve a criação de um modelo bidimensional ou tridimensional do terreno, incluindo a geometria do talude, as camadas de solo e as condições de contorno relevantes. O software permite a entrada de parâmetros geotécnicos, como resistência ao cisalhamento do solo, coesão e ângulo de atrito interno, além de considerar o comportamento hidráulico do solo, como a permeabilidade.

Por meio da modelagem de taludes no Slope/W, é possível realizar análises de estabilidade que levam em consideração diferentes condições de carregamento, como a ação de cargas estáticas ou dinâmicas, variações no nível de água e a presença de estruturas adjacentes. O software realiza cálculos rigorosos para determinar o fator de segurança do talude, fornecendo informações importantes sobre a estabilidade e o potencial de movimentação de massa.

3.3. Retaludamento

O retaludamento consiste em alterar a geometria do talude, através de um processo de terraplanagem, visando a redução do ângulo médio da superfície e/ou a redução da altura do talude, alterando o estado de tensões atuantes no maciço (CARVALHO, 1991). A técnica é efetuada por equipamento mecânico apropriado, realizando-se cortes feitos junto à crista do talude, com a intenção de diminuir o momento atuante, e fazendo-se um contrapeso junto ao pé do talude através da execução de bernas (MASSAD, 2010). Os cortes podem ser contínuos, quando a altura do talude for inferior a 5 metros, ou escalonados, em caso de altura superior a 5 metros, conforme representado nas Figura 3.11 (ALHEIROS *et al.*, 2004).

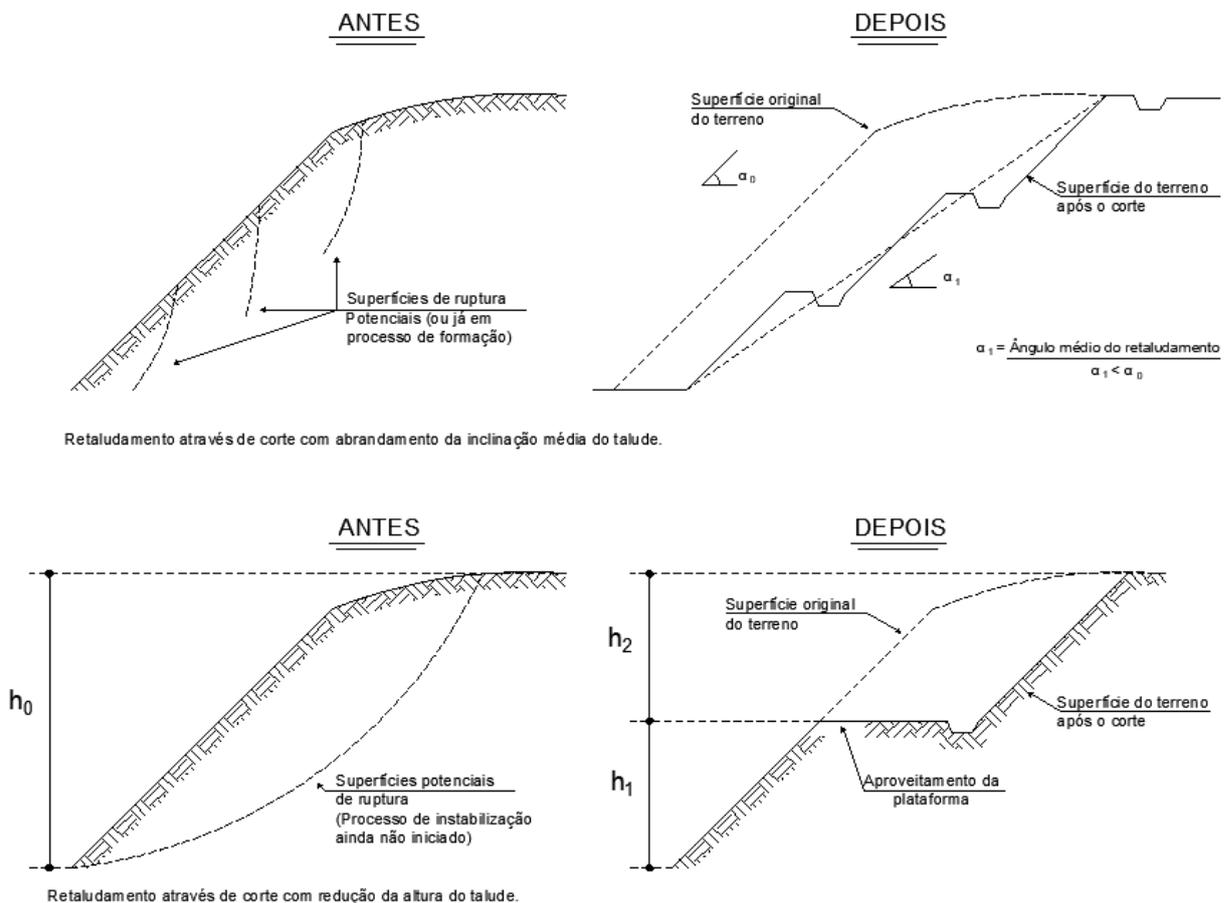


Figura 3.11 - Retaludamento através de corte do talude

Fonte: Adaptado de Carvalho (1991)

Quanto à geometria do talude, Caputo (2008) recomenda que a altura do escalonamento esteja entre 9 a 10 m, para que a energia do escoamento seja dissipada, como mostrado na Figura 3.12. A Figura 3.13 mostra os padrões usuais de inclinação de talude, estabelecidos empiricamente como referência inicial.

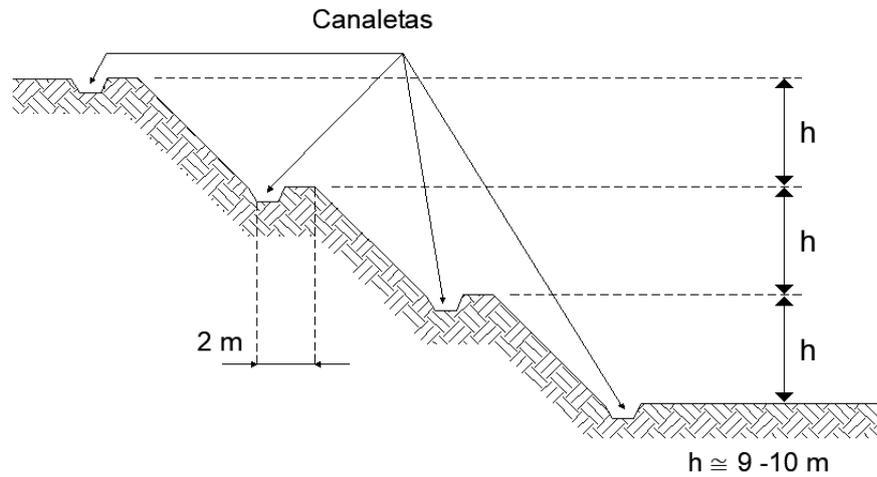


Figura 3.12 – Recomendação da altura do escalonamento de taludes

Fonte: Adaptado de Caputo (2008)

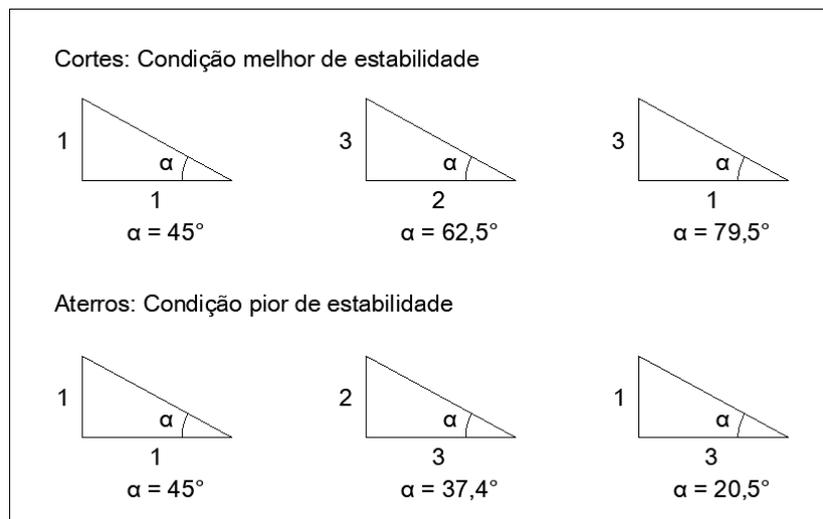


Figura 3.13 - Padrões de inclinação para taludes

Fonte: Adaptado de Maragon (2006)

De acordo com Gerscovich (2013), é necessário associar a técnica de retaludamento a um sistema de drenagem e de proteção superficial, para diminuir a infiltração de águas pluviais, prevenindo assim, os processos de erosão e o aumento da sollicitação por sobrepeso.

3.4. Sistema de drenagem superficial

O processo de infiltração da água de chuva no maciço é um dos principais fatores que desencadeiam um movimento de massa, devido a mudanças nas condições hidrológicas do talude, que promovem a redução da tensão efetiva, aumento da poropressão, e consequentemente, a diminuição da resistência ao cisalhamento do material (GERSCOVICH, 2013). Por isso, as obras de drenagem são de grande importância e eficiência no processo de estabilização talude, sendo por muitas vezes o único recurso aplicado, como também são utilizadas para complementar as obras de contenção.

O sistema de drenagem superficial é formado por um conjunto de estruturas e dispositivos, destinados a captar e conduzir as águas decorrentes do escoamento superficial, visando evitar os processos de erosão da superfície do talude e reduzir o volume de infiltração de água no maciço. Em geral, o sistema é formado por canaletas, escada d'água e caixa de transição, associadas com medidas de proteção superficial, tais como revestimentos impermeabilizantes e revestimentos vegetais (MACAFERRI, 2017). A Figura 3.14 apresenta os principais dispositivos aplicados na estabilidade de taludes.

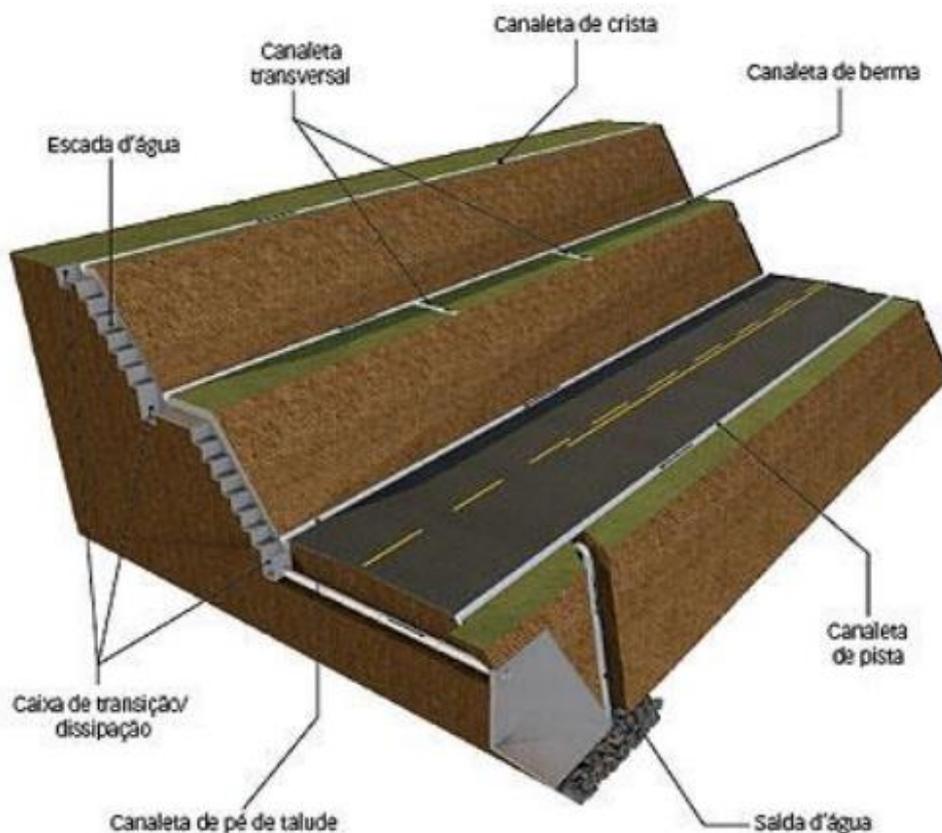


Figura 3.14 – Dispositivos de drenagem superficial

Fonte: Adaptado de Carvalho (1991)

As canaletas são canais construídos no sentido longitudinal do talude que servem para interceptar o fluxo de água superficial proveniente do terreno a montante, e impedir que a velocidade das águas que escoam na superfície do talude atinja um valor crítico (SANTORO, 2018). Esses canais podem possuir seção retangular, trapezoidal, triangular ou meia cana, e são executados geralmente em concreto moldado in loco ou pré-moldado, as quais devem ser executadas com inclinação mínima de 0,5 % na direção interna do talude, de modo a facilitar o escoamento das águas (QUEIROZ, 2016).

Em taludes mais íngremes, as águas coletadas pelas canaletas são direcionadas para as escadas d'água, que são estruturas de concreto armado, construídas em forma de degraus na extremidade da seção de maior declividade, que servem para controlar a velocidade de descida das águas e conduzi-las até a rede coletora. Por fim, as caixas de dissipação são estruturas de concreto armado, construídas nas extremidades das escadas d'água e das canaletas, onde há uma mudança brusca de direção do escoamento, que servem para dissipar a energia hidráulica das águas captadas, evitando assim, o desgaste e erosão dos materiais no ponto de lançamento da água (DNIT, 2006)

3.5. Critérios da escolha da solução técnica

Para a escolha da solução para estabilização de um talude deve seguir alguns critérios que envolvem desde a localização do talude até o risco que o talude oferece à sociedade e meio ambiente, caso entre em colapso, além das questões técnico-econômicas que viabilizam o método e avaliação de desempenho deste (CARVALHO, 1991). A NBR 11682 (ABNT, 2009), apresenta alguns fatores que devem ser considerados na escolha da solução de estabilização de taludes, sendo eles:

- Acessos e condições de operação de equipamentos;
- Disponibilidade de materiais;
- Local adequado para “bota-fora” se for o caso;
- Dificuldades construtivas ou de manutenção;
- Interferências com instalações existentes e propriedades de terceiros;
- Implicações ambientais;
- Segurança da equipe/equipamentos envolvidos na construção;
- Custos e prazos.

O retaludamento é a técnica de estabilização de talude mais utilizada, por ser um método simplificado, de fácil execução e econômico, justamente por utilizar como material o próprio terreno e não exigir uma mão de obra especializada (GERSCOVICH, 2016). Em geral, o retaludamento é a primeira solução a ser proposta para estabilizar qualquer tipo de solo ou rocha, pois sempre haverá uma geometria do talude que garantirá a sua estabilidade, sob quaisquer condições de sollicitação (CARVALHO, 1991).

4. METODOLOGIA

Para iniciar esta pesquisa, foi realizado um estudo de caso em uma encosta que sofreu movimentação de massa e apresenta risco de desmoronamento, localizada na cidade de Itajubá, em Minas Gerais. Primeiramente, foi realizada uma caracterização da área de estudo, incluindo a análise da topografia, estratigrafia e parametrização do solo. Com base na caracterização do talude, foram modelados três eixos de estudo no programa Slope/W, atribuindo os parâmetros de resistência retroanalizados para cada camada que compõe o talude. Em seguida, foi feito um diagnóstico das condições de estabilidade, avaliando o fator de segurança global.

Para formular uma proposta de estabilização, foi estudada a técnica de retaludamento por corte escalonado. Foram estudadas diferentes proporções de inclinação de corte, submetendo o perfil modificado à análise de estabilidade, até encontrar uma proposta que atendesse ao fator de segurança admissível recomendado pela NBR 11682 (ABNT, 2009), identificando, assim, o perfil seguro a ser adotado. Por fim, foi realizado um estudo hidrológico da bacia onde o talude está localizado, obtendo os dados necessários para dimensionar o sistema de drenagem.

Neste capítulo, serão apresentados os métodos utilizados para atingir os objetivos propostos, seguindo as etapas expostas no fluxograma da Figura 4.1.

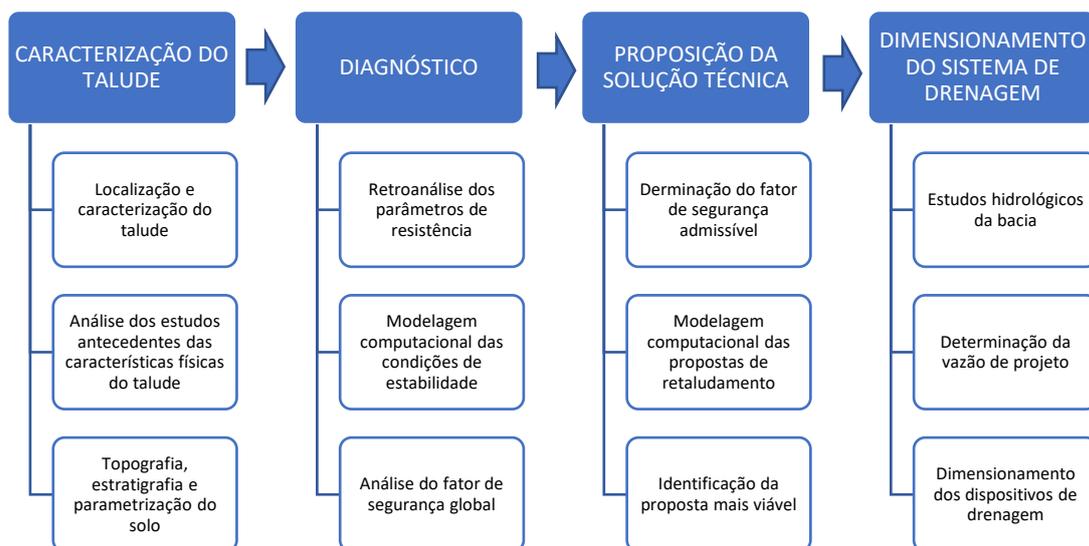


Figura 4.1 – Esquema da metodologia aplicada para elaboração do projeto

Fonte: Próprio autor (2022)

4.1. Apresentação do estudo de caso

Neste tópico, será apresentada uma breve descrição da localização, clima, relevo e aspectos geológicos da área de estudo. Além disso, serão discutidas as modificações ocorridas no maciço ao longo dos anos até o período atual, o que justifica a realização deste trabalho.

4.1.1. Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo encontra-se no estado de Minas Gerais, no município de Itajubá, em um bairro residencial chamada Bairro Vila Isabel, localizada conforme demonstrado na Figura 4.2. A cidade está situada a 836 metros de altitude e possui as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 22° 25' 37" Sul, Longitude: 45° 27' 11" Oeste. Além disso, o município tem uma população de aproximadamente 97.782 habitantes, de acordo com o último censo. Sua área se estende por 294,8 km², resultando em uma densidade demográfica de 328,5 habitantes por km² no território do município (IBGE, 2021).

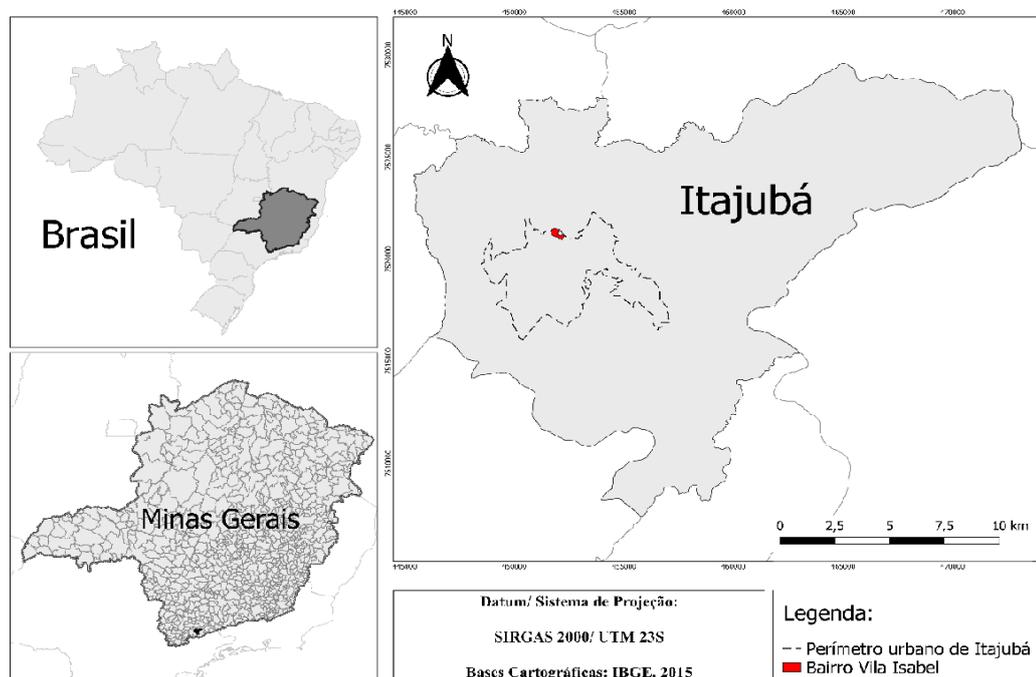


Figura 4.2 – Localização da área de estudo

Fonte: Manfredini; Santos (2021)

Itajubá apresenta uma geomorfologia diversificada devido à sua localização na Serra da Mantiqueira. O município está situado no planalto de Campos do Jordão, onde os elementos do relevo apresentam áreas elevadas, com apenas algumas partes levemente aplainadas,

marcada por uma topografia acidentada, com a presença de montanhas, vales, colinas e encostas íngremes. Portanto, a topografia de Itajubá pode ser descrita como ondulada-montanhosa, com superfícies planas abrangendo 10%, terrenos levemente ondulados ocupando 12% e a maior parte do município composta por áreas montanhosas (78%) (KAEFER et al., 1979 apud GRILO et al., 2002).

De acordo com o mapeamento realizado por Gonçalves (2019), e apresentado na Figura 4.3, a composição geológica do território municipal de Itajubá é caracterizada principalmente pela presença dos Argissolos Vermelhos, que estão associados a um relevo fortemente ondulado. Em seguida, temos a ocorrência dos Cambissolos Háplicos, também em relevo forte ondulado, e dos Gleissolos Háplicos, localizados nas áreas mais baixas e planas do município, principalmente no vale fluvial do Rio Sapucaí.

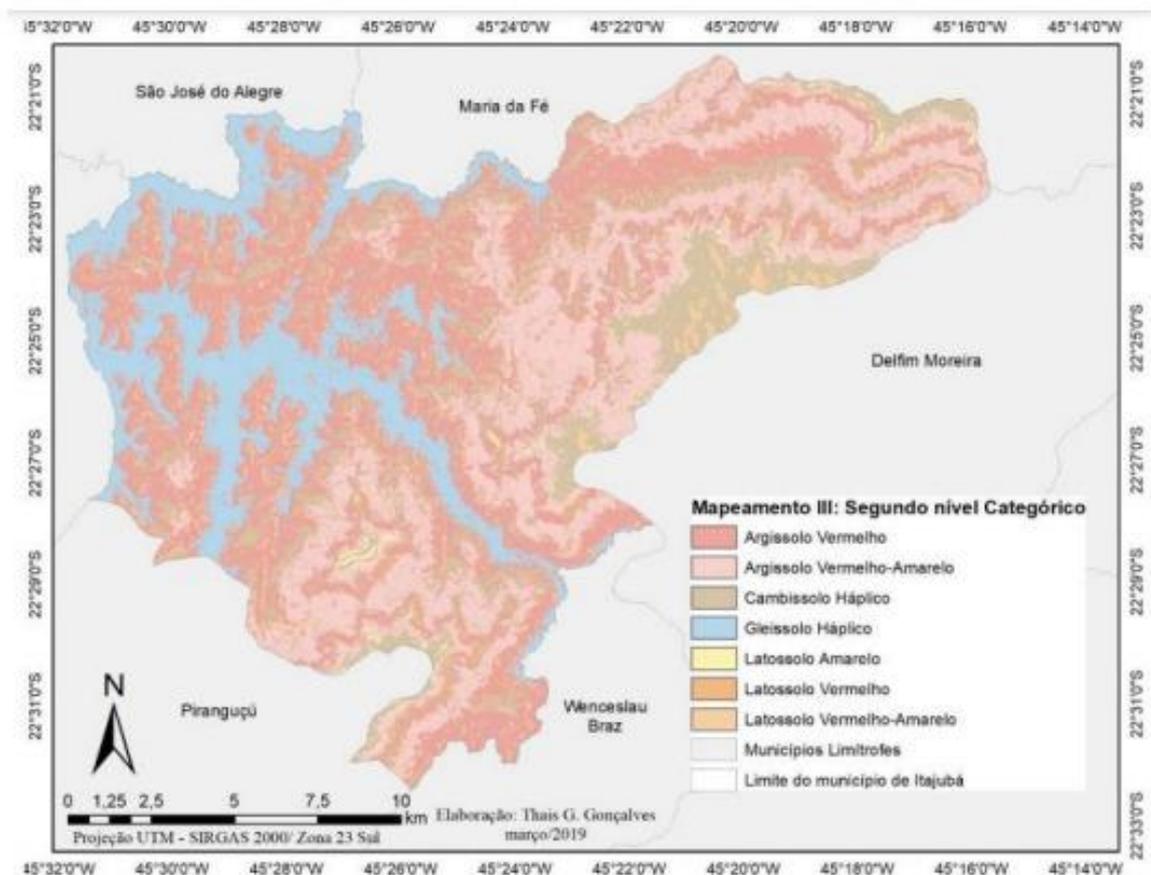


Figura 4.3 – Mapeamento digital dos solos de Itajubá

Fonte: Gonçalves (2019)

O clima de Itajubá é do tipo tropical e temperado, com oscilações bruscas de temperatura e predominância de ventos. Ao longo do ano, o clima é considerado ameno, com uma temperatura média máxima em torno de 30°C e mínima em torno de 10°C. A probabilidade

de dias com chuva varia significativamente ao longo do ano. O período chuvoso ocorre entre os meses de outubro e março, sendo janeiro o mês de maior precipitação, com uma média de 382 mm de chuva. Já o período de seca se estende de abril a setembro, sendo junho o mês com menor índice pluviométrico, com uma média de 42 mm de chuva (CLIMATEMPO, 2021).

A área é atravessada por rios e ribeirões, sendo que o principal é o Rio Sapucaí e outros rios de importância como: Rio Lourenço Velho, Ribeirão Anhumas, Ribeirão Zé Pereira, Ribeirão Piranguçu e Ribeirão Água Preta (ACHEI TUDO E REGIÃO, 2017). Esses cursos d'água desempenham um papel importante na drenagem da região, mas também podem ser responsáveis por enchentes durante períodos de chuvas intensas. Itajubá enfrenta desafios recorrentes relacionados a alagamentos, e em menor frequência, eventos de deslizamentos de terra. Durante períodos de chuvas intensas, os sistemas de drenagem podem se sobrecarregar, resultando em inundações em diversos pontos da cidade.

Em parceria com a Defesa Civil do município, o Serviço Geológico do Brasil implementou uma ação de caráter emergencial com o objetivo de realizar o diagnóstico e mapeamento das áreas suscetíveis a enchentes e movimentos de massa. Para a classificação dos níveis de risco, foram adotados os parâmetros especificados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Parâmetros para zoneamento dos graus de risco para encosta

Grau de risco	Descrição
Alto	Observe-se a presença significativas, evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes etc. Mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas.
Muito alto	As evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de escorregamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação ao córrego etc.) São expressivamente e estão presentes em grande número e/ou magnitude. Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas.

Fonte: Adaptado de CPRM (2014)

Foram identificados 30 setores que apresentam um alto ou muito alto risco devido à ocupação urbana em relação aos fenômenos naturais climáticos. Na Figura 4.4, as áreas de risco mapeadas estão representadas da seguinte maneira:

- Setores em laranja indicam risco alto;
- Setores em vermelho indicam risco muito alto;
- Setores em azul representam riscos relacionados a enchentes e inundações.

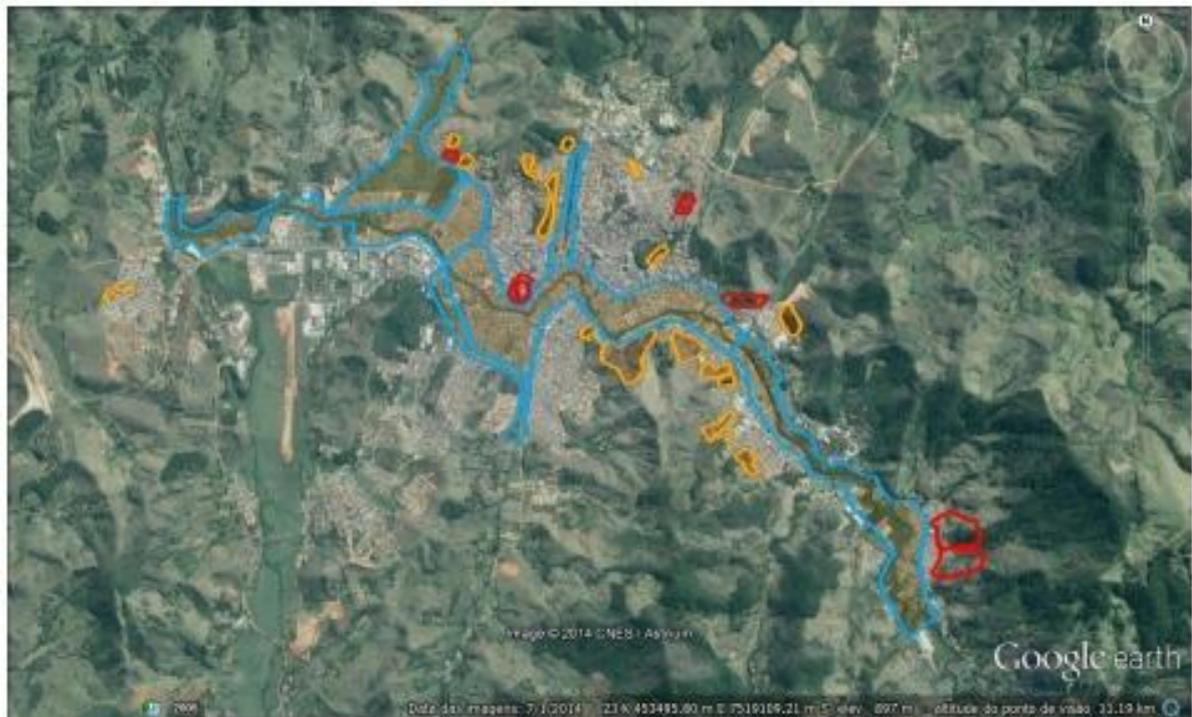


Figura 4.4 – Mapeamento das áreas de risco

Fonte: Defesa Civil (2021)

A área urbana do município, em sua maior parte, está localizada em planícies fluviais do Rio Sapucaí e seus afluentes, além de áreas com relevo dominado por morros e serras de baixa altitude. Ao longo dos anos, muitos trechos das planícies fluviais foram aterrados, eliminando grande parte das áreas naturais de escoamento das águas. Isso resultou em uma ocupação urbana densa, que se estende até as margens dos rios, tornando inviável sua desocupação atualmente. Quanto aos morros, a ocupação ocorreu principalmente ao longo de suas bases e encostas, através de cortes subverticais para criar áreas planas.

4.1.2. Apresentação da área de estudo

A área de estudo trata-se de uma encosta com uma amplitude de aproximadamente 70 metros e uma inclinação variando entre 35 e 50 graus, formada por um espesso solo argiloso vermelho, compactado sobre um solo saprófito fofo e friável derivado de um Ortognaisse

porfiroblástico migmatítico. Possui cobertura vegetal predominante de tipo rasteiro e sistema de drenagem de águas pluviais precário e danificado (CPRM, 2014). A encosta sofreu ruptura em uma parte considerável de sua extensão. O plano de ruptura tem aproximadamente 270 metros de comprimento e apresenta um abatimento de cerca de 8 metros em relação ao nível original. Foram identificadas evidências de movimentos gravitacionais no terreno, incluindo trincas, degraus de abatimento, cicatrizes de deslizamento e feições erosivas superficiais em forma de sulcos e ravinas. A Figura 4.5 apresenta a encosta.



Figura 4.5 – Apresentação da área de estudo

Fonte: Google Earth (2022)

A encosta anteriormente era utilizada como uma jazida de terras para fins de aterro. Após um período de várias obras de terraplanagem realizadas no local, a encosta começou a apresentar trincas e rupturas devido à perda de sustentação na base removida do talude, juntamente com a ineficácia do sistema de drenagem (CPRM, 2014).

O registro fotográfico digital mais antigo do local é do ano de 2005, de acordo com o histórico de imagens apresentado na Figura 4.6, onde observa-se que já havia obras de terraplanagem no local. O primeiro movimento de massa significativo ocorreu em 2014, quando os moradores que residem nas proximidades do talude começaram a perceber trincas e rachaduras em diferentes planos de inclinação, levando-os a acionar a Defesa Civil do

município. Na ocasião, a prefeitura de Itajubá contratou a empresa Alta Geotecnia Ambiental para realizar estudos geológicos do local, que constataram risco muito alto de deslizamento da encosta e recomendaram a execução de obras de contenção no local. No entanto, nenhuma medida preventiva foi tomada. Com o passar dos anos, a condição do talude foi se agravando, culminando na segunda maior ruptura em 2017.



Figura 4.6 – Histórico de imagens correspondente a área de estudo

Fonte: Adaptado Google Earth (2021)

4.2. Análise dos estudos antecedentes das características físicas do talude

O conhecimento das características físicas da encosta desempenha um papel fundamental na compreensão do comportamento do solo diante de solicitações antrópicas. Para esse fim, foi realizada uma pesquisa bibliográfica em diversas bases técnicas a fim de obter os dados necessários para a caracterização do solo. Essa caracterização é essencial para encontrar soluções eficazes no processo de estabilização do talude, levando em consideração seu perfil construtivo e as propriedades do solo.

A área de estudo foi objeto de pesquisas científicas e relatórios técnicos relacionados ao processo de investigação geotécnica em campo. Dentre os documentos fornecidos pela empresa Alta Geotecnia Ambiental, responsável pela avaliação do caso da encosta, estão incluídos laudos de vistoria, levantamento topográfico, registros fotográficos e relatório de sondagem.

4.2.1. Topografia

O levantamento topográfico realizado na pesquisa de Manfredini e Santos (2021) foi utilizado para reproduzir os perfis transversais de três seções consideradas as mais críticas, correspondentes às rupturas ocorridas na área de estudo, conforme os eixos identificados na Figura 4.7. A seção principal corresponde ao eixo central da ruptura do maciço, abrangendo desde a crista da ruptura até a sua base, enquanto as seções secundárias são os eixos traçados nas extremidades laterais da ruptura de referência do maciço. Ao estender esses três eixos até a crista do talude, foi possível encontrar um ponto de interseção entre eles, resultando na determinação de três seções a serem estudadas.

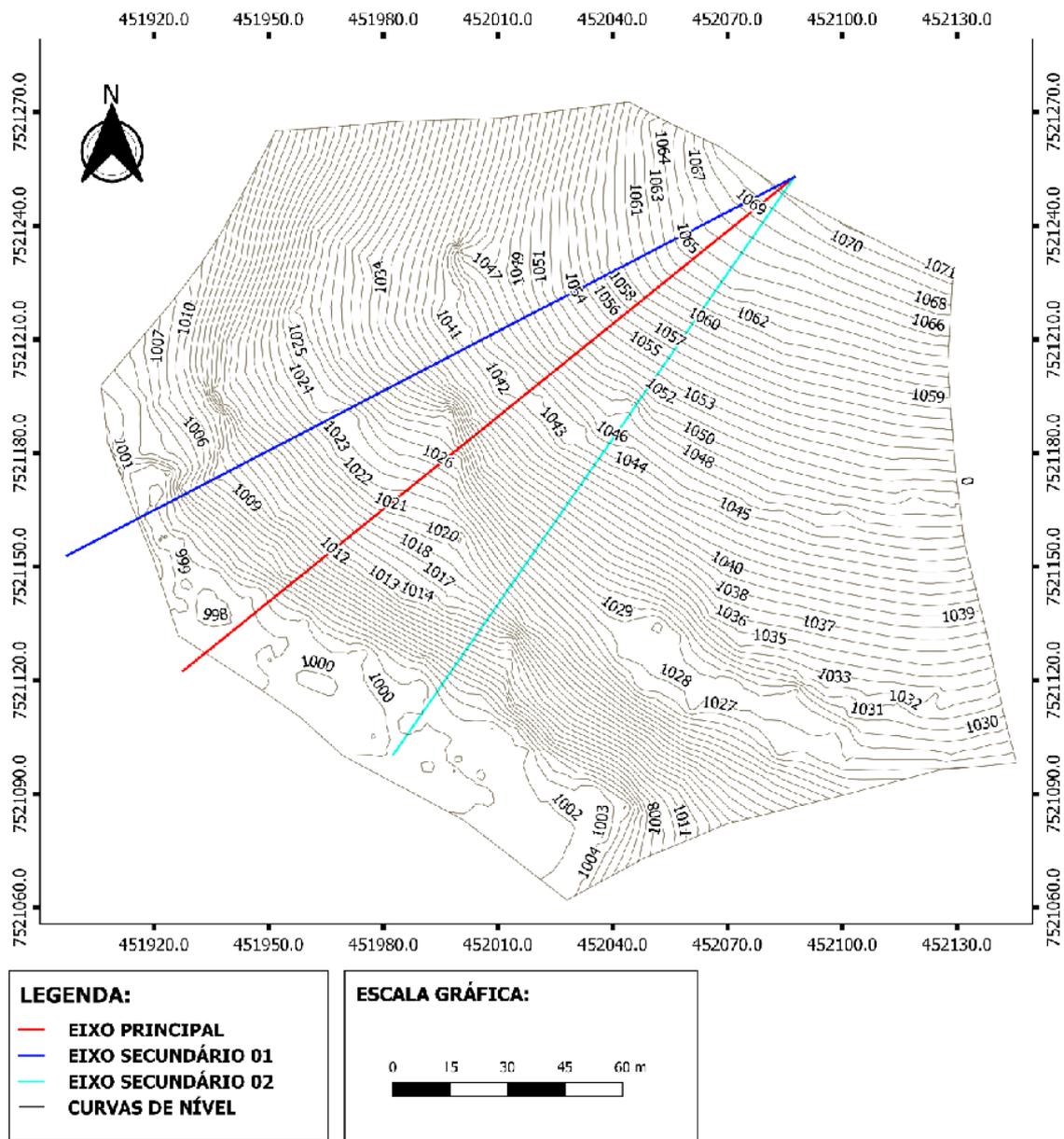


Figura 4.7 – Definição dos eixos das seções de estudo

Fonte: Manfredini; Santos (2021)

Após definir as seções, foi realizado o georreferenciamento da área para traçar as curvas de níveis necessárias à geração dos perfis transversais dos eixos de estudo. Utilizando a superfície de elevação gerada, foram traçados os perfis transversais correspondentes aos eixos de estudo, conforme apresentado nas Figuras 4.8, 4.9 e 4.10.

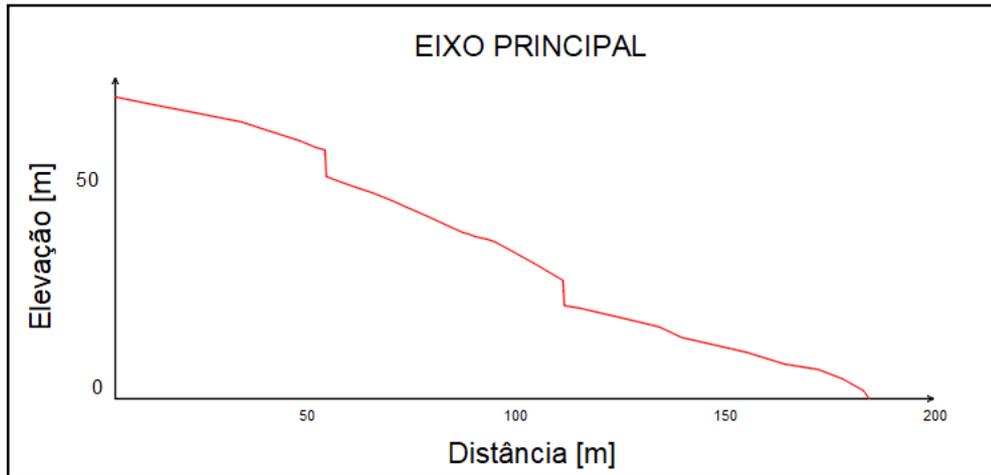


Figura 4.8 - Perfil transversal de eixo principal

Fonte: Manfredini; Santos (2021)

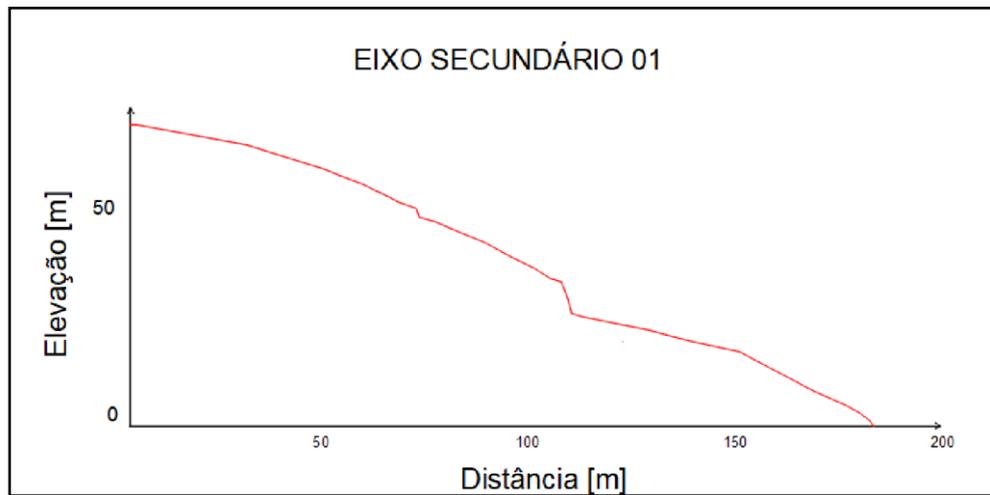


Figura 4.9 - Perfil transversal de eixo secundário 01

Fonte: Manfredini; Santos (2021)

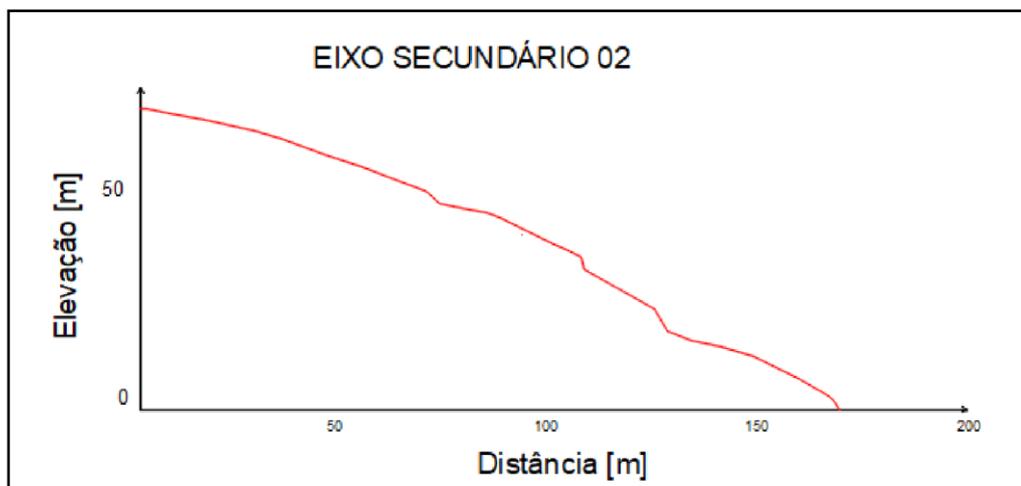


Figura 4.10 - Perfil transversal de eixo secundário 02

Fonte: Manfredini; Santos (2021)

4.2.2. Estratigrafia

As informações estratigráficas do talude foram obtidas a partir do relatório de sondagem à percussão SPT (Standard Penetration Test), conforme disponibilizado no Anexo A, fornecido pela empresa Alta Geotecnia Ambiental. Foram analisadas amostras coletadas em 9 pontos de investigação, cujas localizações estão representadas na Figura 4.11.



Figura 4.11 – Localização dos pontos de investigações geotécnicas

Fonte: Alta Geotecnia Ambiental (2014)

Ao realizar uma análise da distribuição dos pontos de estudo, é observado que eles estão restritos à região adjacente ao material colapsado, sem que sejam conduzidas sondagens na área afetada. No entanto, de acordo com a norma técnica NBR 11682 (2009), é recomendado que seja previsto um número mínimo de três sondagens por seção, a fim de possibilitar a identificação da estratigrafia e das características das camadas identificadas.

A falta de recursos disponíveis e as condições de segurança devido ao alto risco apresentado pela encosta impossibilitaram a realização de novos ensaios que estivessem em conformidade com a norma.

Para obter informações mais completas sobre a composição das camadas de solo, Manfredini e Santos (2021) fizeram uma interpolação dos pontos de sondagem com a topografia do local. Essa abordagem resultou na identificação de um perfil de solo residual composto por quatro camadas distintas, cuja resistência aumenta à medida que a profundidade aumenta, conforme apresentado na Tabela 4.1. Além disso, os autores levaram em consideração a inclusão do solo denominado "material mobilizado", que se refere à porção do maciço que sofreu o escorregamento parcial. Também foi observada a presença de uma camada de material micáceo na área onde ocorreu a linha de ruptura.

Tabela 4.1- Definição das camadas de solo

Camada	Tipo de solo	Profundidade [m]	NSPT
Mica	Biotina	0,5	–
Rocha alterada	–	*	–
Solo A	Argila siltosa vermelha	1	≤ 10
Solo B	Transição entre os solos da camada A e C	9	$10 < X \leq 20$
Solo C	Silte-arenoso cinza	10	> 20

* Preenchendo o restante da área

Fonte: Adaptado de Manfredini; Santos (2021).

Segundo a Alta Geotecnia Ambiental (2014), durante as sondagens e observações de campo, não foram encontrados níveis d'água no interior do maciço. Os perfis encontrados para cada seção de estudo estão disponíveis no Anexo B.

4.2.3. Parametrização do solo

Após a obtenção dos perfis e da estratigrafia do solo, a próxima etapa é atribuir parâmetros de resistência a essas camadas. Em 2014, a empresa Alta Geotecnia Ambiental realizou os estudos e investigações geotécnicas do talude, determinando por meio de relações empíricas que relacionam os resultados obtidos do NSPT com as variáveis como peso específico, coesão do solo e ângulo, conforme apresentado na Tabela 4.2. No entanto, em 2017, ocorreu uma segunda ruptura, tornando esses dados incompatíveis para a análise de estabilidade do cenário atual. Diante dessa situação, foram utilizados parâmetros readequados através de retroanálises de cenários previamente conhecidos nas investigações, apresentados na Tabela 4.3.

Tabela 4.2 - Parâmetros iniciais dos solos

Camada	Peso específico [kN/m³]	Coesão [Kpa]	Ângulo de atrito [°]
Material mobilizado	16	0	25
Mica	18	4	19
Rocha alterada	23	35	30
Solo A	17	10	18
Solo B	18	15	25
Solo C	20	15	28

Fonte: Adaptado de Alta Geotecnia Ambiental (2014)

Tabela 4.3 - Parâmetros retroanalizados

Camada	Peso específico [kN/m³]	Coesão [Kpa]	Ângulo de atrito [°]
Material mobilizado	16	0	22
Mica	18	4	14
Rocha alterada	23	35	30
Solo A	17	10	15
Solo B	18	15	21
Solo C	20	15	25

Fonte: Adaptado de Manfredini; Santos (2021)

4.3. Análise de estabilidade do talude

Neste estudo, foram realizadas análises de estabilidade de talude utilizando métodos determinísticos de equilíbrio-limite. O objetivo principal foi estabelecer um valor crítico para o fator de segurança de uma superfície de ruptura, a fim de avaliar a estabilidade do talude em questão. Para alcançar esse objetivo, foram empregados dois métodos amplamente utilizados: o método Morgenstern e Price e o método de Felinius, aplicados para feito de comparação dos resultados obtidos.

Os perfis transversais do talude foram modelados e analisados com o auxílio do software Slope/w. Durante o processo de modelagem, as superfícies de ruptura foram geradas de forma arbitrária, permitindo uma abordagem mais abrangente ao considerar formas não circulares ou não planares. Para delimitar a área de entrada da superfície de ruptura, foi considerado um intervalo de cotas específico, enquanto a área de saída foi definida na parte inferior do talude. Após a conclusão da análise, foi possível identificar a superfície de ruptura que apresentou o menor valor de fator de segurança.

4.3.1. Diagnostico da estabilidade do talude

Inicialmente, procedeu-se à análise de estabilidade global do talude. Nesse contexto, realizou-se uma média ponderada dos fatores de segurança encontrados em cada seção de estudo, levando em consideração as áreas totais das respectivas superfícies de ruptura, conforme Equação 4.1

$$F_{SG} = \frac{\sum A_i \cdot F_{Si}}{A_i} \quad (4.1)$$

Onde:

F_{SG} = Fator de segurança global;

A_i = Área de ruptura dos respectivos eixos;

F_{Si} = Fator de segurança individual para cada área de ruptura dos respectivos eixos de estudo.

O fator de segurança global encontrado foi relevante para avaliar a estabilidade do talude em questão, fornecendo dados importantes para tomar decisões apropriadas em relação a medidas de mitigação de risco e segurança. Para diagnosticar a estabilidade da encosta, foram avaliadas as seguintes condições:

- $F_{SG} > 1 \Rightarrow$ estável;
- $F_{SG} = 1 \Rightarrow$ estado crítico de ruptura;
- $F_{SG} < 1 \Rightarrow$ instável.

4.3.2. Preposição da solução técnica

A alternativa proposta foi o retaludamento, uma das soluções mais utilizadas para a estabilização de qualquer tipo de solo ou rocha, por ser um método simplificado, de fácil execução e econômico. O método consiste em um processo de terraplanagem, geralmente a execução de cortes que alteram a geometria do talude, que tem por objetivo diminuir sua inclinação e/ou altura, alterando o estado de tensões atuantes no maciço.

Segundo a NBR 11.682 (ABNT, 2009), o fator de segurança mínimo admissível para um talude deve ser adotado em função da relação entre os impactos que uma eventual ruptura teria em vidas humanas e em bens materiais ou ambientais. Foram consideradas um grau de segurança alto no quesito vidas humanas e baixo em perdas materiais e ambientais, encontrando assim, um fator de segurança mínimo de 1,4, conforme prescrito na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Fatores de segurança mínimos para escorregamento

Nível de segurança contra danos materiais e ambientais	Nível de segurança contra danos a vidas humanas		
	Alto	Médio	Baixo
Alto	1,5	1,5	1,4
Médio	1,5	1,4	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

Fonte: Adaptado de ABNT (2009)

Foram estudadas diferentes proporções de inclinação de corte, submetendo o perfil modificado à análise de estabilidade, até encontrar uma proposta que atendesse ao fator de segurança admissível recomendado pela NBR 11682 (ABNT, 2009), identificando, assim, o perfil seguro a ser adotado. Essas condições serão avaliadas a partir da interpretação das análises de estabilidade obtidas através do software Slope/w, em conjunto com a avaliação das limitações de execução da obra no local.

4.4. Dimensionamento do sistema de drenagem

O dimensionamento do sistema de drenagem em taludes é fundamental para o controle adequado do escoamento das águas e prevenção de erosões. A metodologia empregada nesse processo visa garantir a eficiência hidráulica dos dispositivos, de modo que a vazão admissível seja capaz de suportar a vazão de projeto prevista pelos estudos hidrológicos.

Com base na intensidade de chuva da região em estudo, a vazão de projeto foi determinada pelo método racional. Para a determinação da precipitação máxima utilizou-se a equação de Intensidade, Duração e Frequência (IDF). Essa relação permite a obtenção de precipitações máximas para diferentes tempos de concentração e períodos de retorno. Nas estimativas de vazões a partir de dados de chuva, a grandeza utilizada foi a precipitação excedente, pelo fato de esta contribuir efetivamente para a formação do escoamento superficial.

4.4.1. Tempo de concentração

O tempo de concentração pode ser definido como o tempo necessário para que toda a área da bacia hidrográfica esteja contribuindo em uma determinada seção após um evento de precipitação, ou seja, o tempo necessário para que a água precipitada no ponto mais distante da bacia atinja o exultório da seção. O tempo de concentração foi calculado a partir da Equação 4.2, que representa a fórmula de Kirpich.

$$T_c = 57x \left(\frac{L^3}{\Delta h} \right)^{0,385} \quad (4.2)$$

Onde:

T_c : Tempo de concentração da bacia(min);

L : Comprimento do talvegue(km);

Δh : é a diferença de cotas no talvegue principal (m)

4.4.2. Tempo de retorno

O tempo de retorno pode ser definido como o tempo médio, expresso em anos, para que um determinado evento seja igualado ou superado pelo menos uma vez. Na escolha do tempo de retorno para os projetos de obras de drenagem, deve ser considerada a natureza das obras a projetar, assim é comum a adoção de valores recomendados, conforme Tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Valores recomendados para tempo de retorno

	DNIT	DER/MG
Drenagem Superficial	5 a 10 anos	10 anos
Drenagem Profunda	1 ano	1 ano
Bueiros Tubulares - canal	10 a 25 anos	
Bueiros Tubulares - orifício	25 anos	15 anos
Bueiros Celulares - canal	25 anos	
Bueiros Celulares - orifício	50 anos	25 anos
Ponte	100 anos	50 anos

Fonte: Adaptado de JABÓR, 2013

Considerando as características da bacia de contribuição, será dimensionado os dispositivos de drenagem superficial, adotando um período de retorno de 10 anos.

4.4.3. Intensidade de chuva

A equação de Intensidade, Duração e Frequência (IDF) é utilizada para determinar a máxima intensidade de chuva em uma localidade específica. Para cada região, os parâmetros K, a, b e c da equação IDF são ajustados por meio de regressões linear e não linear. A Equação 4.3 exibe as equações IDF.

$$i = \frac{k \cdot TR^a}{(Tc + b)^c} \quad (4.3)$$

Onde:

I: Intensidade máxima média de precipitação (mm/h);

TR: Tempo de Retorno (anos);

Tc: Tempo de concentração (min);

K, a, b e c: Parâmetros ajustados com base nos dados pluviométricos da localidade.

A intensidade de precipitação foi calculada com base na curva IDF específica para a cidade de Itajubá-MG. Os parâmetros da equação IDF para esta região foram obtidos através do software Plúvio 2.1, conforme mostrado na Figura 4.12, desenvolvido e disponibilizado gratuitamente pela Universidade Federal de Viçosa (UFV).

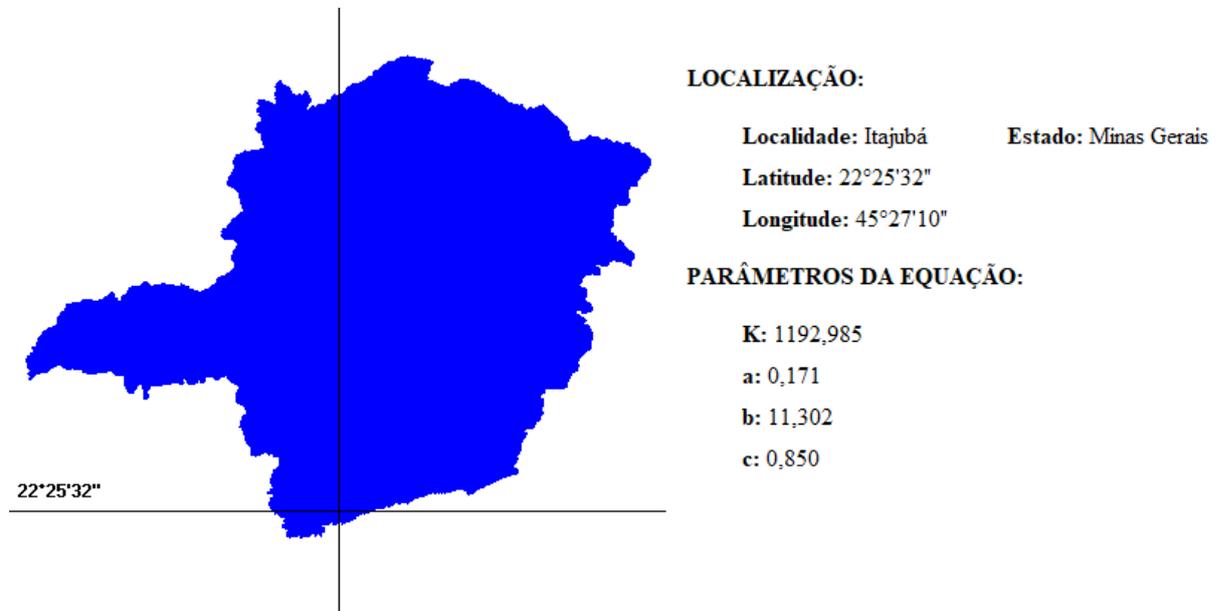


Figura 4.12 – Parâmetros da Equação IDF

Fonte: Adaptado de Plúvio 2.1 (2005)

4.4.4. Coeficiente de Escoamento Superficial (coeficiente de Runoff)

O coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de "run-off", representa a relação entre o volume de água que esco superficialmente e o volume total de precipitação. De acordo com Tucci (1995), esse coeficiente é afetado por características como o tipo de solo e cobertura, a ocupação do terreno, o tempo de retorno e a intensidade da chuva. Portanto, para microdrenagem da área drenada, considerando que após retaludamento o talude será revestido por grama, adotou-se um coeficiente de escoamento superficial de 0,50, conforme valores na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 – Coeficientes de Runoff

Características da superfície	Coefficiente de escoamento
Revestimento de concreto de cimento portland	0,70 – 0,90
Revestimento betuminoso	0,80 – 0,95
Revestimento primário	0,40 – 0,60
Solos sem revestimento com baixa permeabilidade	0,40 – 0,65
Solos sem revestimento com permeabilidade moderada	0,10 – 0,30
Taludes gramados	0,50 – 0,70
Prados e campinas	0,10 – 0,40
Áreas florestais	0,10 – 0,25
Terrenos cultivados em zonas altas	0,15 – 0,40
Terrenos cultivados em vales	0,10 – 0,30

Fonte: DNIT (2006)

4.4.5. Determinação da chuva de projeto

A chuva de projeto foi definida com base no método racional para cada dispositivo analisado, utilizando, para tanto, a Equação 4.4, onde a área de drenagem é limitada pelo próprio dispositivo e pela linha do divisor de águas da vertente a montante.

$$Q = 0,278 \times C \times i \times A \quad (4.4)$$

Onde:

Q = vazão de projeto (m³/s)

C = coeficiente de escoamento superficial

i = intensidade da chuva (mm/hora)

A = área da bacia (km²)

4.4.6. Dimensionamento dos dispositivos de drenagem superficial

Determinada a vazão de projeto, foi realizada uma pesquisa de mercado buscando dispositivos com as dimensões comerciais que melhor atendem a essa vazão. A geometria dos dispositivos é fundamental no processo de dimensionamento, onde parâmetros como largura, profundidade e inclinação são analisados para garantir a capacidade de transporte da vazão prevista.

4.4.6.1. Canaletas

Para determinar as dimensões adequadas das canaletas, utilizou-se a fórmula de Manning, em conjunto com a equação da continuidade. Essa abordagem resultou na Equação 4.5, que permitiu calcular a vazão máxima admissível do dispositivo.

$$Q = \frac{1}{\eta} \cdot A_m \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \quad (4.5)$$

Q = Vazão admissível (m³/s);

n = Coeficiente de rugosidade de Manning;

A_m = Área da seção molhada (m²);

R_h = Raio hidráulico (m);

I = Declividade do conduto (m/m).

O perímetro molhado, o raio hidráulico e a área molhada foram determinados de acordo com a geometria adotada, utilizando as fórmulas apresentadas na Figura 4.13.

Geometria da Seção	Área Molhada (A _m)	Perímetro Molhado (P _m)	Raio Hidráulico (R _h)	Largura Superficial (B)
	$(b+mh)h$	$b + 2h\sqrt{1+m^2}$	$\frac{(b+mh)h}{b + 2h\sqrt{1+m^2}}$	$b+2mh$
	$b \cdot h$	$b+2h$	$\frac{b \cdot h}{b+2h}$	b
	$\frac{\pi \cdot D^2}{4}$	$\pi \cdot D$	$\frac{D}{4}$	----
	$\frac{\pi \cdot D^2}{8}$	$\frac{\pi \cdot D}{2}$	$\frac{D}{4}$	----
	$0,7662 \cdot D^2$	$2,6467 \cdot D$	$0,2895 \cdot D$	----

Figura 4.13 – Parâmetros para dimensionamento hidráulico

Fonte: Guimarães (2007)

Enquanto o coeficiente de rugosidade é adotado conforme o material empregado no dispositivo, como determinado na Tabela 4.7:

Tabela 4.7 – Coeficientes de rugosidade

Canais abertos revestidos		
Concreto com superfície de:		
Acabamento a colher	0,011	0,012
Acabamento a desempenadeira	0,013	0,015
Acabamento com cascalho no fundo	0,015	0,017
Sem acabamento	0,014	0,017
Sobre escavação em rocha boa	0,017	0,02
Sobre escavação em rocha irregular	0,022	0,027
Canais abertos não revestidos		
Terra em segmento reto e uniforme		
Limpa, recentemente com pletada	0,016	0,018
Limpa, após intempérie	0,018	0,022
Saibro, seção uniforme, limpa	0,022	0,025
Com grama curta, pouca vegetação	0,022	0,027
Em solo pedregulhoso, limpo	0,022	0,025

Fonte: DNIT (2006)

Ressalta-se a importância de garantir uma folga na altura do canal igual ou superior a 20% da altura da lâmina de água observada no projeto, de modo que ele não transborde, caso venha a ser temporariamente obstruído ou assoreado, conforme equação 4.6.

$$F = 0,2.h \quad (4.6)$$

Onde:

F = folga (bordo livre), em cm;

h = profundidade da canaleta, em cm.

A velocidade de escoamento não deverá ser superior a 4,5 m/s, devido à resistência a erosão do concreto, nem inferior a 1,0 m/s, visando facilitar a auto-limpeza. Para determinar tanto a velocidade interna do dispositivo quanto a velocidade de saída, utilizamos a fórmula de Manning (Equação 4.7) e a Equação 4.8, respectivamente.

$$V_{dispositivo} = \frac{R_h^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}}{\eta} \quad (4.7)$$

$$V_{saída} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad (4.8)$$

4.4.6.2. Escadas hidráulicas

Dada a complexidade das escadas hidráulicas, optou-se por utilizar o software SisCCoH para o dimensionamento. Este utiliza estudos empíricos para simplificar o dimensionamento, desconsiderando o material do canal em degraus, uma vez que a dissipação de energia é mais afetada pelas características do degrau do que pela rugosidade do material.

O software de acesso gratuito oferece uma interface para entrada de dados, como vazão, largura do canal, altura e comprimento dos degraus. A partir desses dados, são calculados parâmetros como a razão altura/comprimento, o ângulo entre o plano horizontal e o plano contendo as quinas dos degraus, a profundidade crítica e a vazão específica para os regimes de escoamento Nappe Flow, Skimming Flow e em transição.

O regime Skimming Flow, possui a formação de vórtices em cada degrau, conhecido também como escoamento deslizante sob turbilhões. O regime de transição ora forma o escoamento aerado, ora forma os vórtices em cada degrau, alternando suas características dentre os dois tipos de escoamento anteriores.

Depois de identificar o regime de escoamento, é possível introduzir os dados de diferença de nível e quantidade de degraus para calcular a velocidade de escoamento, considerando os valores de energia dissipada pelos degraus.

4.4.6.3. Caixas Coletoras

As dimensões das caixas coletoras foram definidas com base nos dispositivos para os quais atuam como coletores, neste caso localizadas nas extremidades das descidas d'água. Isso assegura que as caixas tenham capacidade suficiente para receber e encaminhar o escoamento das descidas de forma eficaz.

4.4.6.4. Galeria tubular

O dimensionamento hidráulico das galerias tubulares consiste na verificação da capacidade do dispositivo de suportar a vazão projetada de toda a área de contribuição. Nesse processo, cada trecho entre os pontos de visita é analisado, somando-se as vazões dos captadores a

montante. Para determinar o valor máximo suportado pela galeria, utilizou-se a equação de Manning, conforme expresso na Equação 4.9.

$$Q = \frac{1}{\eta} \cdot A_m \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \quad (4.9)$$

Q = Vazão admissível (m³/s);

n = Coeficiente de rugosidade de Manning;

A_m = Área da seção molhada (m²);

R_h = Raio hidráulico (m);

I = Declividade do conduto (m/m).

A seção transversal molhada máxima a ser adotada para a rede de drenagem corresponde à seção com altura da lâmina d'água (y) igual a 80% do diâmetro nominal da respectiva rede, conforme Figura 4.21, sendo válidas todas as características hidráulicas de seção de condutos circulares parcialmente cheios.

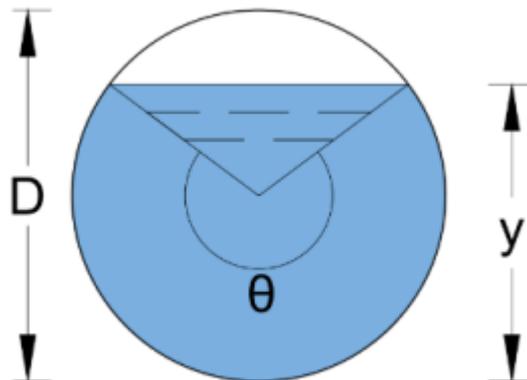


Figura 4.14 – Seção de condutos circulares

Fonte: Guimarães (2007)

As redes de microdrenagem podem ser em concreto ou polietileno de alta densidade – PEAD. As características e parâmetros recomendados estão apresentadas na Tabela 4.8.

Figura 4.8 – Seção de condutos circulares

Características	Concreto	PEAD
Rugosidade (n)	0,014	0,01
Diâmetros (mm)	500 a 1500	500 a 1500
Velocidade mínima (m/s)	0,75	0,75
Velocidade máxima (m/s)	7,5	7 (ou conforme recomendado pelo fabricante)
Declividades máximas (%)	0,4 a 5%	0,4 a 5

Fonte: Adaptado Ramos et al. (1999)

A velocidade pode ser calculada por meio da Equação 4.5.

4.5. Orçamento e cronograma de obras

Para a elaboração do orçamento e cronograma da obra, foram utilizadas as planilhas de referência SINAPI (09 /2023) e SETOP (08 /2023) específicas para o estado de Minas Gerais. Essas tabelas fornecem os valores de referência para os diversos serviços de construção civil, considerando os preços praticados no mercado em determinado período, que permite a estimativa dos quantitativos necessários para a execução da obra. É importante ressaltar que foram adotados os valores não desonerados, ou seja, os custos de mão de obra consideram encargos sociais complementares.

Para compor o orçamento, foi aplicado o Benefício e Despesas Indiretas (BDI) de 26,98% sobre cada atividade que compõem o orçamento. O BDI é um índice aplicado sobre os custos diretos de uma obra, que engloba as despesas indiretas, os lucros e os impostos incidentes sobre a construção. Ele representa uma porcentagem adicional que visa cobrir os custos administrativos, financeiros, comerciais e outros custos indiretos que não são diretamente atribuíveis a uma atividade específica. Os itens considerados na composição do BDI podem incluir despesas com administração central, custos financeiros, impostos, seguros e riscos, entre outros.

Primeiramente, foi conduzido o levantamento das informações preliminares, abrangendo a obtenção de dados do projeto básico da obra, como desenhos e especificações técnicas. Em seguida, procedeu-se à identificação das etapas principais da obra e dos serviços necessários para sua execução. Posteriormente, realizou-se um levantamento quantitativo de

insumos e materiais com base nos projetos disponíveis. Através da multiplicação dos quantitativos de cada serviço pelos seus respectivos preços unitários, foi possível calcular os custos individuais de cada serviço.

Posteriormente, os custos individuais de cada serviço são agregados para obter o custo total de cada etapa da obra, e então somados para determinar o custo total do projeto. Paralelamente, são definidos os prazos de execução de cada etapa, utilizando os coeficientes de produtividade das planilhas de composição como referência. Esses prazos foram organizados em um cronograma, levando em consideração a sequência lógica das etapas e suas dependências.

5. RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos perante as análises de estabilidade realizadas, conforme os métodos descritos e apresentados no capítulo 4.

5.1. Diagnóstico da estabilidade do talude na condição atual

De acordo com a topografia do local e estratigrafia definida no capítulo anterior, foram modelados os três eixos de estudo no programa Slope/W, atribuindo-se os parâmetros de resistência: coesão, ângulo de atrito e peso específico, para cada camada que compõe o talude.

Primeiramente, o talude foi analisado na condição após evento de escorregamento, em 2021, a partir da determinação do coeficiente global de estabilidade nesta situação. Para isso, foram conduzidas análises de estabilidade em cada seção, identificando as superfícies de ruptura com o menor fator de segurança. Para fins de comparação, foram realizadas análises utilizando o método de Fellenius e o método de Morgenstern e Price.

As Figuras 5.1 e 5.2 mostram as análises de estabilidade do eixo principal usando respectivamente o método de Fellenius, com um fator de segurança de 0,99, e o método de Morgenstern e Price, com um fator de segurança de 1,02. É observado que ambos os métodos apresentaram um fator de segurança muito próximo de 1,00. Isso sugere que estão em equilíbrio limite, porém muito próximo de atingir o estado crítico de ruptura. Destaca-se que as superfícies de ruptura são superficiais, devido às condições da camada de material mobilizado, que teve seus parâmetros de resistência reduzidos durante o evento de movimentação.

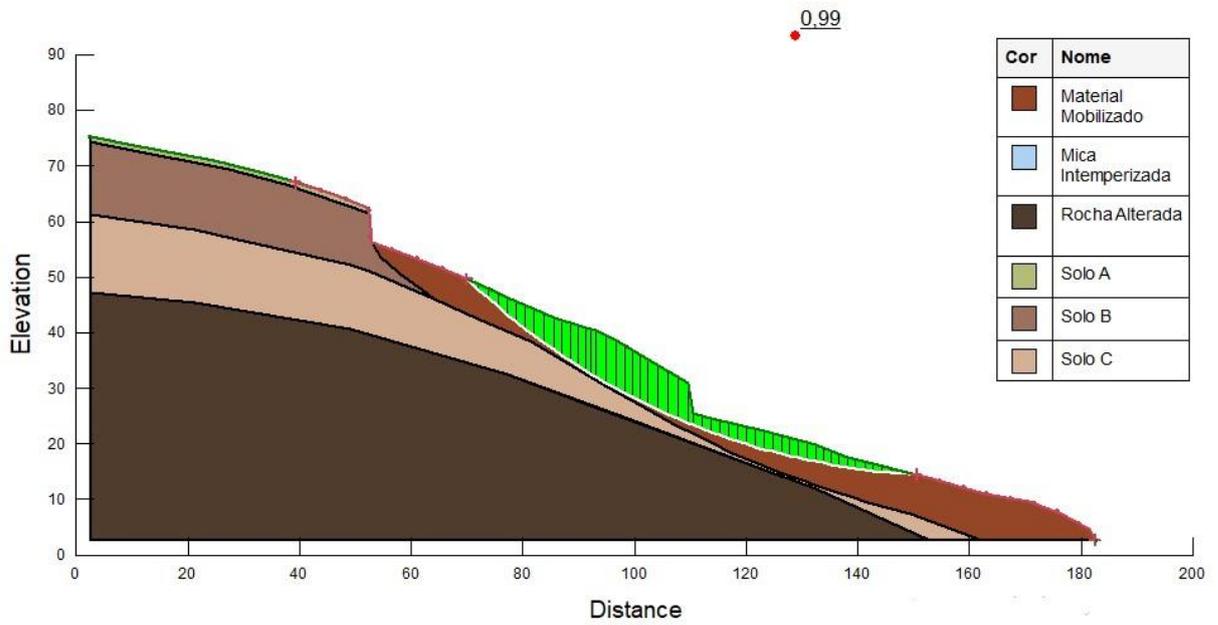


Figura 5.1 – Análise de estabilidade eixo principal pelo método de Fellenius

Fonte: Próprio autor (2022)

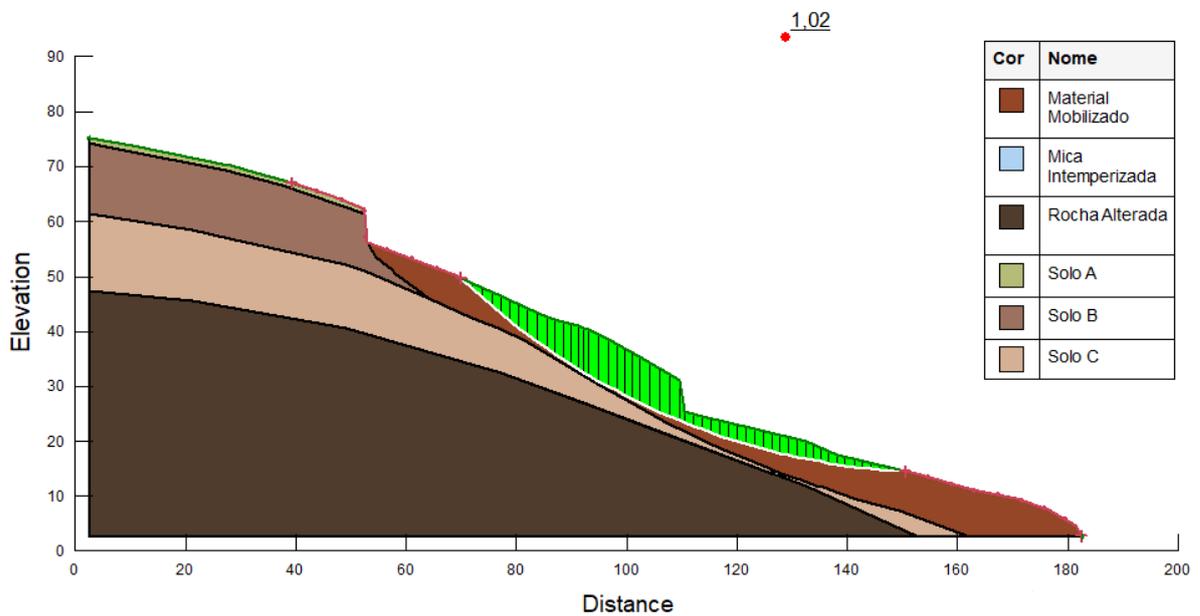


Figura 5.2 – Análise de estabilidade eixo principal pelo método de Morgenstern e Price

Fonte: Próprio autor (2022)

Nas análises do eixo secundário 1, observa-se um fator de segurança de 1,04 pelo método de Fellenius e 1,06 pelo método de Morgenstern e Price, conforme mostrado nas Figuras 5.3 e 5.4, respectivamente. Esses resultados também indicam um equilíbrio próximo do limite, sugerindo uma condição crítica de ruptura iminente.

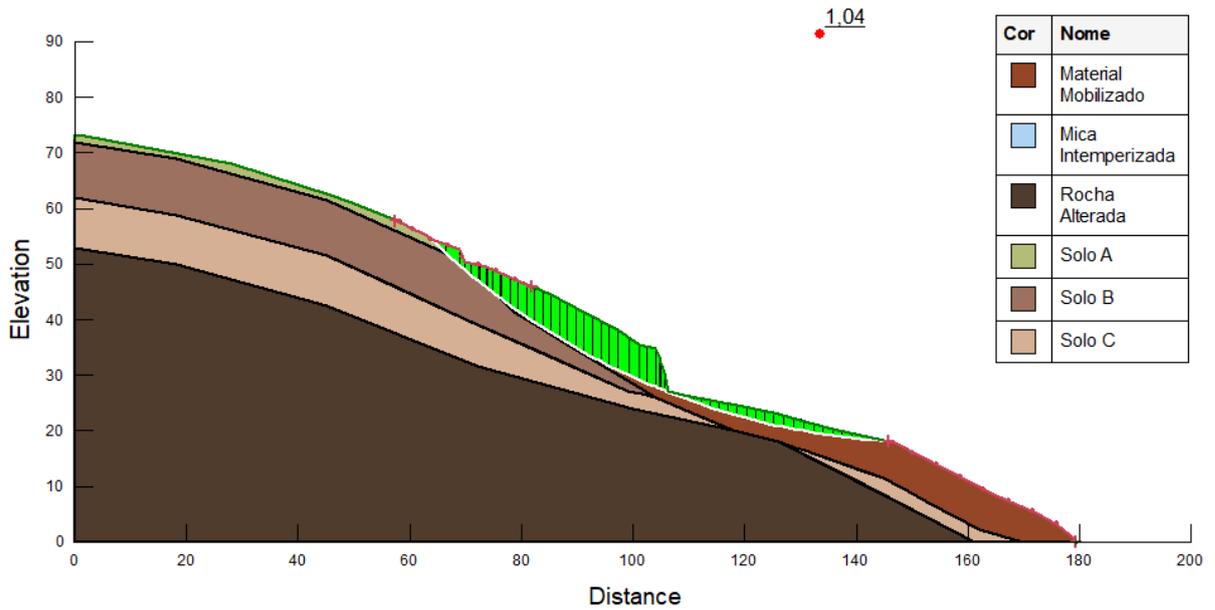


Figura 5.3 – Análise de estabilidade eixo secundário 1 pelo método de Fellenius

Fonte: Próprio autor (2022)

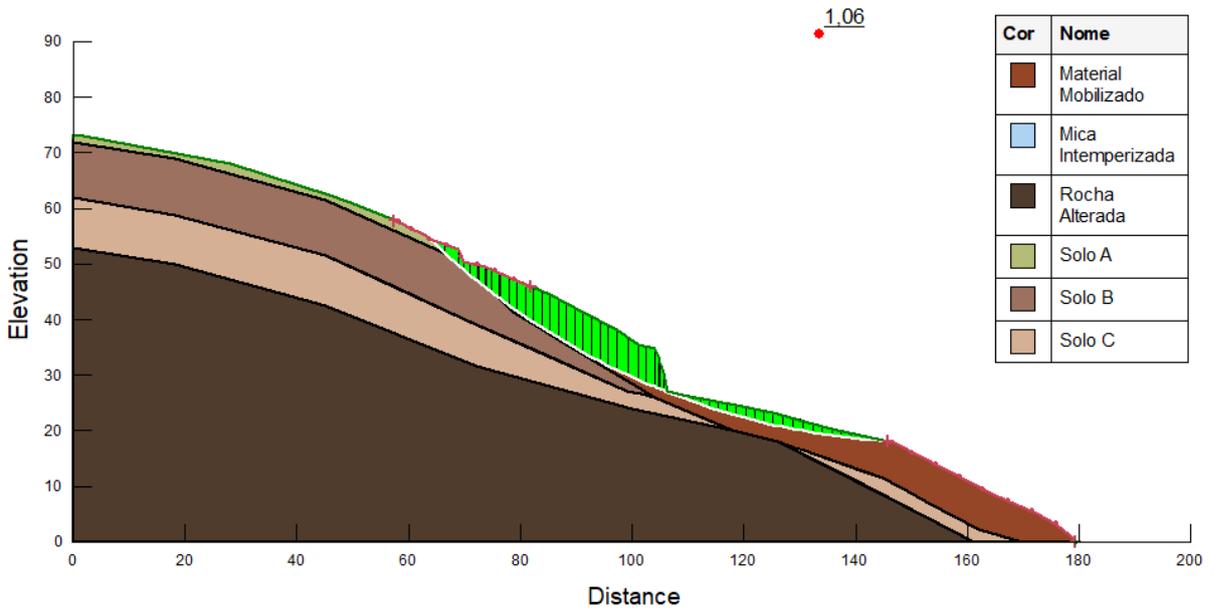


Figura 5.4 – Análise de estabilidade eixo secundário 1 pelo método de Morgenstern e Price

Fonte: Próprio autor (2022)

O eixo secundário 2 apresentou a seção com a menor de fator de segurança pelo método de Fellenius, registrando 0,94 conforme a Figura 5.5, indicando instabilidade no perfil analisado. Por outro lado, a análise pelo método de Morgenstern e Price revela um fator de segurança de 1,04, conforme demonstrado na Figura 5.6. A partir das análises, é possível observar que a superfície de ruptura ocorre no material mobilizado, assim como nas camadas de solo A, B e C.

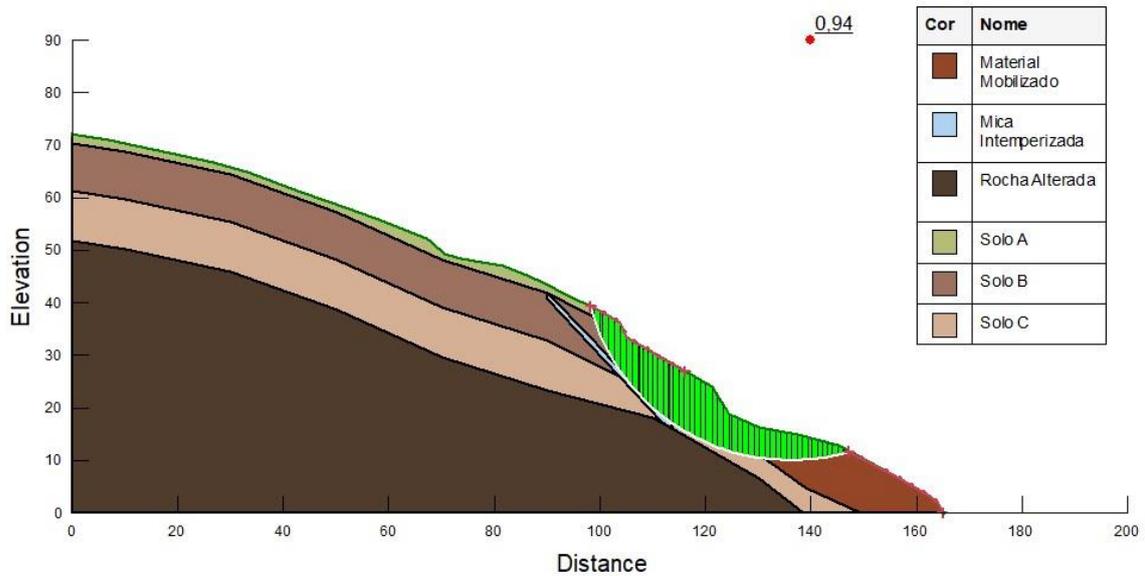


Figura 5.5 – Análise de estabilidade eixo secundário 2 pelo método de Fellenius

Fonte: Próprio autor (2022)

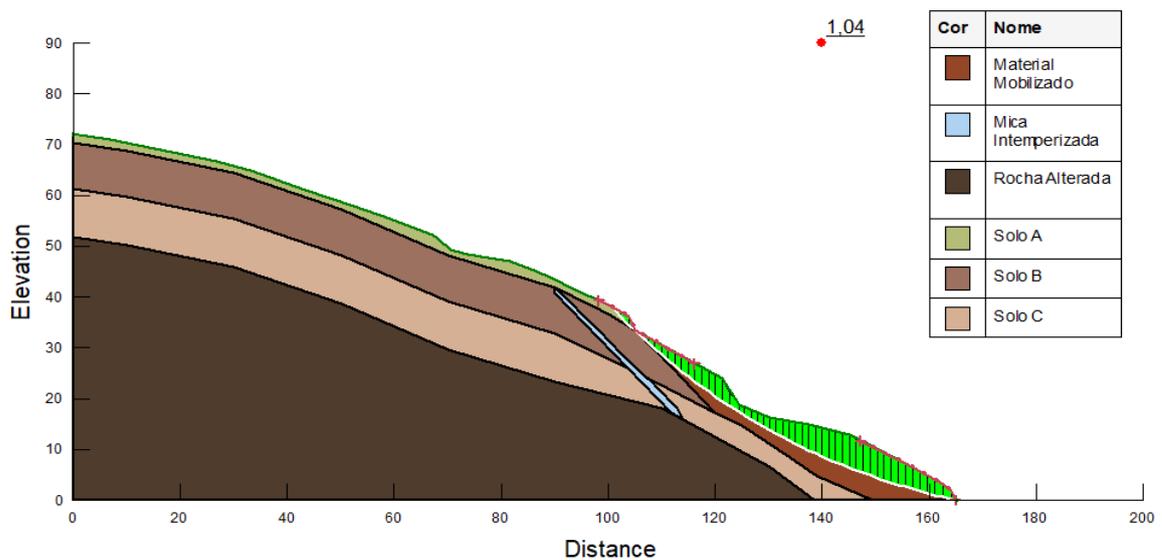


Figura 5.6 – Análise de estabilidade eixo secundário 2 pelo método de Morgenstern e Price

Fonte: Próprio autor (2022)

Para calcular o fator de segurança global do talude, foram utilizadas as superfícies de ruptura que apresentaram os menores fatores de segurança. Através de uma média ponderada desses valores, determinou-se o fator de segurança global do maciço. A análise resultou em um fator de segurança de 1,002, valor muito próximo do limite de equilíbrio das forças. Isso indica que o talude está em eminência de ruptura, representando um risco para a população circunvizinha. A Tabela 5.1 apresenta os coeficientes de segurança de cada eixo e suas respectivas áreas de ruptura encontradas nas simulações.

Tabela 5.1 – Análise de estabilidade global do cenário atual

Eixo	Fs	Área
Principal	0,99	355,89
Secundário 1	1,04	266,7
Secundário 2	0,94	420,92
Análise Global	1,002	–

Fonte: Próprio autor (2022)

Considerando os resultados da análise global, fica evidente a importância de planejar técnicas de estabilização para o talude em questão, visando prevenir ou reduzir o risco de uma nova ruptura.

5.2. Proposta de estabilização do talude

Para a área de estudo, foi proposto o retaludamento por corte escalonado, alterando a geometria do talude para suavizar sua inclinação e aumentar seu fator de segurança. Foram construídas bermas com largura entre 2 e 4 metros e altura de escalonamento não superior a 10 metros, com o objetivo de controlar a velocidade de escoamento superficial da água. Quanto à inclinação, foram adotadas as proporções entre a distância vertical e a horizontal: 1V:3H, 1V:2H e 2V:3H. Para as diferentes inclinações, o perfil alterado foi submetido à análise de sua estabilidade até encontrar uma solução com fator de segurança superior a 1,4, considerado o valor mínimo admissível de acordo com a NBR 11682 (ABNT, 2009), identificando assim o perfil seguro a ser adotado.

As análises foram realizadas para o eixo principal, considerado a seção mais crítica devido à sua declividade e extensão. Além disso, foram realizadas análises utilizando dois métodos: o método de Fellenius e o método de Morgenstern-Price, permitindo uma comparação entre os resultados obtidos por diferentes técnicas analíticas.

5.2.1. Primeira proposta de retaludamento

Inicialmente, foi proposto um perfil de retaludamento com uma inclinação na proporção de 2V:3H, com o objetivo de alinhar o escalonamento ao contorno natural do talude, onde a inclinação é praticamente mantida, o que resultaria em menor movimentação de massa. A Figura 5.7 apresenta o perfil da primeira proposta de retaludamento.

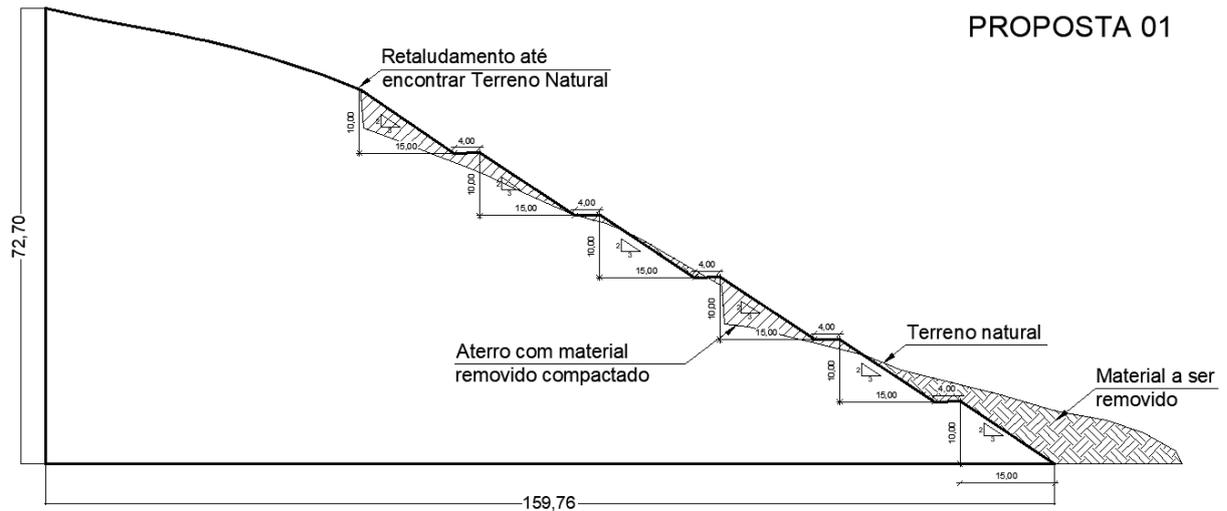


Figura 5.7 – Perfil da primeira proposta de retaludamento

Fonte: Próprio autor (2022)

Após a submissão da proposta do novo perfil à análise de estabilidade, foram obtidos fatores de segurança de 0,89 pelo método de Fellenius (Figura 5.8) e 0,91 pelo método de Mongester Price (Figura 5.9). Estes valores evidenciam que a estabilidade do talude não é garantida. Além disso, observa-se novamente que a superfície de ruptura está localizada na camada de material mobilizado

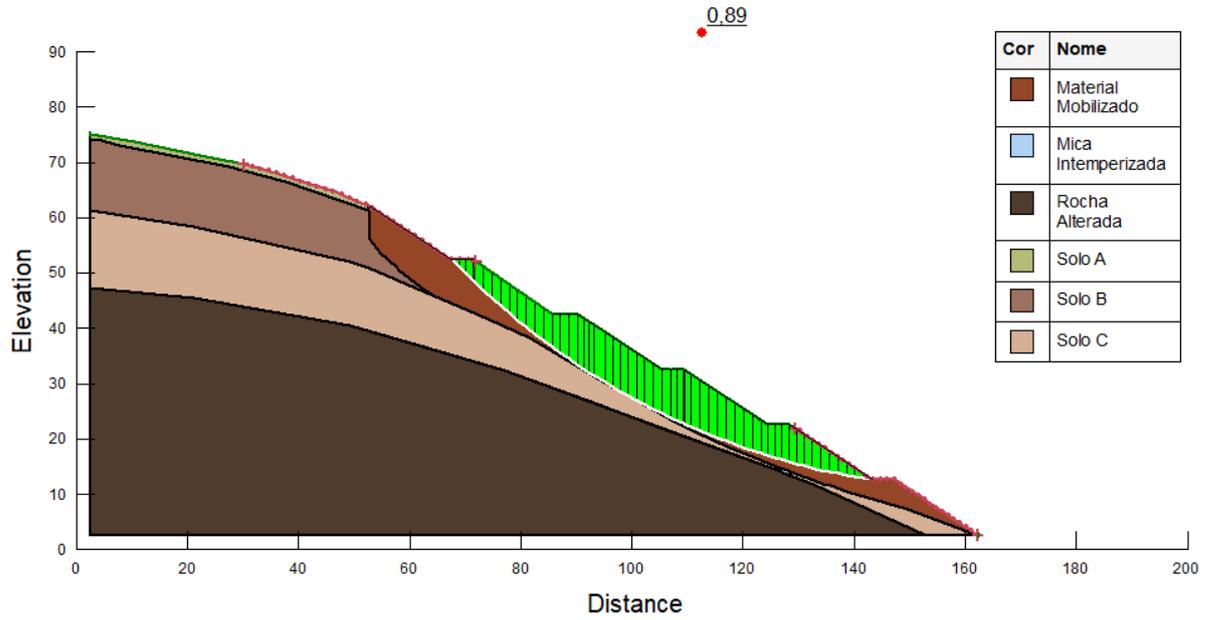


Figura 5.8 – Análise de estabilidade da primeira proposta de retaludamento por Fellenius

Fonte: Próprio autor (2022)

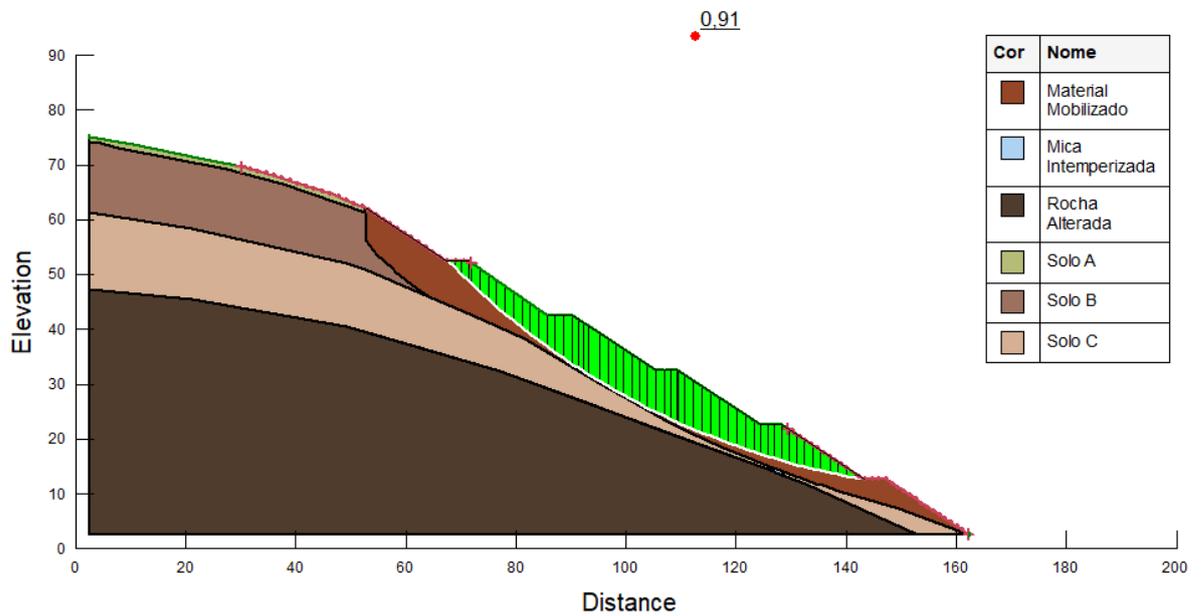


Figura 5.9 – Análise de estabilidade da primeira proposta de retaludamento por Morgenstern e Price

Fonte: Próprio autor (2022)

5.2.2. Segunda proposta de retaludamento

Na segunda proposta, o objetivo foi eliminar completamente a camada de material mobilizado, cujos parâmetros de resistência foram reduzidos durante o episódio de movimentação. Para este novo perfil, foram adotadas declividades intercaladas nas proporções de 1V:3H, 1V:2H e 2V:3H, conforme ilustrado na Figura 5.10. Essa abordagem visa fortalecer a estabilidade do talude ao distribuir de forma mais equilibrada as cargas e reduzir as áreas suscetíveis a rupturas.

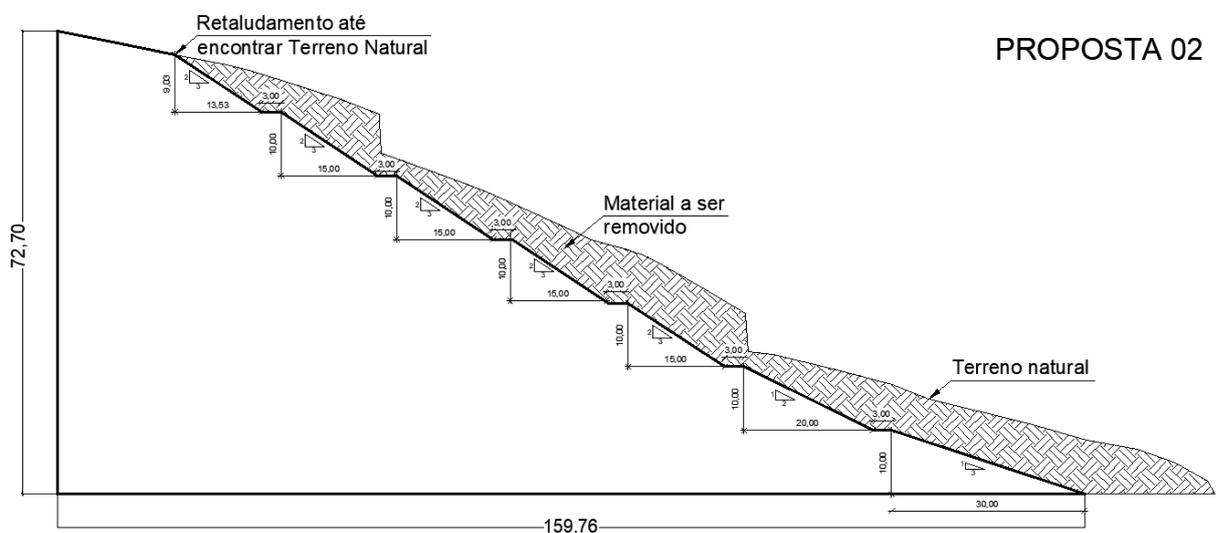


Figura 5.10 – Perfil da segunda proposta de retaludamento

Fonte: Próprio autor (2022)

A proposta atingiu um fator de segurança de 1,30 para ambos os métodos de análise, um valor superior ao obtido na primeira proposta. No entanto, ainda não alcançou o fator de segurança desejado de pelo menos 1,4. Como apresentado nas Figuras 5.11 e 5.12, a superfície de ruptura atingiu as camadas dos solos B e C, indicando que a inclinação de 2V:3H não foi adequada para os parâmetros de resistência desses solos. Essa constatação ressalta a importância de uma abordagem mais criteriosa na seleção das declividades do talude, levando em consideração as características específicas das diferentes camadas de solo presentes no talude.

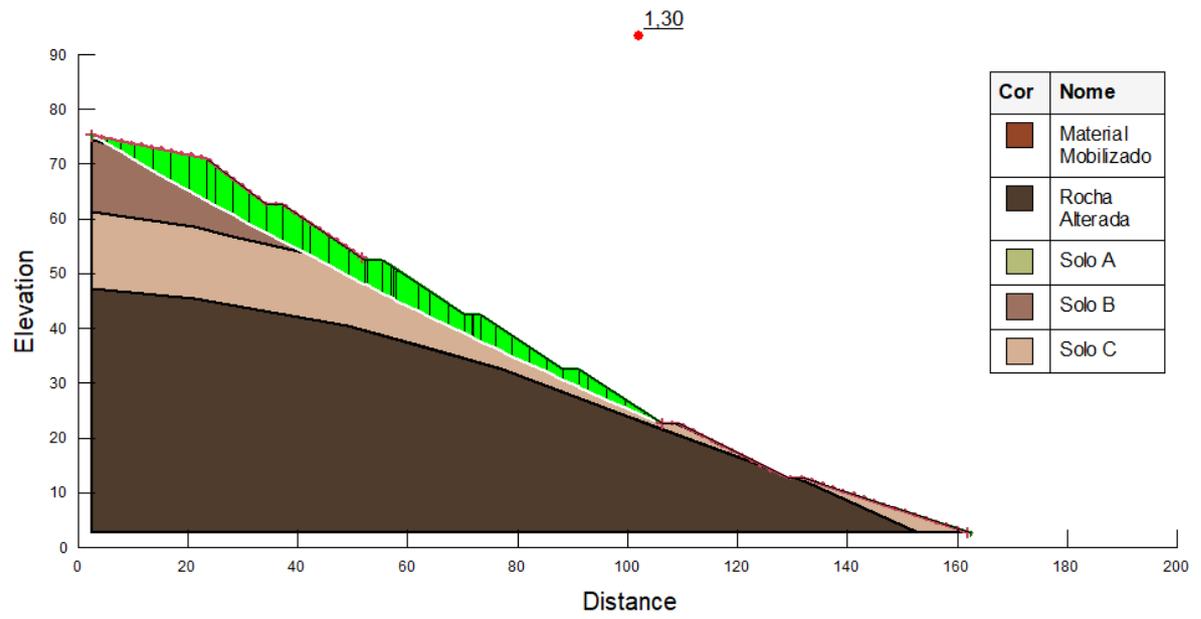


Figura 5.11 – Análise de estabilidade da segunda proposta de retaludamento por Fellenius

Fonte: Próprio autor (2022)

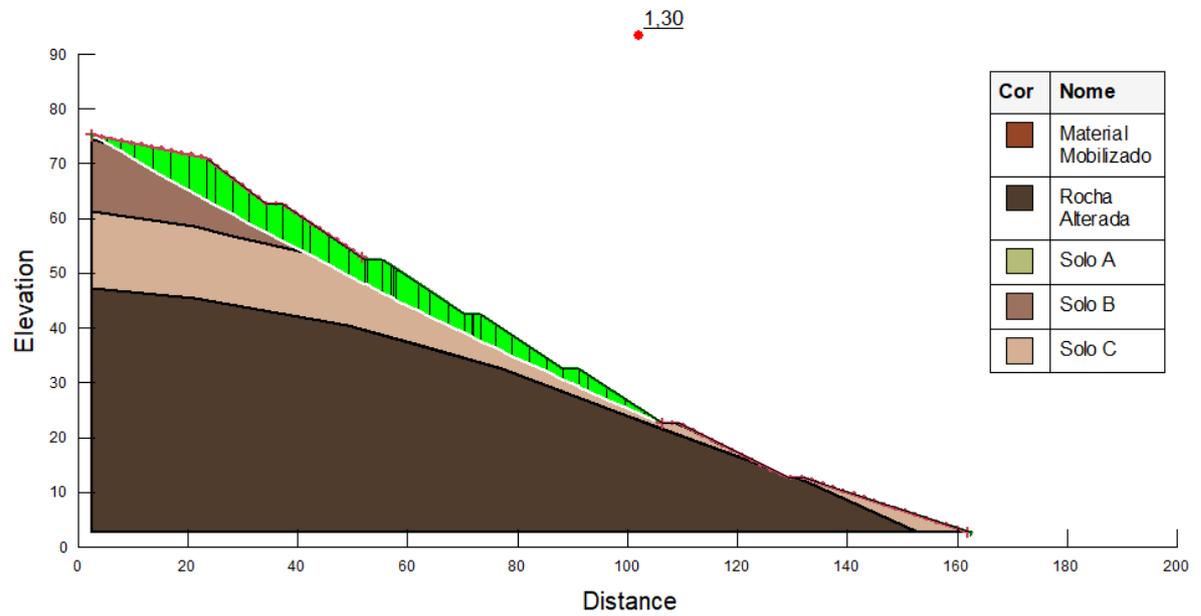


Figura 5.12 – Análise de estabilidade da segunda proposta de retaludamento por Morgenstern e Price

Fonte: Próprio autor (2022)

5.2.3. Terceira proposta de retaludamento

Por fim, na terceira proposta buscou-se um perfil com inclinação mais suave na proporção 1V2H. Conforme Figura 5.13, essa solução proporciona a remoção de grande quantidade de terra.

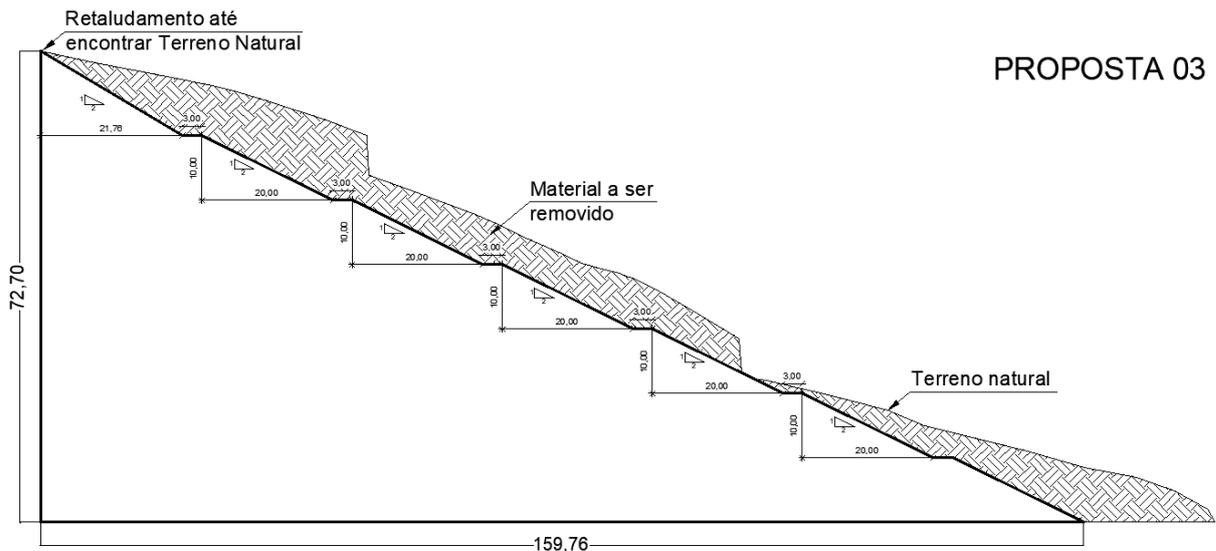


Figura 5.13 – Perfil da terceira proposta de retaludamento

Fonte: Próprio autor (2022)

A análise de estabilidade do perfil revelou uma superfície de ruptura com um fator de segurança de 1,40 pelo método de Fellenius e 1,42 pelo método de Mongester Price, como ilustrado nas Figuras 5.14 e 5.15. Esses resultados indicam que o retaludamento proposto é adequado para garantir a estabilidade do talude, uma vez que atingiu o fator de segurança mínimo de 1,4 recomendado pela norma. Portanto, este perfil foi adotado para a elaboração do projeto básico de recuperação da encosta. Essa decisão é baseada na confiança de que o perfil proposto oferece uma solução segura e eficaz para a estabilização da encosta, levando em consideração os resultados positivos obtidos na análise de estabilidade.

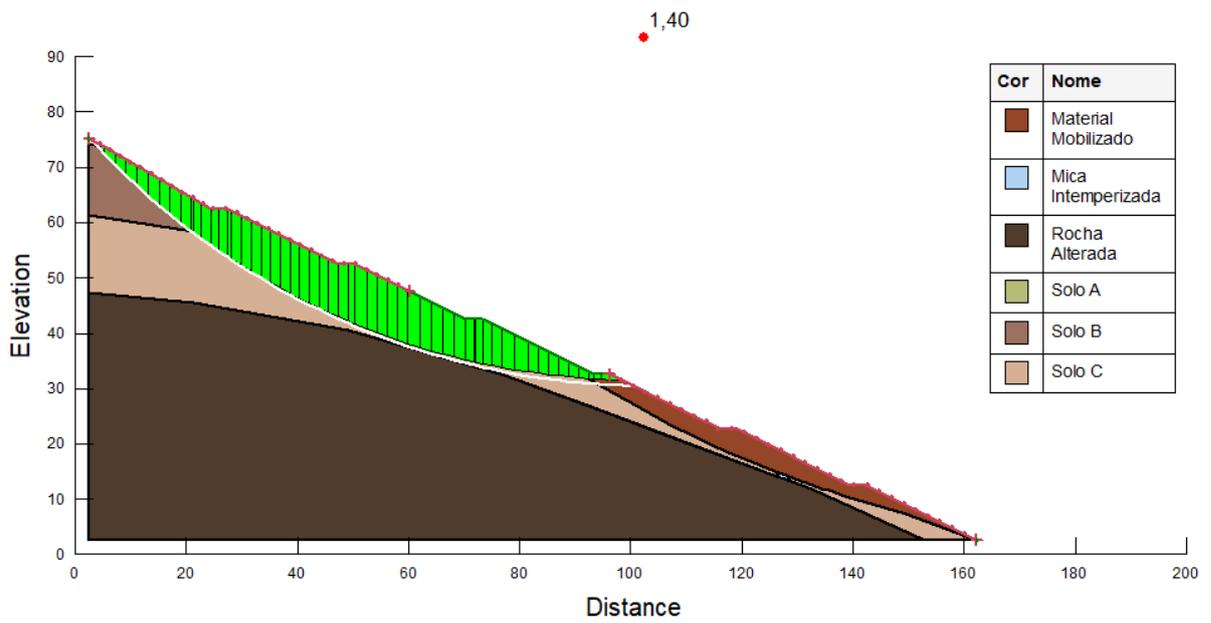


Figura 5.14 – Análise de estabilidade da terceira proposta de retaludamento por Fellenius

Fonte: Próprio autor (2022)

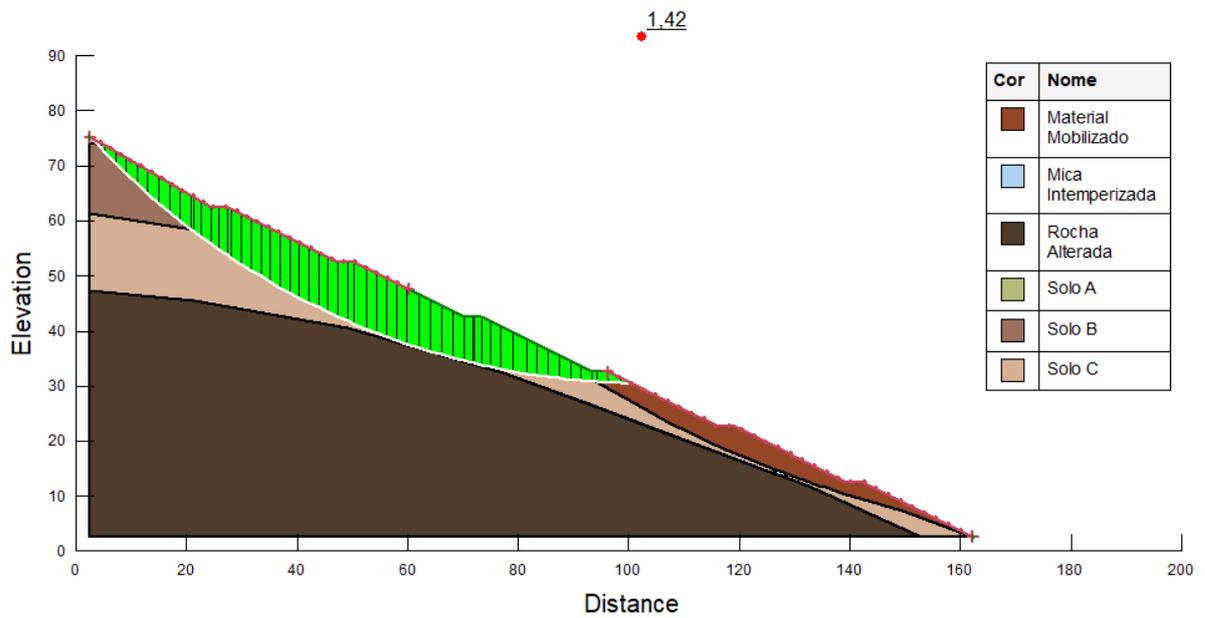


Figura 5.15 – Análise de estabilidade da segunda proposta de retaludamento por Morgenstern e Price

Fonte: Próprio autor (2022)

5.3. Concepção do projeto básico

5.3.1. Terraplenagem

O planejamento da terraplenagem para a execução do retaludamento da encosta, foi determinante na definição da quantidade de terra a ser movimentada, na configuração dos taludes de corte e aterro, bem como na determinação das cotas necessárias para a execução das bernas.

A fase inicial da terraplenagem, consiste em realizar uma preparação adequada do terreno, que envolve a remoção das camadas de vegetação e do solo superficial instável. Em seguida, é realizada uma escavação controlada para modelar o talude conforme o projeto desenvolvido com base nos resultados obtidos na análise de estabilidade.

Durante esse processo, o material é removido do topo da encosta e redistribuído ao longo do talude, com o objetivo de criar uma superfície mais estável. Para realizar essas operações, são empregados equipamentos especializados, como escavadeiras e retroescavadeiras. Nesse contexto, a movimentação de terra projetada refere-se exclusivamente ao volume de corte do terreno, destinado ao bota-fora de solos, seguindo as diretrizes ambientais e de segurança. É essencial contratar uma empresa licenciada para o descarte dos solos, garantindo que o processo seja realizado de forma segura e em conformidade com a legislação.

O cálculo do volume de terra necessário para a terraplenagem foi realizado utilizando uma modelagem tridimensional do terreno, fundamentada nos perfis longitudinais do talude. Os volumes de terra a serem movimentados nesta etapa estão indicados na Tabela 5.2. Para o volume de bota fora, considerou-se um aumento de 30% no volume de corte devido ao empolamento do solo.

Tabela 5.2 – Volumes de movimentação de terra

Volume de corte	128. 634,52 m ³
Volume de aterro	222,27 m ³
Volume de bota fora	167224,52 m ³

Fonte: Próprio autor (2023)

A nova configuração do talude é mostrada na Figura 5.16, com três seções transversais para visualização do corte, representadas nas figuras 5.17, 5.18 e 5.19. O projeto detalhado de retaludamento está disponível no Apêndice D deste estudo.

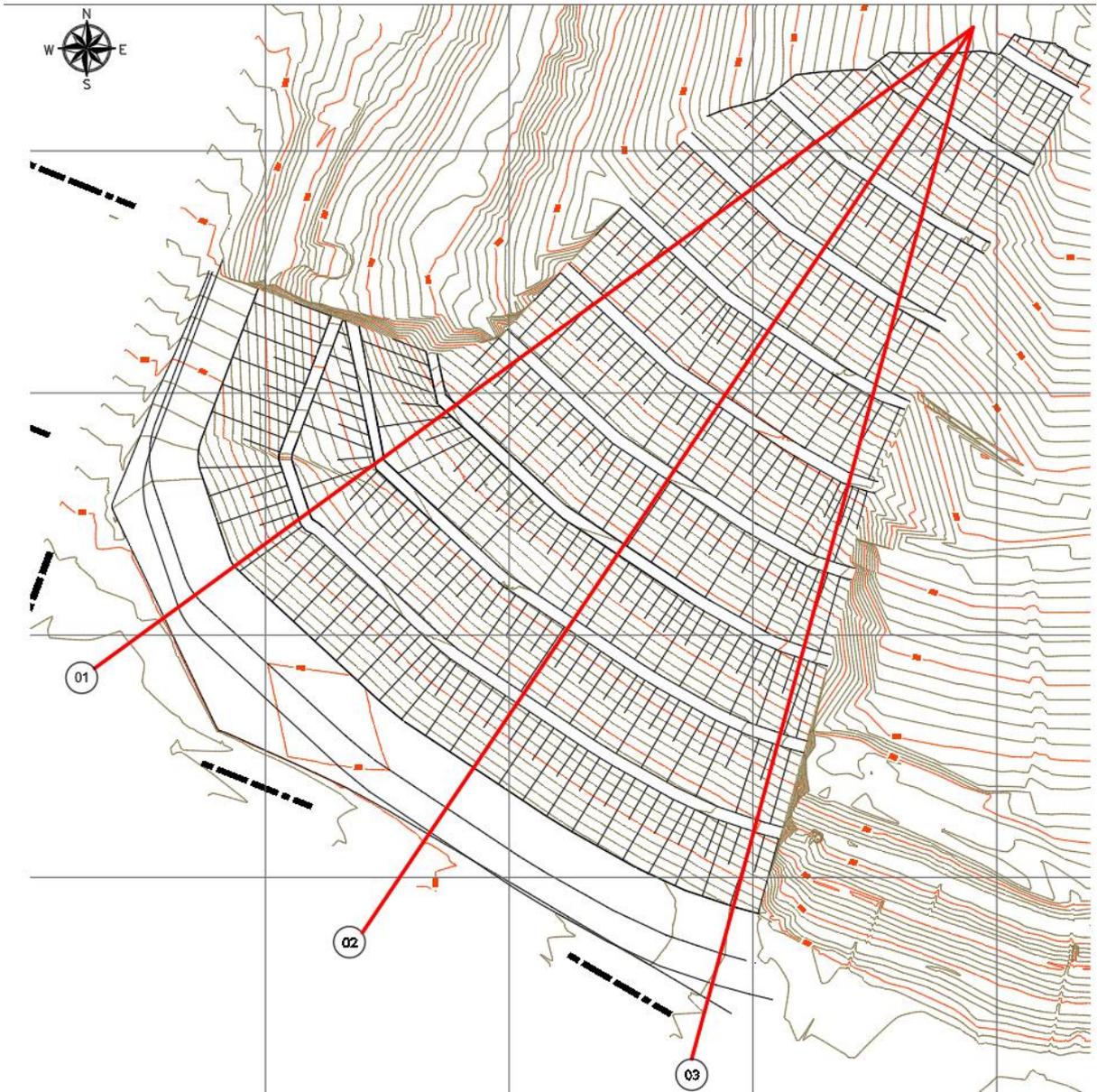


Figura 5.16 – Nova topografia do talude

Fonte: Próprio autor (2023)

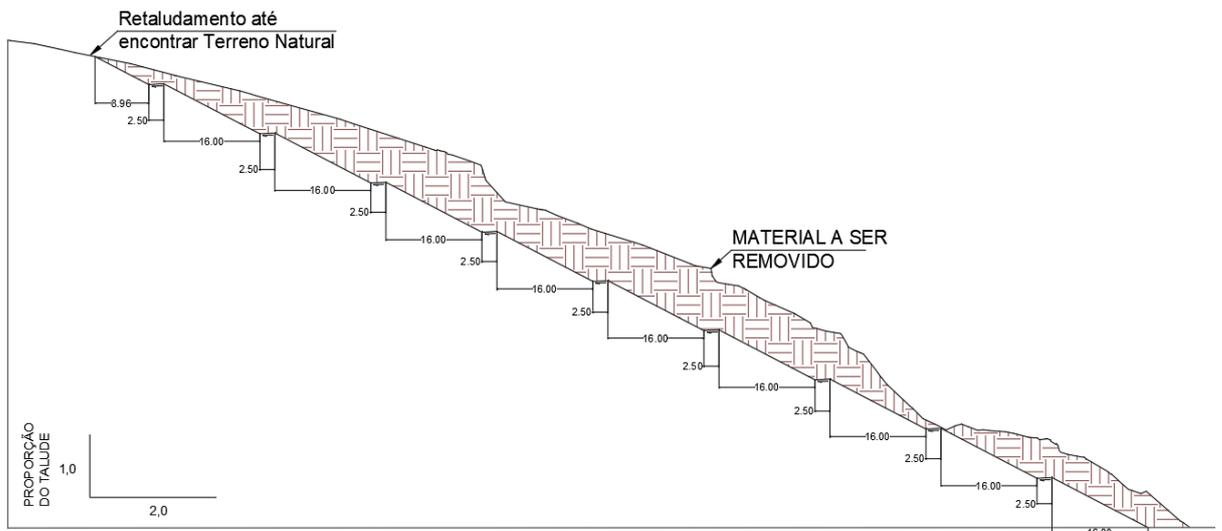


Figura 5.17 – Corte transversal 01

Fonte: Próprio autor (2023)

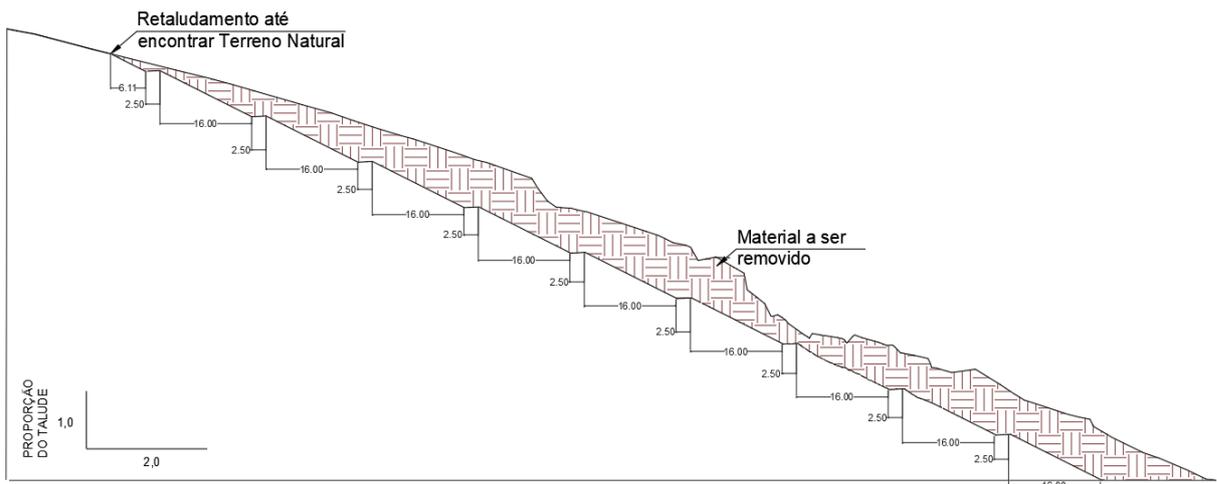


Figura 5.18 – Corte transversal 02

Fonte: Próprio autor (2023)

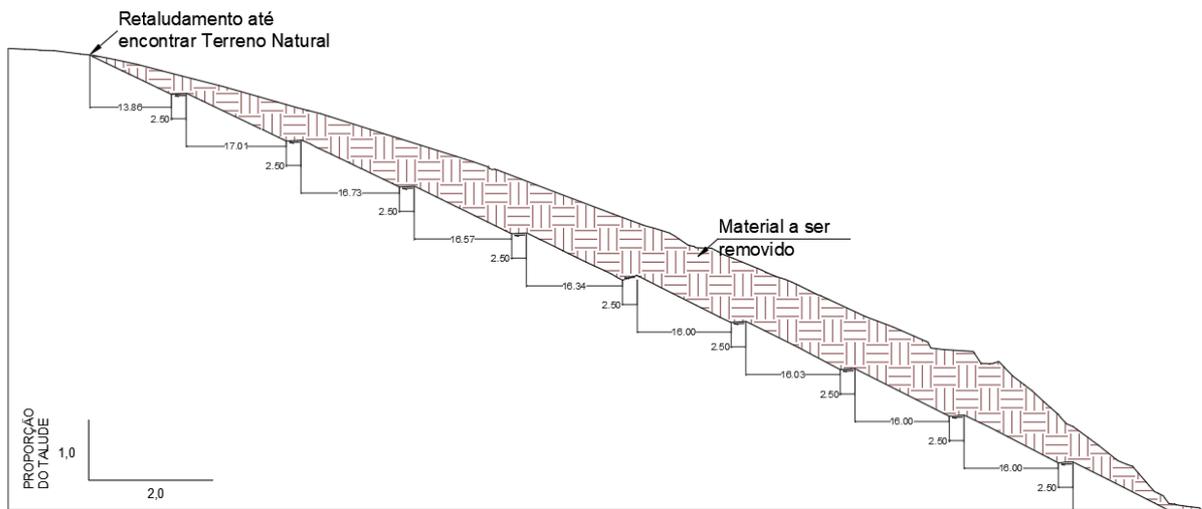


Figura 5.19 – Corte transversal 03

Fonte: Próprio autor (2023)

5.3.2. Proteção superficial

O talude será protegido superficialmente através do plantio de grama esmeralda em placas. Além de proporcionar um visual agradável, a grama desempenha um papel fundamental na gestão da água da chuva, ajudando a reduzir o escoamento superficial e, conseqüentemente, minimizando os riscos de erosão e deslizamentos. Para assegurar o êxito do plantio, é imprescindível realizar uma preparação cuidadosa do solo, incluindo a correção de nutrientes e a adição de matéria orgânica. Essas medidas garantem um enraizamento saudável e um crescimento robusto da grama, reforçando a estabilidade do talude e fortalecendo sua função de proteção superficial. Para cobrir completamente a área retaludada, serão necessários 18.188,70 m² de grama esmeralda.

5.3.3. Sistema de drenagem pluvial

O projeto do sistema de drenagem foi desenvolvido considerando as características específicas da precipitação local, estimando a intensidade de chuva por meio da equação de intensidade, duração e frequência (IDF). Após a aplicação dessa equação, determinou-se uma intensidade de chuva de 131,36 mm/h. Utilizando a equação racional, realizou-se o cálculo da chuva de projeto, dividindo a bacia em microbacias para contribuição em cada dispositivo

disposto no talude. Em seguida, foi verificado se os dispositivos selecionados suportavam a vazão de projeto, bem como foi avaliada a velocidade de escoamento. A planilha com os cálculos de verificação das canaletas apresenta-se no Apêndice C.

Para a seleção dos dispositivos de drenagem, o presente estudo adotou os padrões estabelecidos pelo DER-SP como referência, visando não somente facilitar a implantação, mas também otimizar o levantamento dos quantitativos envolvidos. Nas análises realizadas, foi decidido empregar canaletas do tipo 3A-1 na crista do talude, canaletas do tipo 3B-1 nas bermas e canaletas do tipo 3C-1 no pé do talude. Além disso, para promover o escoamento vertical das águas superficiais, foram adotadas escadas hidráulicas de degraus. No final dessas escadas, foi projetada uma caixa de passagem do tipo CX-3 e tubos de PEAD, com diâmetro especificado de 800 mm, para conduzir as águas até o sistema de drenagem existente.

O projeto do sistema de drenagem de águas pluviais, contendo informações sobre a disposição, dimensões e características dos dispositivos, está detalhado no Apêndice D. A quantidade de dispositivos está apresentada na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Quantitativo de dispositivos de drenagem

Itens	Quant.	Unidade
Canaleta Padrão DER-SP Tipo DR -3A-1	46	m
Canaleta Padrão DER-SP Tipo DR -3B-1	196	m
Canaleta Padrão DER-SP Tipo DR -3C-1	822	m
Caixa Coletora Tipo CX-3	1	un
Descida D'água Tipo Escada	186	m
Tubo PEAD DN 800	80	m

Fonte: Próprio autor (2023)

Para avaliar a eficácia da escada hidráulica escolhida, utilizamos o software SisCCoH, conforme descrito na metodologia. Os resultados indicam que a escada opera no regime de escoamento Nappe Flow, com uma vazão máxima de 0,835 m³/s, superando a vazão de projeto calculada pelo método racional, que é de 0,29 m³/s. Além disso, verificou-se que a velocidade do escoamento é de 2,60 m/s, abaixo do limite máximo de 4,5 m/s. Também analisamos a altura da parede e a eficiência de dissipação de energia, como mostrado na Tabela 5.4.

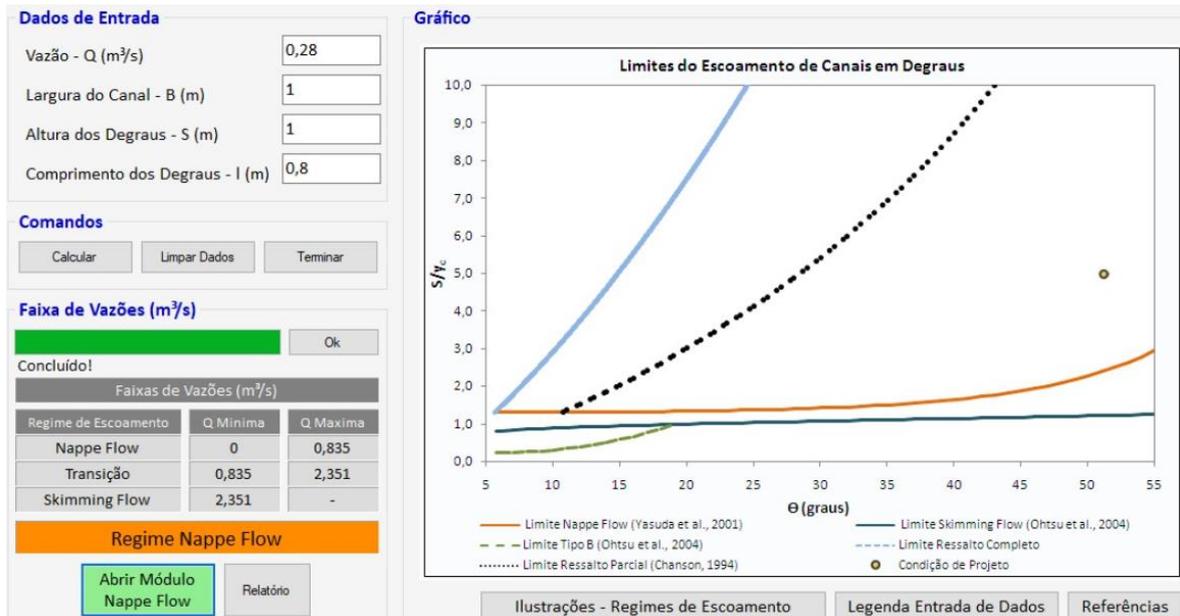


Figura 5.20 – Determinação do regime de escoamento

Fonte: SisCCoH (2023)

Tabela 5.4 – Quantitativo de dispositivos de drenagem

Dados de Entrada	
Vazão - Q (m ³ /s)	0,28
Largura do Canal - B (m)	1
Altura dos Degraus - S (m)	1
Comprimento dos Degraus - l (m)	0,8
Desnível do Trecho - Hd (m)	8
Número de Degraus	20
Resultados	
Parâmetros Hidráulicos	
Ângulo com a Horizontal (graus)	51,34
Vazão (m ³ /s.m)	0,28
Profundidade Crítica (m)	0,2
Número de Queda	0,008
Dados para Dimensionamento	
Comprimento de Queda (m)	1.167
Comprimento do Ressalto (m)	2.604
Altura da Parede (m)	0,625
Energia Residual (m)	0,45
Energia Dissipada (m)	7,85
Energia Máxima (m)	8,3
Eficiência (%)	94,577
Profundidade Final do Escoamento (m)	0,108
Velocidade Final (m/s)	2.591
Froude Final	2.516

Fonte: SisCCoH (2023)

No final das escadas, uma caixa de passagem do tipo CX-3 foi instalada, juntamente com tubos de Polietileno de Alta Densidade (PEAD). A caixa de passagem adotada foi do modelo CX-3 padrão DER-SP, com a mesma largura da escada hidráulica. Para direcionar as águas pluviais até a rede de drenagem existente, todo o sistema foi projetado em PEAD de 800 mm, conforme dimensionamento apresentado na Tabela 5.5, de acordo com a vazão de projeto e a velocidade máxima de escoamento permitida.

Tabela 5.5 – Dimensionamento da galeria tubular

Extensão (m)	Contribuição (ha)		tc (min)	i (mm/h)	Vazão (m ³ /s)	Seção (m)	Decliv. (m/m)	Q disp. (m ³ /s)	Q proj (m ³ /s)	V (m/s)	y/D
	Parc.	Acum.									
27,00	0,00	2,44	10	131,36	0,445	0,80	0,024	2,67	0,167	3,98	0,27

Fonte: Próprio autor (2023)

5.3.4. Orçamento e cronograma

Após a concepção do projeto básico e o levantamento quantitativo dos materiais necessários para a execução da obra, procedeu-se à elaboração do orçamento e cronograma para sua realização. Para estimar os custos, foram utilizadas as planilhas de referência da SINAPI e SETOP. A obra foi dividida em etapas principais, e cada uma delas foi composta por diferentes serviços. A planilha completa com o custo de cada serviço que compõe o orçamento está disponível no Apêndice A. Os serviços que não estavam contemplados nas planilhas de referência foram montados por meio da criação de composições específicas, conforme detalhado no orçamento.

Além dos quantitativos dos serviços levantados, o orçamento também inclui os custos relacionados à administração da obra, montagem do canteiro de obras e laudo cautelar para as residências circunvizinhas do talude. O custo total para a elaboração do projeto de retaludamento é de R\$ 15.400.898,92.

O prazo estimado para a conclusão da obra é de seis meses, abrangendo todas as suas etapas. Utilizando os coeficientes de produtividade das planilhas de referência, foi possível estimar o custo e o tempo necessário para a realização de cada uma das etapas que compõem o projeto, conforme apresentado na Figura 5.6.

Tabela 5.6 – Cronograma físico-financeiro

Descrição	Valor (R\$)	MESES					
		1	2	3	4	5	6
1 ADMINISTRAÇÃO DE OBRAS	R\$ 293.500,14	10,00%	15,00%	15,00%	15,00%	20,00%	25,00%
2 SERVIÇOS PRELIMINARES	R\$ 376.603,15	100%					
3 TERRAPLENAGEM	R\$ 13.864.122,05	10,00%	15,00%	15,00%	15,00%	20,00%	20,00%
4 DRENAGEM	R\$ 241.096,30					40,00%	60,00%
5 PLANTIO DE GRAMA	R\$ 606.072,18				50,00%	50,00%	
6 LIMPEZA DE OBRA	R\$ 19.505,09	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	20,00%	20,00%
PROJETO BÁSICO PARA CONTENÇÃO DE ENCOSTA	R\$						15.400.898,92

Fonte: Próprio autor (2023)

5.4. Produto tecnológico

Conforme estipulado no Regulamento do Mestrado Profissional de Engenharia Hídrica, o trabalho proposto deve resultar em um dos Produtos Técnicos Tecnológicos (PTT) exigidos pela CAPES para a área de Engenharias I. O projeto elaborado resultou em um projeto básico de contenção de encosta, com os principais impactos detalhados na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Questionário sobre o produto tecnológico

Perguntas	Respostas
Qual a finalidade do produto tecnológico elaborado?	A finalidade desta pesquisa foi desenvolver um projeto básico de contenção de encosta, visando obter recursos financeiros do governo estadual por meio do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC).
Qual a abrangência (local, regional, nacional ou internacional) da aplicação do produto tecnológico elaborado?	A abrangência é local uma vez que os estudos foram realizados para uma área específica da cidade de Itajubá-MG, utilizando-se características próprias do local.
Descrever a(s) áreas implantadas pelo produto tecnológico elaborado.	O projeto trará benefícios para a sociedade e o poder público, contribuindo positivamente para a qualidade de vida e o meio ambiente.
Descrever os tipos de impacto do produto tecnológico elaborado.	O impacto esperado é recuperar a área degradada e contribuir para a implementação de um sistema de gestão de riscos de acidentes por movimentos de massa.
Descrever a replicidade do produto tecnológico elaborado	O impacto esperado é recuperar a área degradada e contribuir para a implementação de um sistema de gestão de riscos de acidentes por movimentos de massa.
Descrever os setores da sociedade que podem ser beneficiados por este produto.	O produto servirá como base para futuras pesquisas no setor educacional, contribuindo para a ampliação e desenvolvimento dos estudos sobre estabilidade de taludes no Brasil. Dado o risco iminente que essa área representa para a população, tanto o setor de administração pública quanto o social também serão beneficiados, uma vez que se tornam responsáveis pela intervenção na área degradada.

Fonte: Próprio autor (2024).

6. CONCLUSÃO

Ao realizar análise de estabilidade global do talude localizado no bairro Vila Isabel, observou-se que o maciço se encontra em iminência de ruptura, ou seja, o fator de segurança encontrado no mesmo não garante sua estabilidade e segurança conforme valores recomendados pelas normas técnicas. Fato este, que comprova a necessidade do planejamento de técnicas de estabilização do referido talude.

Observada a instabilidade do maciço, o presente trabalho se propôs a encontrar uma solução viável para a estabilização do talude, capaz de evitar ou minimizar uma nova ruptura, garantindo assim, a segurança da população que circunvizinha o talude em questão. Para a formulação da proposta de estabilização do talude, foram realizadas análises da estabilidade através de programa computacional, avaliando-se os valores de fator de segurança de diferentes propostas de retaludamento.

Após estudo de estabilidade, concluiu-se que o retaludamento na proporção 1:2 apresenta um fator de segurança de 1,40, satisfatório segundo os parâmetros estabelecidos pela NBR 11682 (ABNT, 2009), demonstrando assim sua eficácia na estabilização do talude. Com base nessa solução, foi elaborado um projeto básico de retaludamento, que incluem detalhes como terraplanagem, proteção superficial e um sistema de drenagem superficial eficiente.

Por fim, foi elaborado um orçamento e um cronograma de obra, estimados em R\$ 15.400.898,92 e prazo de execução de seis meses, respectivamente. Esse projeto básico serviu como base para a solicitação de verbas destinadas à recuperação da estabilidade do talude por meio do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) junto ao governo estadual. Esses recursos visam financiar a elaboração de um projeto executivo detalhado, com o objetivo de prevenir potenciais danos materiais e humanos nas áreas circundantes ao talude, fortalecendo assim a segurança e a qualidade de vida da comunidade.

REFERÊNCIAS

- ACHE TUDO E REGIÃO. **Geografia de Itajubá - MG**. Disponível em: <https://www.achetudoeregiao.com.br/mg/itajuba/geografia.htm>. Acesso em: 09 jun. 2023.
- ALHEIROS *et al.* **Manual de Ocupação dos Morros da Região Metropolitana do Recife**. Fundação de Desenvolvimento Municipal – FIDEM. Recife: Ensol, 2004. Disponível em: http://www2.condepefidem.pe.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=f4c9adca-a36a-46f9-b610-e56ef00da3ca&groupId=19941. Acesso em: 19 junho 2022.
- ALTA GEOTECNIA AMBIENTAL. **Relatório técnico final RT-141210-01-V01**: Elaboração de projeto executivo de estabilidade de encosta no bairro Vila Isabel, conforme contrato N° 089/2014. Rio de Janeiro, 10 dezembro 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11682**: estabilidade de encostas: apresentação. Rio de Janeiro, 2009.
- AUGUSTO FILHO, O. Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica. In: **Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas-COBRAE. Anais**. 1992. p. 721-733.
- BARROS. P. L. A. **Obras de contenção**: Manual técnico. Jundiaí: Macaferri do Brasil, 2017.
- CAPUTO, H. P. **Mecânica dos Solos e suas aplicações**: Fundamentos. 6. ed. São Paulo: LTC, 2008.
- CAPUTO, H. P.; CAPUTO, A. N. **Mecânica dos Solos e suas aplicações**: Mecânica das Rochas, Fundações e Obras de Terra. 7 ed. São Paulo: LTC, 2015.
- CARVALHO, P. A. S. **Manual de Geotecnia**: Taludes de rodovias: orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas. São Paulo: Departamento de Estradas e Rodagens do Estado de São Paulo, Instituto de Pesquisa Tecnológicas, 1991.
- CPRM – SERVIÇOS GEOLÓGICO DO BRASIL. **Relatório da avaliação geológica emergencial em Itajubá – MG**: Relatório de Visita Técnica. Rio de Janeiro, 2014.
- DNIT. **Manual de drenagem de Rodovias**. 2. ed. Rio de Janeiro. 2006. 333p.
- FERNANDES. M. M. **Mecânica dos solos**: Introdução à Engenharia Geotécnica. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
- FERREIRA, J. V. **Projeto de contenção de talude com cortina atirantada**. Monografia (Graduação) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solta, Ilha Solta, 2021. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/214551/ferreira_jv_tcc_ilha.pdf?sequence=4&isAllowed=y. Acesso em: 28 de junho e 2022.
- GARIANO, S. L; GUZZETTI, F. Landslides in a changing climate. **Earth-Science Reviews** GEOSTUDIO. Slope/W Slope stability analysis.. versão 9.1.1.16749. c2018.

GERSCOVICH, D. M. S. **Estabilidade de taludes**. 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

GERSCOVICH, D. M. S. **Estruturas de Contenção: Muros de Arrimo**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 48p. 2013. Disponível em: <http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf>. Acesso em: 21 de junho de 2022.

GOOGLE LLC. Google Earth PRO. versão. 7.3.3.7786. c2020.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, M.C. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. 2 ed. São Paulo: Editora Blucher, 1984.

HUNT. R. E. **Geotechnical engineering investigation handbook**. 2 ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 1984.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Suscetibilidade a deslizamentos do Brasil**: primeira aproximação / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro. 2019. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101684.pdf>. Acesso em: 21 abril 2022.

JABÔR, Marcos Augusto. **Drenagem de Rodovias**: Estudos hidrológicos e projeto de drenagem. [S.l.: s.n.], 2013. 178 p

JÚNIOR, J. B. **Estudo comparativo entre muros de arrimo de gabião e concreto armado**: dimensionamento e custo-benefício para solos arenosos. Monografia (Graduação) – Centro Universitário de João Pessoa - UNIPÊ, João Pessoa, 2019. Disponível em: <https://bdcc.unipe.edu.br/wp-content/uploads/2020/01/TCC-Muro-de-Arrimo-2.pdf>. Acesso em: 26 de junho e 2022.

KAZEEV, A; POSTOEV, G. Landslide investigations in Russia and the former USSR. **Natural hazards**, v. 88, n. 1, p. 81-101, 2017.

LINHARES, R. M. **Análise de estabilidade de talude rodoviário em solo residual**. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

MANFREDINI, B. C. O; SANTOS, S.P.G. **Análise de estabilidade de talude no bairro Vila Isabel**. Monografia (Graduação) - Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, Itajubá, 2021.

MARANGON, M. **Notas de aula: Tópicos em Geotecnia e Obras de terra**. UFJF, 2006.

MARCHETTI, O. **Muros de arrimo**. 2 ed. São Paulo: Editora Blucher, 2007.

MASSAD, F. **Obras de Terra: Curso Básico de Geotecnia**. 2ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras**. 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019. Orientador: Professor Dr. Alessandro Christopher Morales Kormann. 2009. 147 p.

QUEIROZ, R. C. **Geologia e Geotecnia Básica para Engenharia Civil**. São Carlos: RiMa Editora, 2016.

RAGHUVANSHI, T. K. Plane failure in rock slopes: A review on stability analysis techniques. **Journal of King Saud University – Science**. V. 31, p. 101-109. June 2017.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018364717304470#b0130>. Acesso em: 10 junho 2022.

RAMOS., C.L; BARROS, M.T.L.; PALOS, J.C.F., COORD. (1999) – Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município De São Paulo. Prefeitura do Município de São Paulo e Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – CTH, São Paulo

SOARES. F. L. **Muro de gravidade e flexão**. Nota de aula. Universidade Federal da Paraíba centro de Tecnologia departamento de Engenharia Civil. Paraíba, 2022. Disponível em: <https://xdocs.com.br/doc/8-muro-de-gravidade-e-flexao-jovreqpg79nv>. Acesso em: 22 junho 2022.

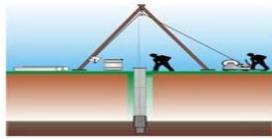
TONUS, Bianca Penteado de Almeida. Estabilidade de taludes: Avaliação dos métodos de equilíbrio limite aplicados a uma encosta coluvinar e residual da Serra do Mar Paranaense. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: ABRH – Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009. V. 162, p. 227-252. November 2016.

VARNES, D. J. Slope movement types and processes. **Special report**, v. 176, p. 11-33, 1978.

ANEXO A – RELATÓRIO DE SONDAGEM

RELATORIO		PERFIL INDIVIDUAL																
CLIENTE		PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJUBA																
E-MAIL		DAPSOLSEMUP@ITAJUBA.MG.GOV.BR																
CONTATO		ENG ANTONIO R RIBEIRO																
ENDEREÇO		RUA: CLEMENTE TEODORO DA SILVA																
BAIRRO		VILA ISABEL			CEP	37-500-000												
CIDADE		ITAJUBÁ			UF	MG												
DOCUMENTO REFERENCIA		PASTA 4445			DATA	12/09/2014												
FURO N°	SP1	COTA DO TERRENO			TER NATURAL	INICIO	26/09/2014											
NIVEL DE AGUA INICIAL		NH	NIVEL DE AGUA FINAL			NH	TERMINO											
							26/09/2014											
AMOSTRAS Nº	PROF CAMADA	NIVEL D'AGUA	PENETRAÇÃO: (GOLPES/30 CM)													DIAMETRO REVESTIMENTO = 63,30 MM		
			----- 1ª E 2ª CAMADAS													AMOSTRADOR INTERNO= 34,90 MM		
			2ª E 3ª CAMADAS													AMOSTRADOR EXTERNO =50,80 MM		
			GOLPES \ 15 CM				GRAFICO									PESO= 65 KG , ALTURA DE QUEDA = 75 CM		
			1/15	2/15	3/15	SPT	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
1			7	11	15	26												argila silteosa vermelha rija a media
2			10	12	12	24												
3			6	7	8	15												
4	3,25		10	9	7	16												argila silteosa vermelha media com areia fina
5			5	5	6	11												
6			9	10	12	22												
7	6,40		8	12	14	26												alteracao de rocha
8			9	8	11	19												silte arenoso cinza variegado medianamente
9			12	10	10	20												compacto com areia grossa .
10			7	10	12	22												
11			15	16	16	32												
12			14	20	26	46												
13	13,00		50		50	50												
14																		paralizacao da sondagem
15																		imperetravel ao trepano
16																		rocha ou matacao
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27																		
28																		
29																		
30																		
PARALIZACAO DA CAMISA			6,00			TERMINO DO TRADO CONCHA			2,00									

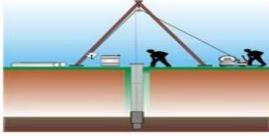


SONDA ESTACA LTDA
ESTAQUEAMENTO STRAUSS
 CNPJ = 17.226.878 /0001-42
 CREA Nº 5 6 5 6 9 -D- M G
 ESTRADA VEREADOR BENEDITO MACEDO 1250 AREA RURAL
 BAIRRO SANTA ROSA ITAJUBA MG CEP - 37-501-591
 FONE DITO = 035-9919-8924 FONE EDUARDO= 035-9976-8624
 RT JOSE ONOFRE PRINCE CORREA
 joseonofrecorrea@bol.com.br
 ENG CIVIL CREA 35.498-D-MG
 FONE VIVO = 035-9946-7111
 FONE TIM = 035- 9181-5842

RELATORIO				PERFIL INDIVIDUAL												
CLIENTE				PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJUBA												
E-MAIL				DAPSOLSEMUP@ITAJUBA.MG.GOV.BR												
CONTATO				ENG ANTONIO R RIBEIRO												
ENDEREÇO				RUA: CLEMENTE TEODORO DA SILVA												
BAIRRO				VILA ISABEL						CEP			37-500-000			
CIDADE				ITAJUBÁ						UF			MG			
DOCUMENTO REFERENCIA				PASTA 4445						DATA			12/09/2014			
FURO Nº		SP2		COTA DO TERRENO				TER NATURAL				INICIO		26/09/2014		
NIVEL DE AGUA INICIAL				NH		NIVEL DE AGUA FINAL				NH		TERMINO		26/09/2014		
AMOSTRAS Nº	PROF CAMADA	NIVEL DAGUA	PENETRAÇÃO: (GOLPES/30 CM)												DIAMETRO REVESTIMENTO = 63,30 MM	
			----- 1ª E 2ª CAMADAS												AMOSTRADOR INTERNO= 34,90 MM	
			2ª E 3ª CAMADAS												AMOSTRADOR EXTERNO =50,80 MM	
			GOLPES \ 15 CM				GRAFICO								PESO= 65 KG , ALTURA DE QUEDA = 75 CM	
			1/15	2/15	3/15	SPT	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
1			4\16	5\14	7	12										argila siltosa vermelha media
2			9	10	8	18										argila siltosa vermelha media com areia fina
3			7	8	6	14										
4	3,18		5	6	7	13										alteração de rocha
5			5	6	8	14										
6			3	7	9	16										silte arenoso cinza variegado medianamente compacto com areia grossa
7	6,11		10	10	12	22										
8			9	12	18	30										paralização da sondagem impenetravel ao trapano rocha ou matacao
9			14	25	30	55										
10	10,00		5\0			50										
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																
29																
30																
PARALIZACAO DA CAMISA				6,00		TERMINO DO TRADO CONCHA				2,00						

RELATORIO		PERFIL INDIVIDUAL																		
CLIENTE		PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJUBA																		
E-MAIL		DAPSOLSEMUP@ITAJUBA.MG.GOV.BR																		
CONTATO		ENG ANTONIO R RIBEIRO																		
ENDEREÇO		RUA: CLEMENTE TEODORO DA SILVA																		
BAIRRO		VILA ISABEL	CEP	37-500-000																
CIDADE		ITAJUBÁ	UF	MG																
DOCUMENTO REFERENCIA		PASTA 4445		DATA	12/09/2014															
FURO Nº	SP3	COTA DO TERRENO	TER NATURAL	INICIO	24/09/2014															
NIVEL DE AGUA INICIAL		NH	NIVEL DE AGUA FINAL	NH	TERMINO															
					25/09/2014															
AMOSTRAS Nº	PROF. CAMADA	NIVEL DAGUA	PENETRAÇÃO: (GOLPES/30 CM)												DIAMETRO REVESTIMENTO = 63,30 MM					
			----- 1ª E 2ª CAMADAS												AMOSTRADOR INTERNO= 34,90 MM					
			----- 2ª E 3ª CAMADAS												AMOSTRADOR EXTERNO =50,80 MM					
			GOLPES \ 15 CM				GRAFICO								PESO= 65 KG , ALTURA DE QUEDA = 75 CM					
			1/15	2/15	3/15	SPT	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL		
			1	6	7	10	17												argila siltosa vermelha media a rija	
			2	5	6	9	15													
			3	2,17	3,13	4	7													argila siltosa vermelha media com areia grossa
			4	3,15	4	5	6	11												
			5		2	4	7	11												alteracao de rocha
6	5,40	5	8	11	19												silte arenoso cinza variegado ,medianamente compacto com areia grossa			
7		5	6	9	15															
8		6	7	8	15															
9		5	6	8	14															
10		6	9	9	18															
11		5	7	7	14															
12		8	9	10	19															
13		7	8	9	17															
14		9	10	11	21															
15		8	13	14	27															
16		9	10	10	20															
17		8	8	12	20															
18		12	14	16	30															
19		18	22	20	42															
20	20,00	5\0			50															
21																		paralizacao da sondagem		
22																		impenetravel ao trapano		
23																		rocha ou matacao		
24																				
25																				
26																				
27																				
28																				
29																				
30																				
PARALIZACAO DA CAMISA				10,00												TERMINO DO TRADO CONCHA		2,00		

RELATORIO		PERFIL INDIVIDUAL																	
CLIENTE		PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJUBA																	
E-MAIL		DAPSOLSEMUP@ITAJUBA.MG.GOV.BR																	
CONTATO		ENG ANTONIO R RIBEIRO																	
ENDEREÇO		RUA: CLEMENTE TEODORO DA SILVA																	
BAIRRO		VILA ISABEL					CEP		37-500-000										
CIDADE		ITAJUBÁ					UF		MG										
DOCUMENTO REFERENCIA		PASTA 4445					DATA		12/09/2014										
FURO Nº	SP4	COTA DO TERRENO					TER NATURAL					INICIO	22/10/2014						
NIVEL DE AGUA INICIAL		NH		NIVEL DE AGUA FINAL					NH		TERMINO	22/10/2014							
AMOSTRAS Nº	PROF. CAMADA	NIVEL D'AGUA	PENETRAÇÃO: (GOLPES/30 CM)										DIAMETRO REVESTIMENTO = 63,30 MM						
			----- 1ª E 2ª CAMADAS										AMOSTRADOR INTERNO= 34,90 MM						
			----- 2ª E 3ª CAMADAS										AMOSTRADOR EXTERNO =50,80 MM						
			GOLPES \ 15 CM				GRAFICO						PESO= 65 KG , ALTURA DE QUEDA = 75 CM						
			1/15	2/15	3/15	SPT	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	
1			4	4	8	12												argila siltosa vermelha rija	
2			2	3	4	7												alteracao de rocha	
3			4	4	5	9												silte arenoso cinza variegado medianamente	
4	3,70		3	2	2	4												compacto com areia grossa	
5			4	5	5	10													
6			6\16	8\14	10	18													
7			5	6	6	12													
8			6	7	9	16													
9			5	6	6	12													
10			6\16	5\14	7	12													
11			12	16	27	43													
12	12,00		5\0			50													
13																		paralizacao da sondagem	
14																		imperetravel ao trepano	
15																		rocha ou matacao	
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
PARALIZACAO DA CAMISA																	TERMINO DO TRADO CONCHA		



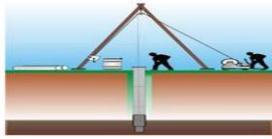
**SONDA ESTACA LTDA
ESTAQUEAMENTO STRAUSS**

CNPJ = 17.226.878 /0001-42
 CREA Nº 5 6 5 6 9 -D- M G
 ESTRADA VEREADOR BENEDITO MACEDO 1250 AREA RURAL
 BAIRRO SANTA ROSA ITAJUBA MG CEP - 37-501-591
 FONE DITO = 035-9919-8924 FONE EDUARDO= 035-9976-8624
 RT JOSE ONOFRE PRINCE CORREA
 joseonofrecorrea@bol.com.br
 ENG CIVIL CREA 35.498-D-MG
 FONE VIVO = 035-9846-7141
 FONE TIM = 035-9181-5842

RELATORIO		PERFIL INDIVIDUAL																		
CLIENTE		PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJUBA																		
E-MAIL		DAPSOLSEMUP@ITAJUBA.MG.GOV.BR																		
CONTATO		ENG ANTONIO R RIBEIRO																		
ENDEREÇO		RUA: CLEMENTE TEODORO DA SILVA																		
BAIRRO		VILA ISABEL					CEP		37-500-000											
CIDADE		ITAJUBÁ					UF		MG											
DOCUMENTO REFERENCIA		PASTA 4445					DATA		12/09/2014											
FURO Nº	SP5	COTA DO TERRENO					TER NATURAL													
NIVEL DE AGUA INICIAL		NH		NIVEL DE AGUA FINAL					NH		TERMINO	24/09/2014								
AMOSTRAS Nº	PROF CAMADA	NIVEL DAGUA	PENETRAÇÃO: (GOLPES/30 CM)										DIAMETRO REVESTIMENTO = 63,30 MM							
			----- 1ª E 2ª CAMADAS										AMOSTRADOR INTERNO= 34,90 MM							
			----- 2ª E 3ª CAMADAS										AMOSTRADOR EXTERNO =50,80 MM							
			GOLPES \ 15 CM				GRAFICO						PESO= 65 KG , ALTURA DE QUEDA = 75 CM							
			1/15	2/15	3/15	SPT	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL		
1			6\16	9\14	14	23													argila siltosa vermelha rija a media	
2			2	5	6	11														
3			5	5	7	12														
4			4	6	6	12														
5			6	7	8	15														
6			5\16	9\14	13	22														
7			5	7	9	16														
8			6\16	10\14	3	23														
9			6	7	8	15														
10	9,15		7	8	9	17													alteracao de rocha	
11			5	9	10	19													silte arenoso cinza variegado medianamente	
12			6	11	15	26													compacto com areia grossa	
13			10	12	13	25														
14			30	30	25	55														
15			25	30	30	60														
16	16,00		5\0			50														
17																			paralizacao da sondagem	
18																			impenetravel ao trapano	
19																			rocha ou matacao	
20																				
21																				
22																				
23																				
24																				
25																				
26																				
27																				
28																				
29																				
30																				
PARALIZACAO DA CAMISA				8,00														TERMINO DO TRADO CONCHA		2,00

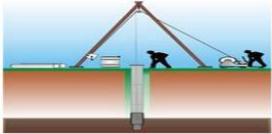
RELATORIO		PERFIL INDIVIDUAL																	
CLIENTE		PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJUBA																	
E-MAIL		DAPSOLSEMUP@ITAJUBA.MG.GOV.BR																	
CONTATO		ENG ANTONIO R RIBEIRO																	
ENDEREÇO		RUA: CLEMENTE TEODORO DA SILVA																	
BAIRRO		VILA ISABEL					CEP		37-500-000										
CIDADE		ITAJUBÁ					UF		MG										
DOCUMENTO REFERENCIA		PASTA 4445					DATA		12/09/2014										
FURO Nº	SP6	COTA DO TERRENO					TER NATURAL					INICIO	11-09-20124						
NIVEL DE AGUA INICIAL		NH	NIVEL DE AGUA FINAL					1,30	TERMINO	11/09/2014									
AMOSTRAS Nº	PROF. CAMADA	NIVEL D'AGUA	PENETRAÇÃO: (GOLPES/30 CM)										DIAMETRO REVESTIMENTO = 63,30 MM						
			----- 1ª E 2ª CAMADAS										AMOSTRADOR INTERNO= 34,90 MM						
			----- 2ª E 3ª CAMADAS										AMOSTRADOR EXTERNO =50,80 MM						
			GOLPES \ 15 CM				GRAFICO						PESO= 65 KG , ALTURA DE QUEDA = 75 CM						
			1/15	2/15	3/15	SPT	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	
1			5\17	7\13	10	17													argila siltosa vermelha rija
2		F=1,30	5	4	6	10													
3	2,68		2	5	7	12													alteração de rocha
4			3	3	3	6													silte arenoso cinza variegado pouco compacta
5			5	4	4	8													a compacto com areia grossa e nodulos de
6			2\17	4\13	6	10													pedregulho
7			5	6	6	12													
8			6	7	8	15													
9			18	20	29	49													
10	10,00		5\0			50													
11																			Paralização da sondagem
12																			impenetravel ao trapano
13																			rocha ou malacão
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
PARALIZACAO DA CAMISA			5,00				TERMINO DO TRADO CONCHA										2,00		

RELATORIO		PERFIL INDIVIDUAL																			
CLIENTE		PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJUBA																			
E-MAIL		DAPSOLSEMUP@ITAJUBA.MG.GOV.BR																			
CONTATO		ENG ANTONIO R RIBEIRO																			
ENDEREÇO		RUA: CLEMENTE TEODORO DA SILVA																			
BAIRRO		VILA ISABEL					CEP		37-500-000												
CIDADE		ITAJUBÁ					UF		MG												
DOCUMENTO REFERENCIA		PASTA 4445					DATA		12/09/2014												
FURO Nº	SP7	COTA DO TERRENO			TER NATURAL			INICIO	11/09/2014												
NIVEL DE AGUA INICIAL		NH		NIVEL DE AGUA FINAL			4,10	TERMINO	12/09/2014												
AMOSTRAS Nº	PROF CAMADA	NIVEL DAGUA	PENETRAÇÃO: (GOLPES/30 CM)										DIAMETRO REVESTIMENTO = 63,30 MM								
			----- 1ª E 2ª CAMADAS										AMOSTRADOR INTERNO= 34,90 MM								
			----- 2ª E 3ª CAMADAS										AMOSTRADOR EXTERNO =50,80 MM								
			GOLPES \ 15 CM					GRAFICO					PESO= 65 KG , ALTURA DE QUEDA = 75 CM								
			1/15	2/15	3/15	SPT	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL			
1			5	8	8	16												argila siltosa vermelha rija			
2			5	5	6	11												argila siltosa vermelha rija com areia grossa			
3	2,38		4\16	6\14	8	14												alteracao de rocha			
4	3,96		5	6	7	13												silte arenoso cinza variegado medianamente			
5		f=4,10	6	7	8	15												compacto com areia grossa , e nodulos de pedregulho			
6			4	8\16	8	16															
7			6	6	7	13															
8			6\16	9\14	10	19															
9			9	11	10	21															
10			14	10	10	20															
11			18	22	30	52															
12	12,00		5\0			50															
13																		paralizacao da sondagem			
14																		imperetravel ao trepado			
15																		rocha ou matacao			
16																					
17																					
18																					
19																					
20																					
21																					
22																					
23																					
24																					
25																					
26																					
27																					
28																					
29																					
30																					
PARALIZACAO DA CAMISA						6,00												TERMINO DO TRADO CONCHA		2,00	



SONDA ESTACA L.T.D.A
ESTAQUEAMENTO STRAUSS
 CNPJ = 17.226.878 /0001-42
 CREA Nº 5 6 5 6 9 -D- M G
 ESTRADA VEREADOR BENEDITO MACEDO 1250 AREA RURAL
 BARRIO SANTA ROSA ITAJUBA MG CEP = 37-501-591
 FONE DITO = 035-9919-8924 FONE EDUARDO= 035-9976-8624
 RT JOSE ONOFRE PRINCE CORREA
 joseonofrecorrea@bol.com.br
 ENG CIVIL CREA 35.498-D-MG
 FONE VIVO = 035-9846-7141
 FONE TIM = 035- 9181-5842

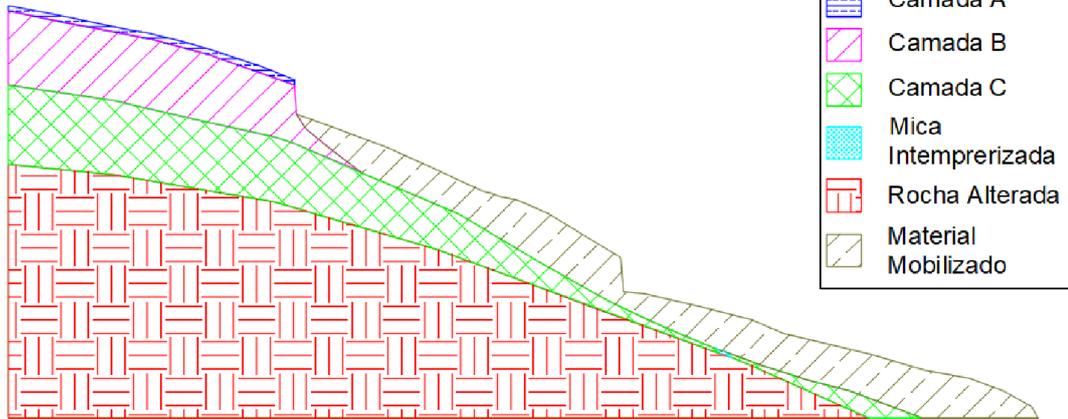
RELATORIO				PERFIL INDIVIDUAL														
CLIENTE				PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJUBA														
E-MAIL				DAPSOLSEMUP@ITAJUBA.MG.GOV.BR														
CONTATO				ENG ANTONIO R RIBEIRO														
ENDEREÇO				RUA: CLEMENTE TEODORO DA SILVA														
BAIRRO				VILA ISABEL						CEP			37-500-000					
CIDADE				ITAJUBÁ						UF			MG					
DOCUMENTO REFERENCIA				PASTA 4445						DATA			12/09/2014					
FURO Nº		SP8		COTA DO TERRENO						TER NATURAL								
NIVEL DE AGUA INICIAL				NH			NIVEL DE AGUA FINAL			NH			TERMINO					
													12/09/2014					
AMOSTRAS Nº	PROF CAMADA	NIVEL DAGUA	PENETRAÇÃO: (GOLPES/30 CM)												DIAMETRO REVESTIMENTO = 63,30 MM			
			----- 1ª E 2ª CAMADAS												AMOSTRADOR INTERNO= 34,90 MM			
			2ª E 3ª CAMADAS												AMOSTRADOR EXTERNO=50,80 MM			
			GOLPES \ 15 CM				GRAFICO								PESO= 65 KG , ALTURA DE QUEDA = 75 CM			
			1/15	2/15	3/15	SPT	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
1			3\16	5\14	8	13										argila siltosa vermelha media com areia grossa		
2			6	6	7	13										alteracao de rocha		
3	3,12		16	18	25	43										silte arenoso cinza variegado compacto com areia grossa		
4			12	14	20	34										grossa		
5	5,00		5\0			50										paralizacao da sondagem		
6																impenetravel ao preparo		
7																rocha ou matacao		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27																		
28																		
29																		
30																		
PARALIZACAO DA CAMISA				3,00									TERMINO DO TRADO CONCHA			2,00		

		SONDA ESTACA LTDA ESTAQUEAMENTO STRAUSS CNPI = 17.226.878 /0001-42 CREA Nº 5 6 5 6 9 -D- M G ESTRADA VEREADOR BENEDITO MACEDO 1250 AREA RURAL BARRIO SANTA ROSA ITAJUBA -MG CEP = 37-501-591 FONE DITO = 035-9919-8924 FONE EDUARDO= 035-9976-8624 RT JOSE ONOFRE PRINCE CORREA joseonofrecorrea@bol.com.br ENG CIVIL CREA 35.498-D-MG FONE VIVO = 035-9845-7141 FONE TIM = 035- 9181-5842																	
		RELATORIO PERFIL INDIVIDUAL																	
CLIENTE		PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJUBA																	
E-MAIL		DAPSOLSEMUP@ITAJUBA.MG.GOV.BR																	
CONTATO		ENG ANTONIO R RIBEIRO																	
ENDEREÇO		RUA: CLEMENTE TEODORO DA SILVA																	
BAIRRO		VILA ISABEL				CEP		37-500-000											
CIDADE		ITAJUBÁ				UF		MG											
DOCUMENTO REFERENCIA		PASTA 4445				DATA		12/09/2014											
FURO Nº	SP9	COTA DO TERRENO			TER NATURAL			INICIO	12/09/2014										
NIVEL DE AGUA INICIAL		NH	NIVEL DE AGUA FINAL			3,00		TERMINO	12/09/2014										
AMOSTRAS Nº	PROF CAMADA	NIVEL DAGUA	PENETRAÇÃO: (GOLPES/30 CM)										DIAMETRO REVESTIMENTO = 63,30 MM						
			----- 1ª E 2ª CAMADAS										AMOSTRADOR INTERNO= 34,90 MM						
			----- 2ª E 3ª CAMADAS										AMOSTRADOR EXTERNO= 50,80 MM						
			GOLPES \ 15 CM					GRAFICO					PESO= 65 KG , ALTURA DE QUEDA = 75 CM						
			1/15	2/15	3/15	SPT	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	
1			3\17	5\13	8	13												alteracao de rocha	
2			6	7	7	14												silte arenoso cinza variegado compacto com areia grossa	
3			11	15	18	33													
4			18	25	30	55													
5	5,00		5\0			50													
6																		paralizacao da sondagem	
7																		imperetravel ao preparo	
8																		rocha ou matacao	
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
PARALIZACAO DA CAMISA		3,00			TERMINO DO TRADO CONCHA		2,00												

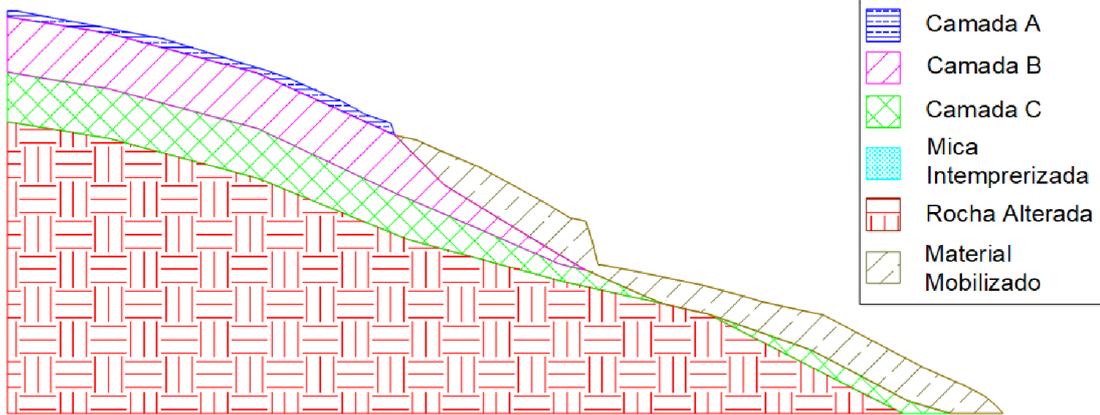
Fonte: Alta Geotecnia Ambiental (2014)

ANEXO B – ESTRATIGRAFIA DOS EIXOS DE ESTUDO

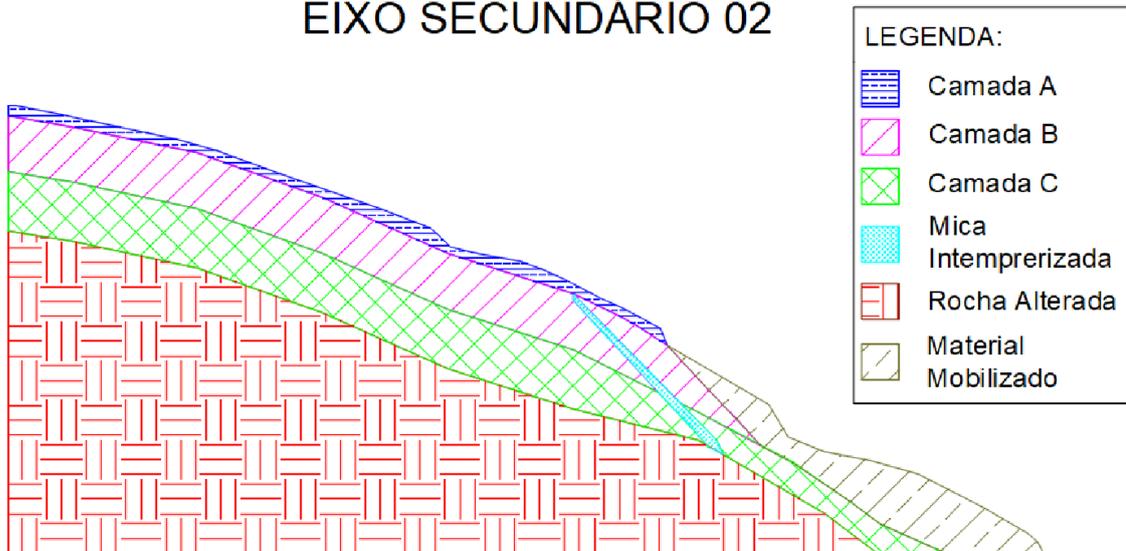
EIXO PRINCIPAL



EIXO SECUNDÁRIO 01



EIXO SECUNDÁRIO 02



Fonte: Manfredini; Santos (2021)

APÊNDICE A – MEMORIAL DE CÁLCULO DO ORÇAMENTO DO PROJETO BÁSICO DE RETALUDAMENTO

Item	Fonte	Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo unitário (sem BDI) (R\$)	Custo unitário (com BDI) (R\$)	Preço Total (R\$)
PROJETO BÁSICO PARA CONTENÇÃO DE ENCOSTA NO BAIRRO VILA ISABEL								R\$ 15.400.898,92
1. ADMINISTRAÇÃO DE OBRAS								R\$ 293.500,14
1.1	SINAP	93568	ENGENHEIRO CIVIL DE OBRA SENIOR COM ENCARGOS COMPLEMENTÁRES	MÊS	6,00	22.334,99	28.360,97	170165,82
1.2	SINAP	100321	TÉCNICO EM SEGURANÇA DO TRABALHO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MÊS	6,00	6.688,71	8.493,32	50959,92
1.3	SINAP	88326	VIGIA NOTURNO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	2520,00	22,62	28,72	72374,4
2. SERVIÇOS PRELIMINARES								R\$ 376.603,15
2.1 LAUDO CAUTELAR								R\$ 39.182,00
2.1.1	CPU	CPU-001	LAUDO CAUTELAR - RESIDENCIAS UNIFAMILIARES	UN	10,00	3.085,68	3918,20	39182
2.2 CANTEIRO DE OBRAS								R\$ 10.150,66
2.2.1	SETOP	ED-16358	LIGAÇÕES PROVISÓRIAS PARA CONTAINER TIPO 3 (CORRESPONDENTE AO CÓDIGO ED-16350)	UM	1,00	296,2	376,11	376,11
2.2.2	SETOP	ED-50137	MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO DE CONTAINER, INCLUSIVE CARGA, DESCARGA E TRANSPORTE EM CAMINHÃO CARROCERIA COM GUINDAUTO (MUNCK), EXCLUSIVE LOCAÇÃO DO CONTAINER	UN	1,00	1524,82	1936,22	1936,22
2.2.3	SETOP	ED-50151	LIGAÇÃO PROVISÓRIA COM ENTRADA DE ENERGIA AÉREA, PADRÃO CEMIG, CARGA INSTALADA DE 15,1KVA ATÉ 30KVA, TRIFÁSICO, COM SAÍDA SUBTERRÂNEA, INCLUSIVE POSTE, CAIXA PARA MEDIDOR, DISJUNTOR, BARRAMENTO, ATERRAMENTO E ACESSÓRIOS	UN	1,00	1154,49	1465,97	1465,97
2.2.4	SETOP	ED-50155	LOCAÇÃO DE BANHEIRO QUÍMICO, DIMENSÃO (110X120X230) CM. LINHA PADRÃO, CONTENDO UMA (1) PIA/HIGIENIZADOR DE MÃOS, INCLUSIVE MANUTENÇÃO E MOBILIZAÇÃO/DESMOBILIZAÇÃO	MÊS	6,00	836,4	1062,06	6372,36

2.2.5	SETOP	ED-28428	FORNECIMENTO E COLOCAÇÃO DE PLACA DE OBRA EM CHAPA GALVANIZADA #26, ESP. 0,45MM, DIMENSÃO (4X3)M, PLOTADA COM ADESIVO VINÍLICO, AFIXADA COM REBITES 4,8X40MM, EM ESTRUTURA METÁLICA DE METALON 20X20MM, ESP. 1,25MM, INCLUSIVE SUPORTE EM EUCALIPTO AUTOCLAVADO PINTADO COM TINTA PVA DUAS (2) DEMÃOS	UN	1	3645,72	4629,34	4629,34
2.3			LIMPEZAS E DEMOLIÇÃO					R\$ 327.270,49
2.3.1	SINAP	98525	LIMPEZA MECANIZADA DE CAMADA VEGETAL, VEGETAÇÃO E PEQUENAS ÁRVORES (DIÂMETRO DE TRONCO MENOR QUE 0,20 M), COM TRATOR DE ESTEIRAS.AF_05/2018	M²	21600,41	0,39	0,50	10800,21
2.3.2	SINAP	98528	CORTE RASO E RECORTE DE ÁRVORE COM DIÂMETRO DE TRONCOMAIOR OU IGUAL A 0,20 M E MENOR QUE 0,40 M.AF_05/2018	UN	10	60,89	77,32	773,20
2.3.3	SINAP	98526	REMOÇÃO DE RAÍZES REMANESCENTES DE TRONCO DE ÁRVORE COM DIÂMETRO MAIOR OU IGUAL A 0,20 M E MENOR QUE 0,40 M.AF_05/2018	UN	10	85,43	108,48	1084,80
2.3.4	SINAP	100982	CARGA, MANOBRA E DESCARGA DE ENTULHO EM CAMINHÃO BASCULANTE 10 M3 - CARGA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBA DE 0,80 M3 / 111 HP) E DESCARGA LIVRE (UNIDADE: M3). AF_07/2020	M³	4235,49	8,9	11,3	47861,04
2.3.5	SINAP	95875	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M3, EM VIA URBANA PAVIMENTADA, DMT ATÉ 30 KM (UNIDADE: M³XKM). AF_07/2020	M³XKM	84709,83	2,41	3,06	259212,08
2.3.6	SINAP	100574	ESPALHAMENTO DE MATERIAL COM TRATOR DE ESTEIRAS. AF_11/2019	M³	4235,49	1,4	1,78	7539,17
3			TERRAPLENAGEM					R\$ 13.864.122,05
3.1			ESCAVAÇÃO					R\$ 13.826.410,06
3.1.1	SINAP	101266	ESCAVAÇÃO VERTICAL PARA INFRAESTRUTURA, COM CARGA, DESCARGA E TRANSPORTE DE SOLO DE 1a CATEGORIA, COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBA: 0,8 M3 / 111HP), FROTA DE 3 CAMINHÕES BASCULANTES DE 10 M3, DMT ATÉ 1 KM E VELOCIDADE MÉDIA14 KM/H. AF_05/2020	M³	128634,52	11,22	14,25	1833041,91
3.1.2	SINAP	100978	CARGA, MANOBRA E DESCARGA DE SOLOS E MATERIAIS GRANULARES EM CAMINHÃO BASCULANTE 10 M3 - CARGA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBA DE 1,20 M3 / 155 HP) E DESCARGA LIVRE (UNIDADE: M3). AF_07/2020	M³	167224,88	6,88	8,74	1461545,451

3.1.3	SINAP	95875	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M3, EM VIA URBANA PAVIMENTADA, DMT ATÉ 30 KM (UNIDADE: M3XKM). AF_07/2020	M³XKM	3344497,5	2,41	3,06	10234162,41
3.1.4	SINAP	100574	ESPALHAMENTO DE MATERIAL COM TRATOR DE ESTEIRAS. AF_11/2019	M³	167224,88	1,4	1,78	297660,2864
3.2			ATERRO					R\$ 37.711,99
3.2.1	SINAP	96385	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE ATERRO COM SOLO PREDOMINANTEMENTE ARGILOSO - EXCLUSIVE SOLO, ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE. AF_11/2019	M³	222,27	11,47	14,56	3236,2512
3.2.2	SINAP	6077	ARGILA OU BARRO PARA ATERRO/REATERRO (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	M³	246,97	36,51	46,36	11449,5292
3.2.3	SINAP	100978	CARGA, MANOBRA E DESCARGA DE SOLOS E MATERIAIS GRANULARESEM CAMINHÃO BASCULANTE 10 M3 - CARGA COM ESCAVADEIRAHIDRÁULICA (CAÇAMBA DE 1,20 M3 / 155 HP) E DESCARGA LIVRE(UNIDADE: M3). AF_07/2020	M³	321,06	6,88	8,74	2806,0644
3.2.4	SINAP	95875	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M3, EM VIA URBANA PAVIMENTADA, DMT ATÉ 30 KM (UNIDADE: M3XKM). AF_07/2020	M³XKM	6421,13	2,41	3,06	19648,6578
3.2.5	SINAP	100574	ESPALHAMENTO DE MATERIAL COM TRATOR DE ESTEIRAS. AF_11/2019	M³	321,06	1,4	1,78	571,4868
4			SISTEMA DE DRENAGEM					R\$ 241.096,30
4.1			ESCORAMENTO					R\$ 37.082,88
4.1.1	SETOP	ED-29712	ESCORAMENTO DE VALA CONTÍNUO, COM PRANCHAS VERTICAIS, LONGARINAS E ESTRONCAS DE MADEIRA, REAPROVEITAMENTO (3X), EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO	M²	288	101,4	128,76	37082,88
4.2			MOVIMENTAÇÃO DE TERRA					R\$ 40.202,18
4.2.2	SINAP	102276	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROF. ATÉ 1,5 M (MÉDIA MONTANTE E JUSANTE/UMA COMPOSIÇÃO POR TRECHO), ESCAVADEIRA (0,8 M3), LARG. MENOR QUE 1,5 M, EM SOLO DE 1A CATEGORIA, EM LOCAIS COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA. AF_02/2021	M³	216	12,85	16,32	3525,12
4.2.3	SINAP	90084	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROF. MAIOR QUE 1,5 M ATÉ 3,0 M (MÉDIA MONTANTE E JUSANTE/UMA COMPOSIÇÃO POR TRECHO), ESCAVADEIRA (0,8 M3), LARGURA ATÉ 1,5 M, EM SOLO DE 1A CATEGORIA, EM LOCAIS COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA. AF_02/2021	M³	43,2	11,07	14,06	607,39
4.2.4	SINAP	104728	REATERRO MECANIZADO DE VALA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAPACIDADE DA CAÇAMBA: 0,8 M³/POTÊNCIA:	M³	93,12	19,23	24,42	2273,9904

			111 HP), LARGURA DE 1,5 A 2,5 M, PROFUNDIDADE ATÉ 1,5 M, COM SOLO (SEM SUBSTITUIÇÃO) DE 1ª CATEGORIA, COM PLACA VIBRATÓRIA. AF_08/2023						
4.2.5	SINAP	100978	CARGA, MANOBRA E DESCARGA DE SOLOS E MATERIAIS GRANULARES EM CAMINHÃO BASCULANTE 10 M3 - CARGA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBA DE 1,20 M3 / 155 HP) E DESCARGA LIVRE (UNIDADE: M3). AF_07/2020	M³	122,88	6,88	8,74	1073,9712	
4.2.6	SINAP	95875	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M3, EM VIA URBANA PAVIMENTADA, DMT ATÉ 30 KM (UNIDADE: M³XKM). AF_07/2020	M³XKM	10639,2	2,41	3,06	32555,952	
4.2.7	SINAP	100574	ESPALHAMENTO DE MATERIAL COM TRATOR DE ESTEIRAS. AF_11/2019	M³	93,12	1,4	1,78	165,7536	
4.3			RECOMPOSIÇÃO DE VALA					R\$ 15.254,30	
4.3.1	SINAP	96620	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM PISOS, LAJES SOBRE SOLO OU RADIERS. AF_08/2017	M³	16,80	595,51	756,18	12703,82	
4.3.2	SETOP	ED-49813	LASTRO DE BRITA COM PEDRA BRITADA NÚMERO 2 E 3, INCLUSIVE ADENSAMENTO E APOIAMENTO MANUAL	M³	7,20	175,7	223,10	1606,32	
4.3.3	SINAP	100978	CARGA, MANOBRA E DESCARGA DE SOLOS E MATERIAIS GRANULARES EM CAMINHÃO BASCULANTE 10 M3 - CARGA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBA DE 1,20 M3 / 155 HP) E DESCARGA LIVRE (UNIDADE: M3). AF_07/2020	M³	24,00	6,88	8,74	209,76	
4.3.4	SINAP	95875	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M3, EM VIA URBANA PAVIMENTADA, DMT ATÉ 30 KM (UNIDADE: M³XKM). AF_07/2020	M³XKM	240,00	2,41	3,06	734,4	
4.4			DISPOSITIVOS DE DRENAGEM					R\$ 148.556,94	
4.4.1	CPU	CPU-004	CANALETA PADRÃO DER-SP TIPO DR-3A-1	M	46	128,71	163,44	7518,24	
4.4.2	CPU	CPU-005	CANALETA PADRÃO DER-SP TIPO DR-3B-1	M	196	77,52	98,43	19292,28	
4.4.3	CPU	CPU-006	CANALETA PADRÃO DER-SP TIPO DR-3C-1	M	822	116,64	148,11	121746,42	
4.4.4	CPU	CPU-007	DESCIDA D'ÁGUA TIPO ESCADA PADRÃO DER-SP TIPO DR-13A	M	186	2756,95	3500,78	651145,08	
4.4.5	CPU	CPU-003	CAIXA DE PASSAGEM TIPO CX 3	UN	1	5141,3	6625,08	6625,08	
4.4.6	SINAP	94875	TUBO DE PEAD CORRUGADO DE DUPLA PAREDE PARA REDE COLETORA DE ESGOTO, DN 800 MM, JUNTA ELÁSTICA INTEGRADA - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_01/2021	M	27	1297,14	1647,11	44471,97	
5			PLANTIO DE GRAMA					R\$ 606.072,18	
5.1	SINAP	103946	PLANTIO DE GRAMA ESMERALDA OU SÃO CARLOS OU CURITIBANA, EMPLACAS. AF_05/2022	M²	18188,7	16,31	20,71	376687,977	
5.2	SINAP	98520	APLICAÇÃO DE ADUBO EM SOLO. AF_05/2018	M²	18188,7	6,39	8,11	147510,357	

5.3	SINAP	98521	APLICAÇÃO DE CALCÁRIO PARA CORREÇÃO DO PH DO SOLO. AF_05/2018	M ²	18188,7	0,32	0,41	7457,367
5.4	SINAP	100978	CARGA, MANOBRA E DESCARGA DE SOLOS E MATERIAIS GRANULARES EM CAMINHÃO BASCULANTE 10 M3 - CARGA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBA DE 1,20 M3 / 155 HP) E DESCARGA LIVRE (UNIDADE: M3). AF_07/2020	M ³	1891,62	6,88	8,74	16532,7588
5.5	SINAP	95875	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M3, EM VIA URBANA PAVIMENTADA, DMT ATÉ 30 KM (UNIDADE: M3XKM). AF_07/2020	M ³ XKM	18916,25	2,41	3,06	57883,725
6	LIMPEZA DA OBRA							R\$ 19.505,09
6.1	SETOP	ED-50270	LIMPEZA PERMANENTE DA OBRA - 01 SERVENTE X 4 HORAS DIÁRIAS	MÊS	6	1954,7	2482,08	14892,48
6.2	SINAP	100978	CARGA, MANOBRA E DESCARGA DE SOLOS E MATERIAIS GRANULARES EM CAMINHÃO BASCULANTE 10 M3 - CARGA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBA DE 1,20 M3 / 155 HP) E DESCARGA LIVRE (UNIDADE: M3). AF_07/2020	M ³	105,6	8,9	11,3	1193,28
6.3	SINAP	95875	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M3, EM VIA URBANA PAVIMENTADA, DMT ATÉ 30 KM (UNIDADE: M3XKM). AF_07/2020	M ³ XKM	1056	2,41	3,06	3231,36
6.4	SINAP	100574	ESPALHAMENTO DE MATERIAL COM TRATOR DE ESTEIRAS. AF_11/2019	M ³	105,6	1,4	1,78	187,968

APÊNDICE B – MEMORIAL DE COMPOSIÇÃO DE SERVIÇOS

Fonte	Código	Descrição	Unidade	Coefic.	Custo Unit. Desonerado
CPU	CPU-001	LAUDO CAUTELAR - RESIDENCIAS UNIFAMILIARES	U		3.085,68
SINAP	90778	ENGENHEIRO CIVIL DE OBRA PLENO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	24	101,89
SINAP	90775	DESENHISTA PROJETISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	26	40,02
CPU	CPU-002	LOCAÇÃO DE OBRA	U		505,25
SINAP	90781	TOPOGRAFO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1	39,55
SINAP	88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1	24,07
SINAP	20206	SARRAFO APARELHADO *2 X 10* CM, EM MACARANDUBA/MASSARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO	M	12	13,47
SINAP	4491	PONTALETE *7,5 X 7,5* CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA	M	30	8,68
SINAP	5073	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 17 X 24 (2 1/4 X 11)	KG	1	19,59
CPU	CPU-003	CAIXA DE PASSAGEM TIPO CX 3	U		5.141,30
SINAP	94965	CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_05/2021	M³	0,95	493,84
SINAP	92264	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA PILARES E ESTRUTURAS SIMILARES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, E = 18 MM. AF_09/2020	M³	6,22	200,98
SINAP	94962	CONCRETO MAGRO PARA LASTRO, TRAÇO 1:4,5:4,5 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_05/2021	M³	0,36	388,8
SINAP	89993	GRAUTEAMENTO VERTICAL EM ALVENARIA ESTRUTURAL. AF_09/2021	M³	0,48	978,61
SETOP	ED-48199	ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCO DE CONCRETO, ESP. 19CM, (FBK 4,5MPA), PARA REVESTIMENTO, INCLUSIVE ARGAMASSA PARA ASSENTAMENTO	M²	8,36	86,15

SETOP	ED-50760	REBOCO COM ARGAMASSA, TRAÇO 1:2:9 (CIMENTO, CAL E AREIA), COM ADITIVO IMPERMEABILIZANTE, ESP. 20MM, APLICAÇÃO MANUAL, INCLUSIVE ARGAMASSA COM PREPARO MECANIZADO, EXCLUSIVE CHAPISCO	M ²	7,6	47,99
CPU	CPU-009	CIMBRAMENTO - ESCORAMENTO DE FORMAS, COM MADEIRA 3A QUALIDADE, NÃO APARELHADA, APROVEITANDO TÁBUAS MX E PRUMOS 4X	M ³	0,96	28,57
SETOP	5073	CORTE, DOBRA E MONTAGEM DE AÇO CA-50/60, INCLUSIVE ESPAÇADOR	KG	119,8	11,53
CPU	CPU-008	TAMPA EM GRELHA DE CONCRETO	U	1	318,74
CPU CPU-004 CANALETA PADRÃO DER-SP TIPO DR-3A-1 M 128,71					
SINAP	93358	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA COM PROFUNDIDADE MENOR OU IGUAL A 1,30 M. AF_02/2021	M ³	0,4	70,29
SINAP	96385	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE ATERRO COM SOLO PREDOMINANTEMENTE ARGILOSO - EXCLUSIVE SOLO, ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE. AF_11/2019	M ³	0,4	11,47
SETOP	ED-51094	APILOAMENTO MECANIZADO EM FUNDO DE VALA COM PLACA VIBRATÓRIA, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO	M ²	1,84	11,46
SINAP	103946	PLANTIO DE GRAMA ESMERALDA OU SÃO CARLOS OU CURITIBANA, EM PLACAS. AF_05/2022	M ²	3	16,31
SINAP	98520	APLICAÇÃO DE ADUBO EM SOLO. AF_05/2018	M ²	3	6,39
SINAP	98521	APLICAÇÃO DE CALCÁRIO PARA CORREÇÃO DO PH DO SOLO. AF_05/2018	M ²	3	0,32
SINAP	100978	CARGA, MANOBRA E DESCARGA DE SOLOS E MATERIAIS GRANULARES EM CAMINHÃO BASCULANTE 10 M ³ - CARGA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBA DE 1,20 M ³ / 155 HP) E DESCARGA LIVRE (UNIDADE: M3). AF_07/2020	M ³	0,31	6,88
SINAP	95875	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M ³ , EM VIA URBANA PAVIMENTADA, DMT ATÉ 30 KM (UNIDADE: M3XKM). AF_07/2020	M ³ xKM	1,56	2,41
CPU CPU-005 CANALETA PADRÃO DER-SP TIPO DR-3B-1 M 77,52					
SINAP	93358	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA COM PROFUNDIDADE MENOR OU IGUAL A 1,30 M. AF_02/2021	M ³	0,153	70,29
SINAP	96385	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE ATERRO COM SOLO PREDOMINANTEMENTE ARGILOSO - EXCLUSIVE SOLO, ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE. AF_11/2019	M ³	0,153	11,47
SETOP	ED-51094	APILOAMENTO MECANIZADO EM FUNDO DE VALA COM PLACA VIBRATÓRIA, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO	M ²	1	11,46

SETOP	ED-49619	FORNECIMENTO DE CONCRETO ESTRUTURAL, PREPARADO EM OBRA, COM FCK 25MPA, INCLUSIVE LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO	M³	0,073	733,79
CPU	CPU-006	CANALETA PADRÃO DER-SP TIPO DR-3C-1	M		116,64
SINAP	93358	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA COM PROFUNDIDADE MENOR OU IGUAL A 1,30 M. AF_02/2021	M³	0,153	70,29
SINAP	96385	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE ATERRO COM SOLO PREDOMINANTEMENTE ARGILOSO - EXCLUSIVE SOLO, ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE. AF_11/2019	M³	0,153	11,47
SETOP	ED-51094	APILOAMENTO MECANIZADO EM FUNDO DE VALA COM PLACA VIBRATÓRIA, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO	M²	1	11,46
SETOP	ED-49619	FORNECIMENTO DE CONCRETO ESTRUTURAL, PREPARADO EM OBRA, COM FCK 25MPA, INCLUSIVE LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO	M³	0,073	733,79
SINAP	7155	TELA DE AÇO SOLDADA NERVURADA, CA-60, Q-138, (2,20 KG/M2), DIAMETRO DO FIO = 4,2 MM, LARGURA = 2,45 M, ESPACAMENTO DA MALHA = 10 X 10 CM	M²	0,86	20,3
SETOP	ED-48298	CORTE, DOBRA E MONTAGEM DE AÇO CA-50/60, INCLUSIVE ESPAÇADOR	KG	1,88	11,53
CPU	CPU-007	DESCIDA D'ÁGUA TIPO ESCADA PADRÃO DER-SP TIPO DR-13A	M		2.756,95
SETOP	ED-49619	FORNECIMENTO DE CONCRETO ESTRUTURAL, PREPARADO EM OBRA, COM FCK 25MPA, INCLUSIVE LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO	M³	0,71	733,79
SETOP	ED-48298	CORTE, DOBRA E MONTAGEM DE AÇO CA-50/60, INCLUSIVE ESPAÇADOR	KG	74	11,53
SINAP	92264	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA PILARES E ESTRUTURAS SIMILARES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, E = 18 MM. AF_09/2020	M²	6,88	200,98
CPU	CPU-008	TAMPA EM GRELHA DE CONCRETO	U		318,74
SETOP	ED-49619	FORNECIMENTO DE CONCRETO ESTRUTURAL, PREPARADO EM OBRA, COM FCK 25MPA, INCLUSIVE LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO	M³	0,144	733,79
SETOP	ED-49644	FÔRMA E DESFORMA DE COMPENSADO RESINADO, ESP. 10MM, REAPROVEITAMENTO (3X), EXCLUSIVE ESCORAMENTO	M²	1,44	55,74
SETOP	ED-48298	CORTE, DOBRA E MONTAGEM DE AÇO CA-50/60, INCLUSIVE ESPAÇADOR	KG	11,52	11,53

CPU	CPU-009	CIMBRAMENTO - ESCORAMENTO DE FORMAS, COM MADEIRA 3A QUALIDADE, NÃO APARELHADA, APROVEITANDO TÁBUAS MX E PRUMOS 4X	M³		28,57
SINAP	88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,18525	24,07
SINAP	88316	SERVEnte COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,18525	17,77
SINAP	4448	VIGA *7,5 X 15 CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA	M	0,17875	23
SINAP	5075	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 18 X 30 (2 3/4 X 10)	KG	0,078	19,23
SINAP	6189	TABUA NAO APARELHADA *2,5 X 30* CM, EM MACARANDUBA/MASSARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA	M	0,377	40,42

APÊNDICE C – DIMENSIONAMENTO DAS CANALETAS

Tr (anos)	10,00
Tc (min)	10,00
n	0,01
C	0,50
g (m/s ²)	9,81

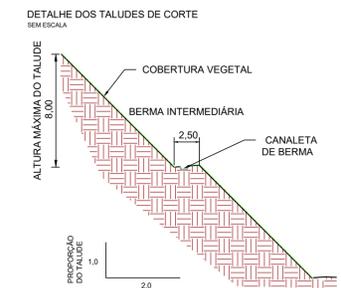
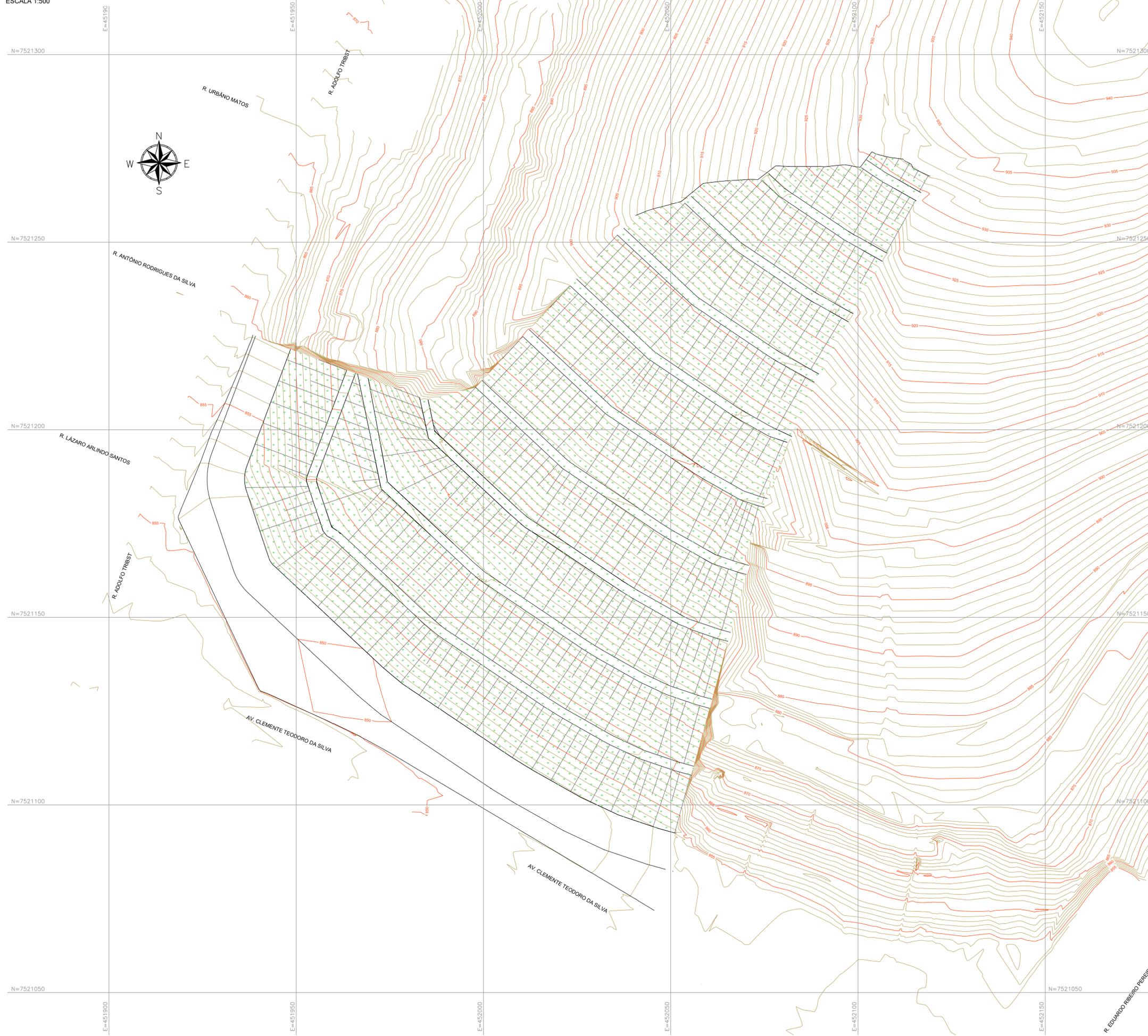
Parâmetro IDF Itajubá	
K	1192,985
a	0,171
b	11,302
c	0,85

Obs: (valor DNIT)		
V limite		
concreto	4,5	m/s

Trecho	Desnível (m)	Comprimento trecho (m)	Comprimento trecho (Km)	Área de contribuição local (m ²)	Área de contribuição local (Km ²)	tc (h)	tc (min)	i (mm/h)	Declividade (m/m)	Q _{projeto} (m ³ /s)	D _{estimado} (m)	Q _{Dispositivo} (m ³ /s)	Borda livre (m)	D _{adotado} (m)	V _{dispositivo} (m/s)	V _{saída} (m/s)
Canaleta 1																
T1	0,46	45,67	0,046	1758,58	0,0018	0,036	10	131,36	0,01	0,032	0,32	0,558	0,08	0,40	1,93	2,99
Canaleta 3																
T1	0,22	21,59	0,022	929,00	0,0009	0,020	10	131,36	0,01	0,017	0,16	0,104	0,04	0,20	1,74	2,06
T2	0,16	16,3	0,016	312,68	0,0003	0,016	10	131,36	0,01	0,006	0,16	0,104	0,04	0,20	1,74	1,79
Canaleta 4																
T1	0,36	35,7	0,036	847,68	0,0008	0,030	10	131,36	0,01	0,015	0,16	0,104	0,04	0,20	1,74	2,65
T2	0,18	17,6	0,018	452,78	0,0005	0,017	10	131,36	0,01	0,008	0,16	0,104	0,04	0,20	1,74	1,86
Canaleta 5																
T1	0,46	46,28	0,046	946,19	0,0009	0,037	10	131,36	0,01	0,017	0,16	0,104	0,04	0,20	1,74	3,01
T2	0,19	19,31	0,019	800,94	0,0008	0,019	10	131,36	0,01	0,015	0,16	0,104	0,04	0,20	1,74	1,95
Canaleta 6																
T1	0,51	50,87	0,051	1091,51	0,0011	0,040	10	131,36	0,01	0,020	0,16	0,104	0,04	0,20	1,74	3,16
T2	0,22	22,18	0,022	849,03	0,0008	0,021	10	131,36	0,01	0,016	0,16	0,104	0,04	0,20	1,74	2,09
Canaleta 7																
T1	0,53	52,67	0,053	1153,96	0,0012	0,041	10	131,36	0,01	0,021	0,16	0,104	0,04	0,20	1,74	3,21
T2	0,27	26,91	0,027	776,66	0,0008	0,024	10	131,36	0,01	0,014	0,16	0,104	0,04	0,20	1,74	2,30
Canaleta 8																
T1	0,27	26,87	0,027	778,7	0,0008	0,024	10	131,36	0,01	0,014	0,16	0,104	0,04	0,20	1,74	2,30
T2	0,61	61,48	0,061	1130,27	0,0011	0,046	10	131,36	0,01	0,021	0,16	0,104	0,04	0,20	1,74	3,47
Canaleta 8																
T1	0,35	34,62	0,035	699,67	0,0007	0,029	10	131,36	0,01	0,013	0,16	0,104	0,04	0,20	1,74	2,61
T2	0,71	71,01	0,071	1427,48	0,0014	0,051	10	131,36	0,01	0,026	0,16	0,104	0,04	0,20	1,74	3,73
Canaleta 9																
T1	0,52	52,41	0,052	998,17	0,0010	0,040	10	131,36	0,01	0,018	0,16	0,104	0,04	0,20	1,74	3,21

T2	0,79	79,45	0,079	1528,26	0,0015	0,056	10	131,36	0,01	0,028	0,16	0,104	0,04	0,20	1,74	3,95
Canaleta 10																
T1	0,72	72,41	0,072	1033,89	0,0010	0,052	10	131,36	0,01	0,019	0,16	0,104	0,04	0,20	1,74	3,77
T2	0,80	86,42	0,086	1834,5	0,0018	0,061	10	131,36	0,01	0,033	0,16	0,104	0,04	0,20	3,27	3,96
Canaleta 11																
T1	0,79	93,19	0,093	1717,5	0,0017	0,067	10	131,36	0,01	0,031	0,16	0,104	0,04	0,20	3,27	3,94
T2	0,82	103,66	0,104	1758,77	0,0018	0,075	10	131,36	0,01	0,032	0,16	0,104	0,04	0,20	3,27	4,01

APÊNDICE D – PROJETO BÁSICO DE CONTENÇÃO DA ENCOSTA



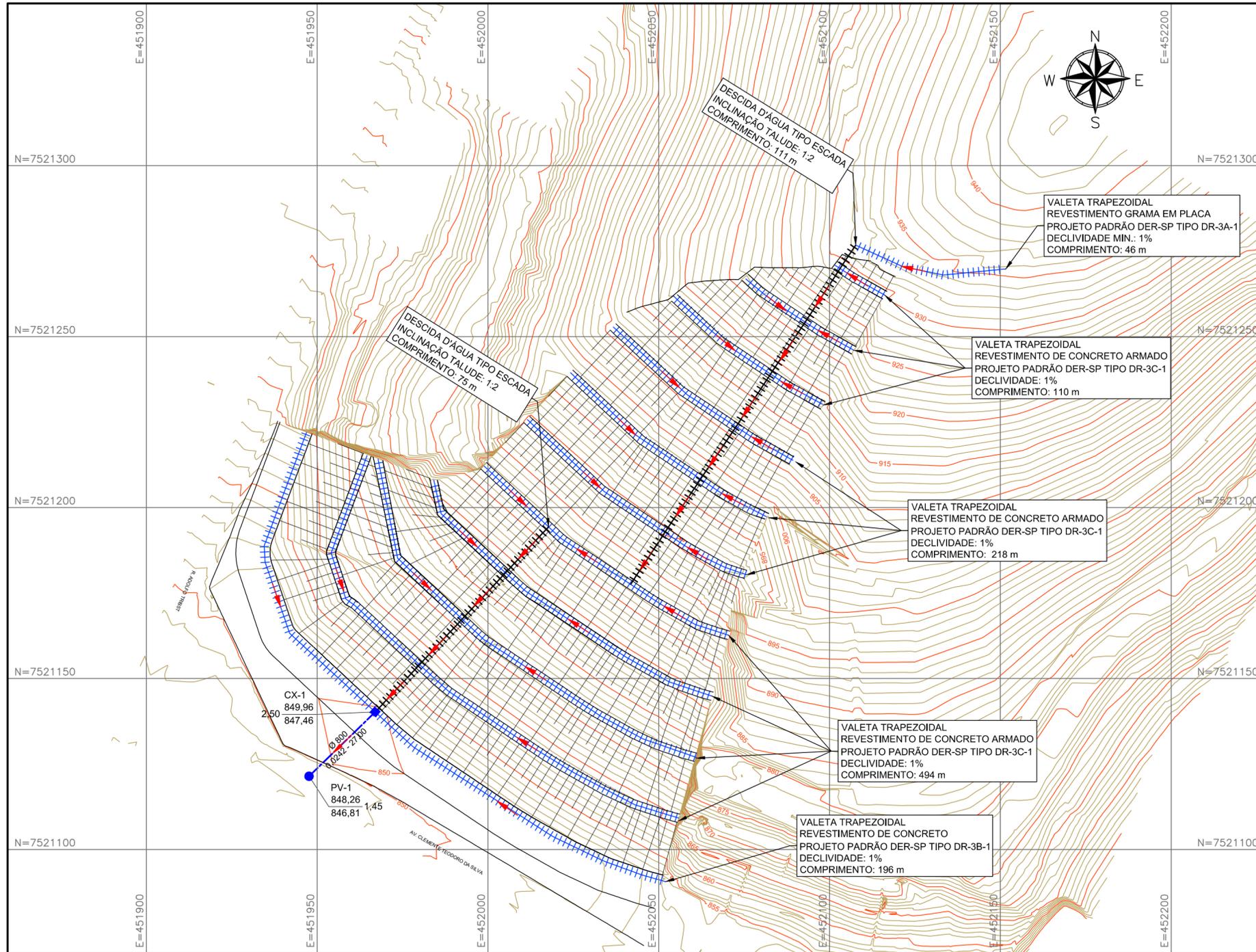
VOLUME TOTAL DE TERRAPLENAGEM (CALCULADO PELO MÉTODO TRIDIMENSIONAL)	
CORTE (m³)	128.634,52
ATERRO (m³)	222,27

ÁREA DE GRAMA DOS TALUDES	
ÁREA (m²)	18.188,70

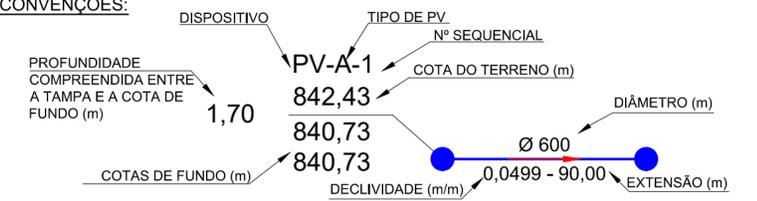
- NOTAS:**
- COTAS EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO;
 - INFORMAÇÕES DE GEORREFERENCIAMENTO:
 - SISTEMA DE REFERÊNCIA: UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR - UTM;
 - ZONA UTM: ZONA 23 SUL;
 - DATUM DE REFERÊNCIA HORIZONTAL: SIRGAS 2000;
 - DATUM DE REFERÊNCIA VERTICAL: RASTREAMENTO GEODÉSICO;
 - PONTO DE REFERÊNCIA:
 - COORDENADAS (ÉPOCA 2000.4):
 - LATITUDE: 7.521.279,778 m;
 - LONGITUDE: 452.092,297 m;
 - ALTITUDE: 924,880 m.

EMPREENHIMENTO		DISCIPLINA	
CONTENÇÃO DE ENCOSTA NO BAIRRO VILA ISABEL		TERRAPLENAGEM	
ENDEREÇO		FASE DO PROJETO	
AV. CLEMENTE TEODORO DA SILVA, BAIRRO VILA ISABEL ITAJUBÁ-MINAS GERAIS		BÁSICO	
ASSUNTO		FOLHA N.º	
PROJETO BÁSICO DE TERRAPLENAGEM PLANTA BAIXA E TABELA DE VOLUME		ÚNICA	
DATA	ESCALA		
09/11/2023	1:500		

REDE DE DRENAGEM PLUVIAL PROJETADA - PLANTA
 ESCALA 1:1000



CONVENÇÕES:



NOTAS:

1. COTAS, MEDIDAS E DIMENSÕES EM METROS, EXCETO ONDE INDICADO.

TABELA DE QUANTIDADES		
ITENS	QUANT.	UNIDADE
VALETA PADRÃO DER-SP TIPO DR-3A-1	46	m
VALETA PADRÃO DER-SP TIPO DR-3B-1	196	m
VALETA PADRÃO DER-SP TIPO DR-3C-1	822	m
PV GAMA REDE DN 800	2	Un.
CAIXA COLETORA TIPO CX-3	1	Un.
DESCIDA D'ÁGUA TIPO ESCADA	186	m
TUBO PEAD DN 800	80	m

EMPREENDIMENTO

CONTENÇÃO DE ENCOSTA NO BAIRRO VILA ISABEL

ENDEREÇO
 RUA CLEMENTE TEODORO DA SILVA, BAIRRO VILA ISABEL
 ITAJUBÁ – MINAS GERAIS

DISCIPLINA
 DRENAGEM

ASSUNTO
 PROJETO DE DRENAGEM PLUVIAL
 PLANTA E QUANTITATIVOS

FASE DO PROJETO
 BÁSICO

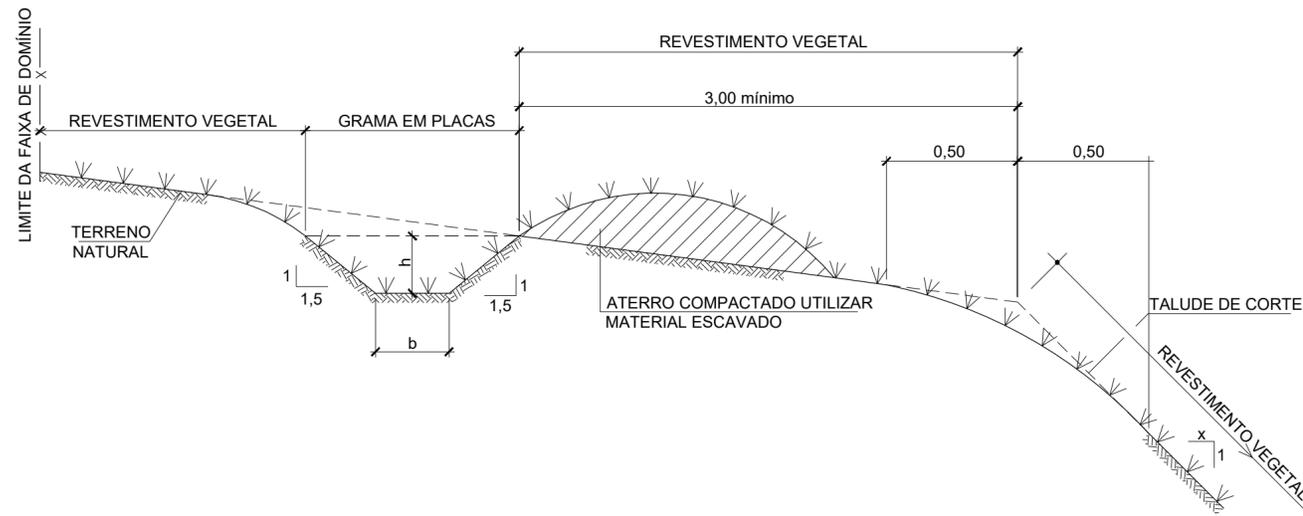
FOLHA Nº.
 01/02

DATA INICIAL
 09/11/2023

ESCALA
 INDICADA

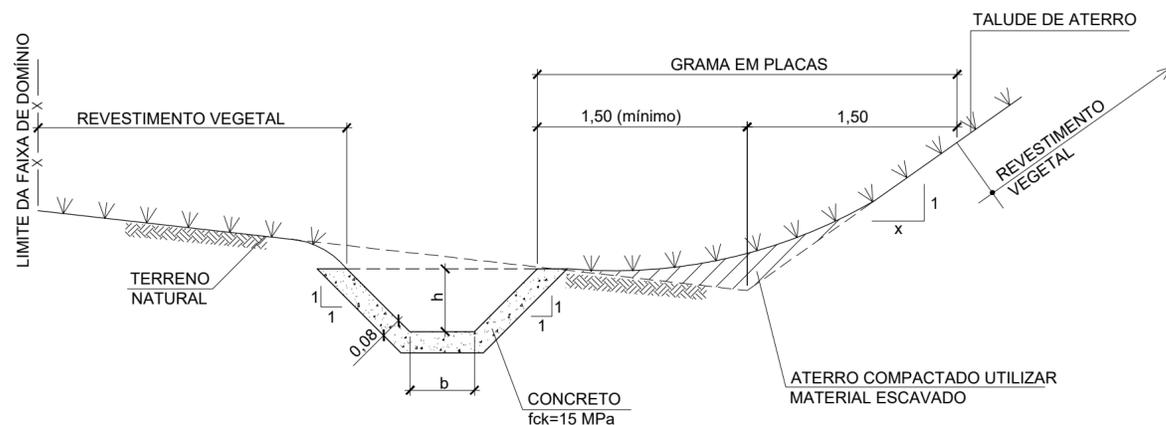
PROJETO PADRÃO DER - SP - VALETAS DE PROTEÇÃO SEM ESCALA

DR-3A - VALETA DE PROTEÇÃO TRAPEZOIDAL - REVESTIMENTO DE GRAMA EM PLACAS PROTEÇÃO DE CRISTA DE CORTE S/ESCALA



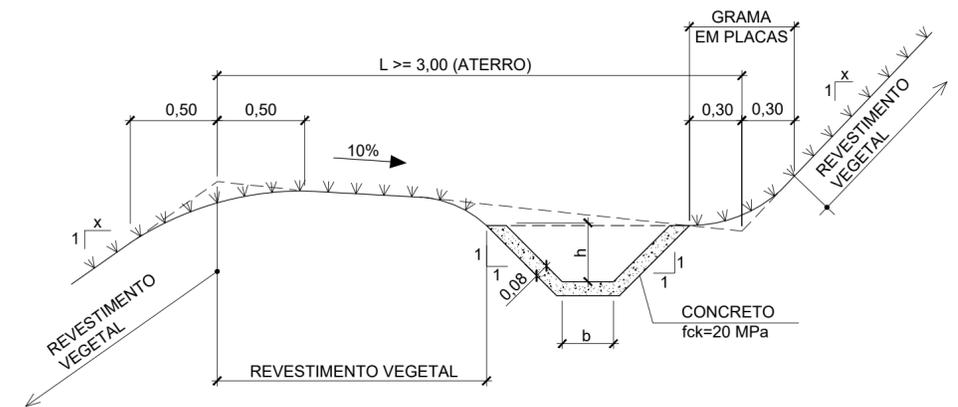
VALETAS REVESTIDAS COM GRAMA (TIPO)	b (m)	h (m)	ESCAVAÇÃO (m ² /m)	GRAMAS EM PLACAS	
				VALETA (m ² /m)	ARREDONDAMENTO (m ² /m) MÍNIMO
DR-3A-1	0,40	0,40	0,400	1,842	3,00

DR-3B - VALETA DE PROTEÇÃO TRAPEZOIDAL - REVESTIMENTO DE CONCRETO PROTEÇÃO DE PÉ DE ATERRO S/ESCALA

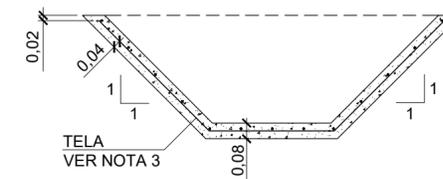


VALETAS REVESTIDAS COM CONCRETO (TIPO)	b (m)	h (m)	QUANT./m	
			ESCAV. (m ³)	CONCR. 15 MPa (m ²)
DR-3B-1	0,20	0,20	0,153	0,073

DR-3C - VALETA DE BANQUETA DE ATERRO TRAPEZOIDAL - REVESTIMENTO DE CONCRETO ARMADO S/ESCALA



DR-3C - DETALHE DE ARMAÇÃO S/ESCALA



TIPO	b (m)	h (m)	ESCAVAÇÃO (m ² /m)	CONCRETO fck= 20 MPa (m ² /m)	TELA (m ² /m)	PESO (kg/m)
DR-3C-1	0,20	0,20	0,153	0,073	0,86	1,88

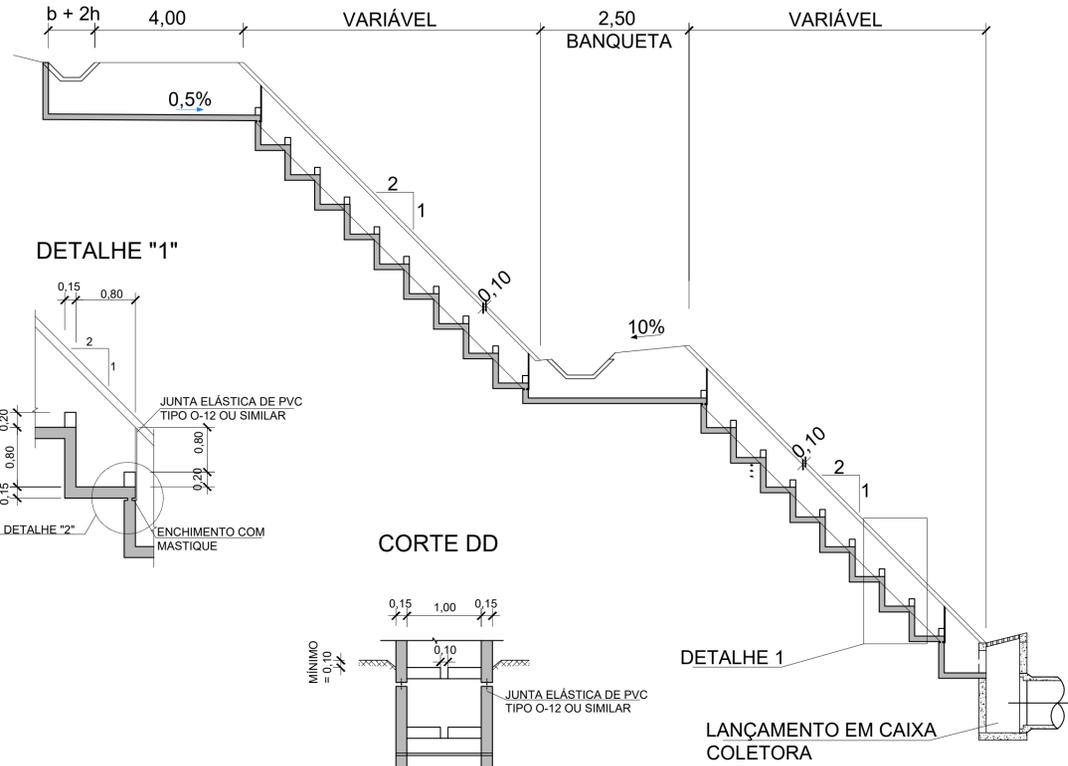
NOTAS:

- 1 - MEDIAS EM METRO, EXCETO INDICAÇÕES CONTRÁRIAS;
- 2 - DEVERÁ SER MANTIDA UMA DECLIVIDADE MÍNIMA DE 0,5% NAS VALETAS;
- 3 - NA VALETA DR-3C UTILIZAR TELA ELETROSOLDADA EM AÇO COM MALHA Q138.

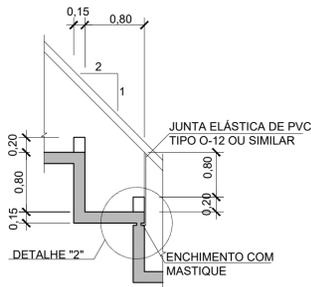
EMPREENDIMENTO		CONTENÇÃO DE ENCOSTA NO BAIRRO VILA ISABEL	
ENDEREÇO		DISCIPLINA	
RUA CLEMENTE TEODORO DA SILVA, BAIRRO VILA ISABEL ITAJUBÁ – MINAS GERAIS		DRENAGEM	
ASSUNTO		FASE DO PROJETO	
PROJETO PADRÃO DER – SP VALETAS DE PROTEÇÃO		BÁSICO	
DATA INICIAL		FOLHA N.º	
09/11/2023		02/02	
ESCALA		S/ ESCALA R00	

DR-13A - ESCADA HIDRÁULICA COM DEGRAUS
PROTEÇÃO DE CORTE
S/ESCALA

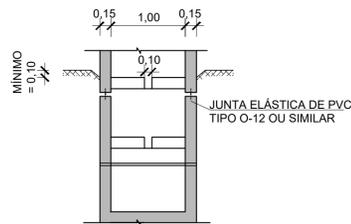
CORTE LONGITUDINAL



DETALHE "1"



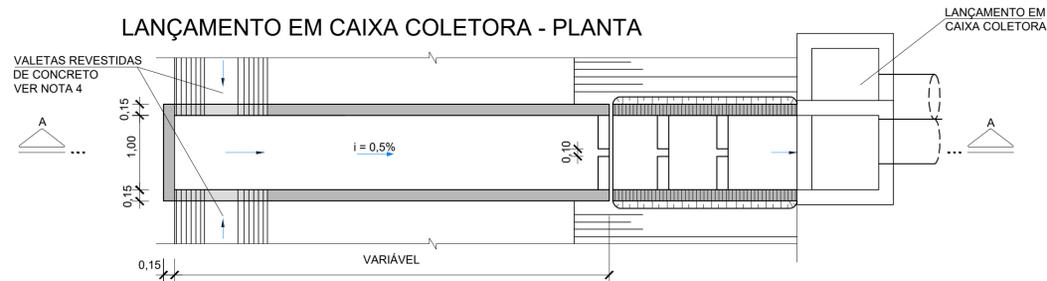
CORTE DD



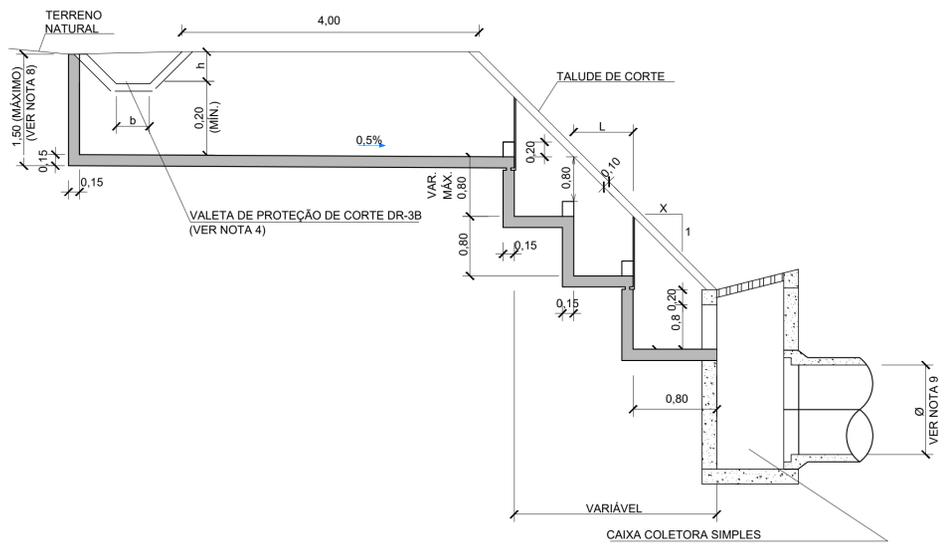
DETALHE 1

LANÇAMENTO EM CAIXA COLETORA

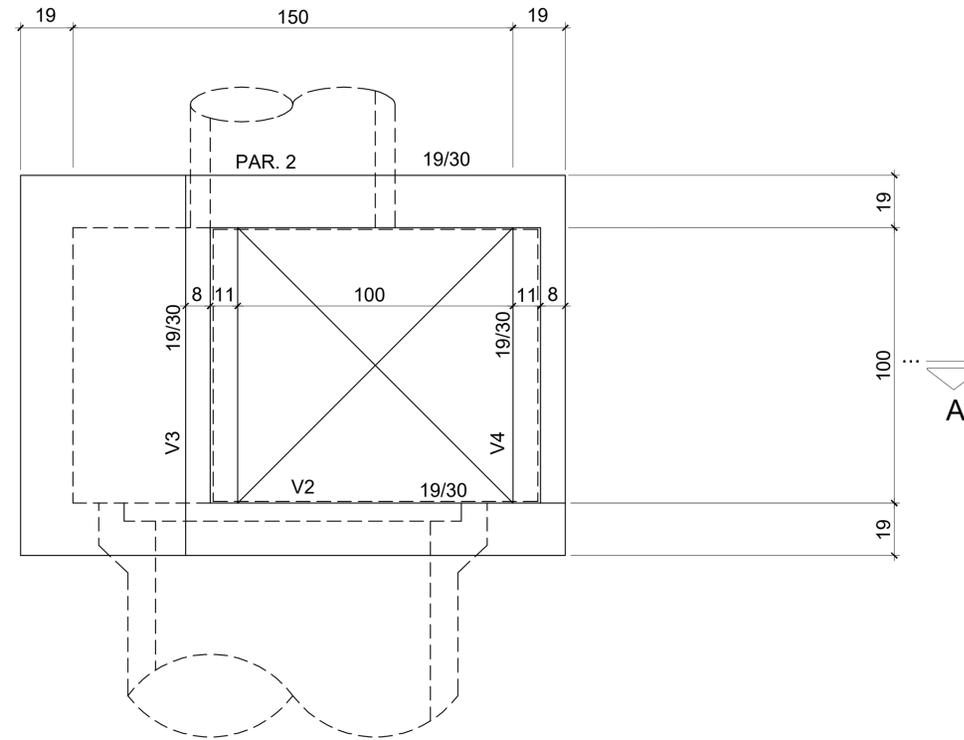
LANÇAMENTO EM CAIXA COLETORA - PLANTA



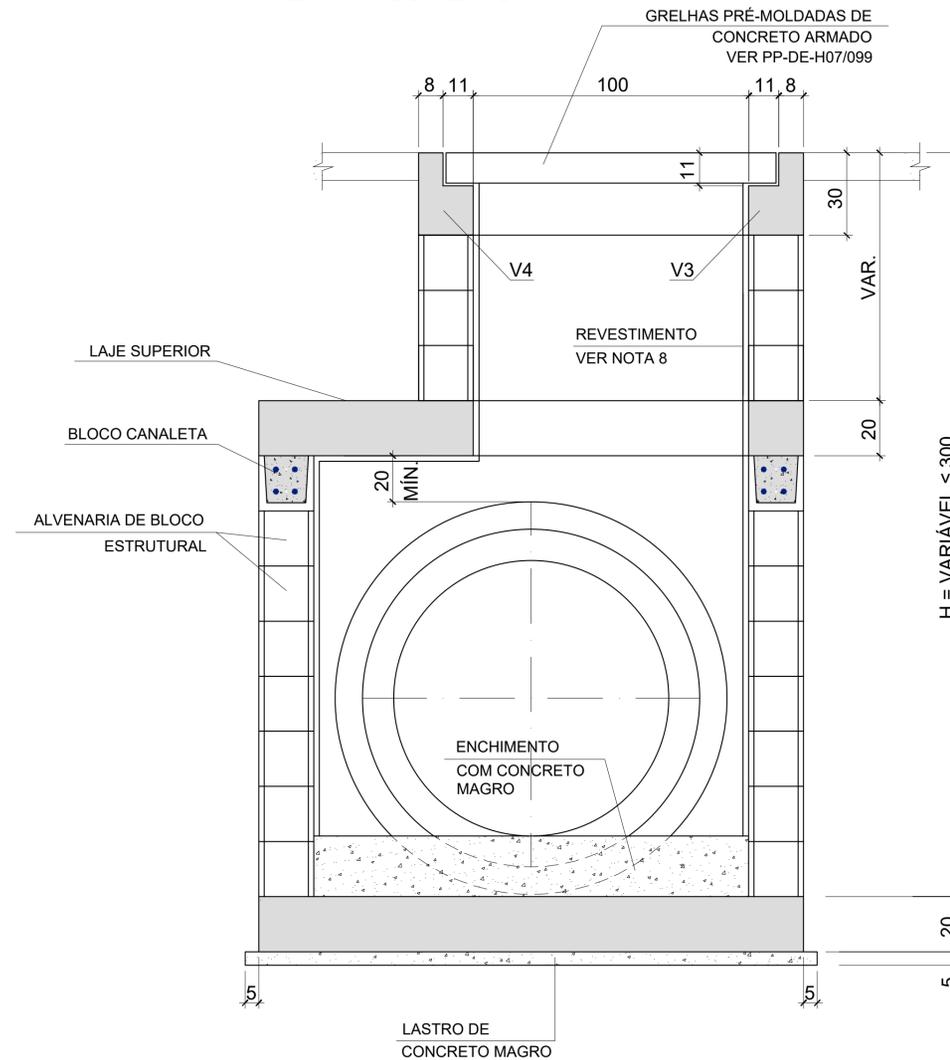
CORTE AA



CX-3 - CAIXA COLETORA
S/ESCALA



PLANTA SUPERIOR



EMPREENDIMENTO		CONTENÇÃO DE ENCOSTA NO BAIRRO VILA ISABEL	
ENDEREÇO		RUA CLEMENTE TEODORO DA SILVA, BAIRRO VILA ISABEL	
ASSUNTO		PROJETO PADRÃO DER - SP ESCADA HIDRÁULICA E CAIXA COLETORA	
DISCIPLINA		DRENAGEM	
FASE DO PROJETO		BÁSICO	
FOLHA Nº		ÚNICA	
DATA INICIAL	ESCALA		
09/11/2023	S/ ESCALA ROO		