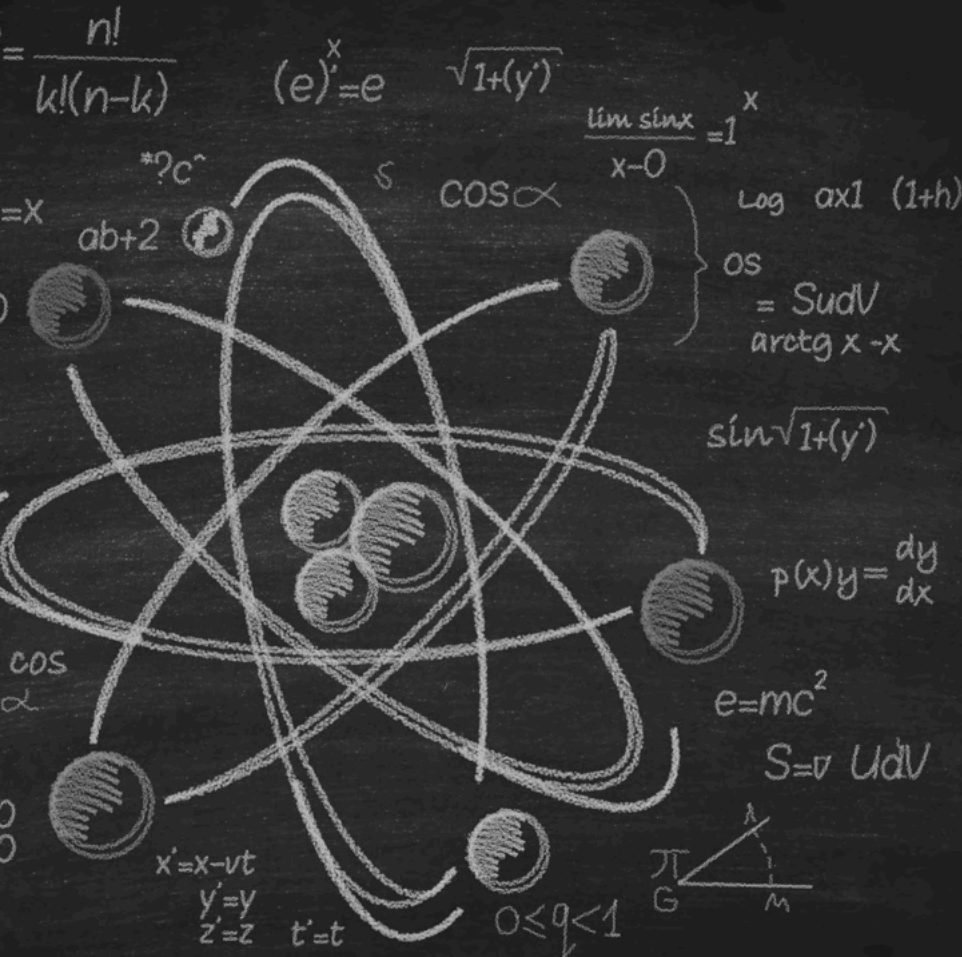


CIÊNCIAS EXATAS e da terra:

Observação, formulação e previsão

Érica de Melo Azevedo
(Organizadora)



CIÊNCIAS EXATAS e da terra:

Observação, formulação e previsão

Érica de Melo Azevedo
(Organizadora)

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Ciências exatas e da terra: observação, formulação e previsão

Diagramação: Daphynny Pamplona
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Érica de Melo Azevedo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências exatas e da terra: observação, formulação e previsão / Organizadora Érica de Melo Azevedo. - Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0049-3

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.493222503>

1. Ciências exatas e da terra. I. Azevedo, Érica de Melo (Organizadora). II. Título.

CDD 507

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

Primeiramente, seja bem-vindo a mais uma obra publicada pela Atena Editora! Esse é mais um e-book que apresenta trabalhos de qualidade de pesquisadores nacionais e internacionais com textos em língua portuguesa e língua espanhola.

Os recentes acontecimentos no município de Petrópolis, na região serrana do Rio de Janeiro, têm nos ensinado muitos conceitos importantes sobre a vida em sociedade, como solidariedade, união e empatia. Porém, não podemos deixar de questionar e cobrar os órgãos públicos competentes acerca dos estudos, prevenção e alternativas para problemas como esse, que envolvem perspectivas geológicas, sociais, urbanas e econômicas. Não haveria momento mais pertinente para o lançamento desta obra, uma vez que a mesma, intitulada 'Ciências exatas e da terra: Observação, formulação e previsão', conta com 11 capítulos que tratam de assuntos atuais e relacionados a estudos da dinâmica urbana, prevenção de desastres, estudos sobre deslizamentos, aspectos geomorfológicos de solos e aspectos de ensino e aprendizagem de ciências exatas. Afinal, além da pesquisa de ponta, é necessário priorizar o ensino básico, pois é a partir dele que se desenvolve e incentiva os novos profissionais. Esses trabalhos, sem dúvida, contribuirão para a divulgação e valorização desses importantes estudos capazes de prevenir e compreender acontecimentos como o de Petrópolis-RJ. Por isso, é importante valorizar e incentivar pesquisas que salvam vidas. Desejo uma boa leitura!

Érica de Melo Azevedo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1


EXERCÍCIOS SIMULADOS PARA PREPARAÇÃO DE EVENTOS RELACIONADOS AO ROMPIMENTO DE BARRAGENS

Rafaela Baldi Fernandes

Karina Salatiel do Nascimento

Caroline das Dôres Zeferino

Taila Crístia Souza Sant'Ana


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4932225031>

CAPÍTULO 2..... 9

ESCOLA SEGURA E COMUNIDADES RESILIENTES

Osmar da Silva Laranjeiras


André Munhoz de Argollo Ferrão

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4932225032>

CAPÍTULO 3..... 26

CONCENTRACIÓN URBANA Y DESIGUALDAD SOCIOECONÓMICA: UNA DICOTOMÍA LATENTE DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN AMÉRICA LATINA

Héctor Manuel Cortez Yacila

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4932225033>


CAPÍTULO 4..... 42

O USO DA DOMINÂNCIA NO PROBLEMA DA ÁRVORE GERADORA MÍNIMA COM PARÂMETROS FUZZY

Fabio Hernandez

Lucas Fernando Frighetto

Mauro Henrique Mulati

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4932225034>

CAPÍTULO 5..... 62


AVALIAÇÃO DA RUPTURA DE MUROS DE ARRIMO: ANÁLISE E PROJETO DE MUROS DE GRAVIDADE

Karina Macedo Carvalho

Elisângela Arêas Richter dos Santos

Armando Prestes de Menezes Filho

José Guilherme Santos da Silva


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4932225035>

CAPÍTULO 6..... 59

O USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA DELIMITAÇÃO DE ÁREA ÚMIDA E ENTORNO PROTETIVO, CONFORME LEGISLAÇÃO PARANAENSE, EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA EXPERIMENTAL

Ana Paula Marés Mikosik

Eduardo Vedor de Paula

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4932225036>

CAPÍTULO 7..... 92


INDÍCIOS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM ALUNOS DE UMA INSTITUIÇÃO DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA NA TEMÁTICA DE TERRA COMO UM CORPO CÓSMICO

Jefferson Oliveira do Nascimento

Italo Gabriel Neide

Sônia Elisa Marchi Gonzatti

Marcelo Albano Moret

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4932225037>

CAPÍTULO 8..... 106


ONDAS PLANAS EM UM MEIO ESTRATIFICADO

Jefferson Oliveira do Nascimento

Hernane Borges de Barros Pereira

Davidson Martins Moreira

Marcelo Albano Moret

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4932225038>

CAPÍTULO 9..... 113

REDES COMPLEXAS E SOCIAIS COMO FERRAMENTAS PARA O ESTUDO DE UM SISTEMA COMPLEXO BASEADO EM *KEYWORDS* DE PRODUÇÕES CIENTÍFICAS

Jefferson Oliveira do Nascimento

Hernane Borges de Barros Pereira


Marcelo Albano Moret

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4932225039>

CAPÍTULO 10..... 122

VAMOS DE SAFARI POR LA SABANA MATEMÁTICA + NEUROCIENCIAS + INTELIGENCIAS MÚLTIPLES = NUEVA EXPERIENCIA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Adriana Mónica Gandolfi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.49322250310>

CAPÍTULO 11..... 131

REDES SEMÂNTICAS COMPLEXAS BASEADAS EM ABSTRACTS

Jefferson Oliveira do Nascimento

Hernane Borges de Barros Pereira

Marcelo Albano Moret

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.49322250311>

SOBRE A ORGANIZADORA..... 139

ÍNDICE REMISSIVO..... 140

AVALIAÇÃO DA RUPTURA DE MUROS DE ARRIMO: ANÁLISE E PROJETO DE MUROS DE GRAVIDADE

Data de aceite: 01/02/2022

Data de Submissão: 07/02/2022

Karina Macedo Carvalho

Universidade Estácio de Sá (UNESA).

Rio de Janeiro/RJ

<http://lattes.cnpq.br/8864137247599342>

Elisângela Arêas Richter dos Santos

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
(UERJ).

Rio de Janeiro/RJ

<http://lattes.cnpq.br/2687197198246017>

Armando Prestes de Menezes Filho

DSc

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
(UERJ).

Rio de Janeiro/RJ

<http://lattes.cnpq.br/2437835320552168>

José Guilherme Santos da Silva

DSc. Universidade do Estado do Rio de Janeiro
(UERJ).

Rio de Janeiro/RJ

<http://lattes.cnpq.br/4422797300106230>

RESUMO: O objetivo principal deste trabalho de pesquisa diz respeito à avaliação dos principais fatores causadores da ruptura e deslizamento de solo em um muro de contenção localizado no bairro Cachambi, na cidade do Rio de Janeiro/RJ. Por meio do acompanhamento visual e relatório fotográfico, constatou-se a falta de drenagem no muro construído, fato que gerou aumento

do empuxo ativo atuante devido à pressão hidrostática. Através do software GEO5, foi gerado uma proposta de dimensionamento de muro de peso/gravidade para o local do estudo. Calculou-se o valor de tensões ativas e passivas, os fatores de segurança para o tombamento, deslizamento e estabilidade global do muro de peso. O solo em questão foi considerado como residual jovem e maduro, tendo em vista sua localização em alto topográfico e seus parâmetros de resistência determinados empiricamente através dos valores mais comuns de peso específico, coesão e ângulo de atrito encontrados em solos residuais. A fim de exemplificar visualmente a atuação de empuxo em estruturas de contenção, os esforços atuantes foram calculados considerando-se as dimensões reais do terreno para a proposta do muro de peso, considerando as sobrecargas de projeto, devido a residência se encontrar presente no terreno a montante da obra de contenção.

PALAVRAS-CHAVE: Muro de contenção / Deslizamento de solo / Muro de gravidade.

RUPTURE ASSESSMENT OF RETAINING WALLS: ANALYSIS AND DESIGN OF GRAVITY WALLS

ABSTRACT: The main objective of this research work concerns the evaluation of the main factors causing rupture and landslide in a retaining wall located at Cachambi, in the city of Rio de Janeiro/RJ. Through visual monitoring and photographic report, it was found the lack of drainage in the retaining wall, a fact that generated an increase in the active thrust due to hydrostatic pressure. Using the GEO5 software, a weight/gravity wall design outline was generated for the study site.

The value of active and passive stresses, the safety factors for toppling, sliding and global stability of the weight wall were calculated. The soil in question was considered as young and mature residual, considering the high topographic location and its resistance parameters empirically determined through the most common values of specific weight, cohesion and friction angle found in residual soils. In order to visually depict the thrust action in containment structures, the active efforts were calculated based on the real dimensions of the land for the layout of the weight wall, considering the project overloads, due to the residence on the upper ground during the containment work.

KEYWORDS: Retaining wall / Landslide / Gravity Wall.

1 | INTRODUÇÃO

O cenário geológico desafiador do Estado do Rio de Janeiro constituiu-se sobretudo em razão das formações de alto grau metamórfico, produto das convergências litosféricas (Orogênese Brasileira), e posterior ruptura do Gondwana Ocidental, que antecedeu à abertura do oceano Atlântico Sul. Em seguida, houve a deposição de camadas sedimentares ocupando algumas bacias do Estado do Rio de Janeiro (p. ex. bacias de Resende, Volta Redonda, Itaboraí, Graben da Guanabara). (CPRM, 2016)..

Considerando-se a expansão antrópica nas cidades situadas em regiões montanhosas, observa-se o aumento da quantidade de habitantes em áreas de instabilidade geológica, em consequência, surgem complicações decorrentes do crescente número de edificações em locais inapropriados, sujeitos aos mais diversos tipos de movimentação de terra (GEORIO, 2014)..

A modificação de componentes naturais (relevo, solo, vegetação e clima). através de intervenções humanas, somadas à predisposição dos terrenos em desenvolver movimentação de massa, ameaça o equilíbrio natural dos sistemas, ocasionando situações de risco humano e colapso ambiental (Polidoro, 2013)..

As estruturas de contenção viabilizam obras de engenharia em locais de topografia irregular, visto que, suportam os empuxos de taludes naturais ou artificiais. Considerando a preservação da segurança, as estruturas de contenção precisam ser dimensionadas de modo que suportem não somente os esforços provenientes do solo e sua respectiva pressão hidrostática, como também uma sobrecarga acidental mínima de 20 kPa (Gerscovich, Danziger e Saramago, 2016; NBR 11682/09)..

Em decorrência dos acidentes envolvendo deslizamentos, este trabalho de pesquisa visa ampliar o conhecimento sobre a estabilidade de taludes, detalhando um caso ocorrido no bairro do Cachambi, zona norte da cidade do Rio de Janeiro. Trata-se de uma análise do processo construtivo de um muro de arrimo de blocos de concreto, onde, após eventos de alto índice pluviométrico, foi identificado o recalque e saturação do solo arrimado, seguido de sucessivas rupturas no muro, acarretando movimentação subsidente de entulho e solo proveniente do terreno adjacente superior (Carvalho, 2020)..

Tendo em mente especialmente a Norma Brasileira Regulamentadora 11682/09, objetivando fundamentar este trabalho de pesquisa sob o ponto de vista técnico, foram analisados e ressaltados os procedimentos prescritos durante a avaliação de estabilidade de taludes e segurança durante a escavação para assentamento de muro de arrimo. Assim sendo, com base no emprego do software GEO5, foi realizado o dimensionamento e análise de estabilidade, de maneira a propor uma alternativa ao muro de arrimo construído, sendo este, um muro de peso capaz de suportar as tensões ativas e passivas oriundas do solo, de modo satisfatório e seguro (NBR 11682/09; GEO5)..

2 I FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Origem dos solos

A origem dos solos é consequência da decomposição das rochas em decorrência dos diferentes tipos de intemperismo: físico, químico ou biológico. Variações de temperatura provocam trincas, permitindo o acesso de água, gerando reações químicas nos minerais constituintes das rochas. O congelamento de água entre as trincas eleva a pressão e gera a fragmentação de blocos. Esse conjunto de processos é potencializado mediante variação de temperatura, onde o curso dos eventos de intemperismo acontece em menor espaço de tempo (de Souza Pinto, 2006)..

Solos residuais (ou autóctones). são formados acima de rochas e permanecem sobrejacentes às mesmas, expandindo sua granulometria até a rocha mãe, elemento de origem do solo residual. Solos sedimentares (ou alotóctones), são compostos pelos materiais terrosos que sofreram a ação de agentes transportadores como: água (chamados aluvionares), vento (eólicos pois sofreram transporte a partir do vento), coluvionares (transportados a partir da gravidade). ou glaciares (através das geleiras). (Caputo, 1967)..

Taludes são designados como superfícies inclinadas de um maciço de solo ou rocha, dispendo da possibilidade de ser um talude natural (encostas). ou construído pelo homem, como os aterros e cortes ilustrados nas Figuras 1 e 2, onde ambos estão sujeitos aos efeitos do intemperismo (Gerscovich, 2016)..

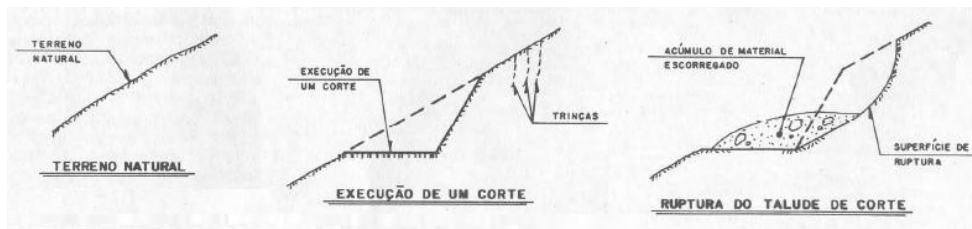


Figura 1 - Terreno natural, corte e ruptura de talude (DER-SP, 1991)..

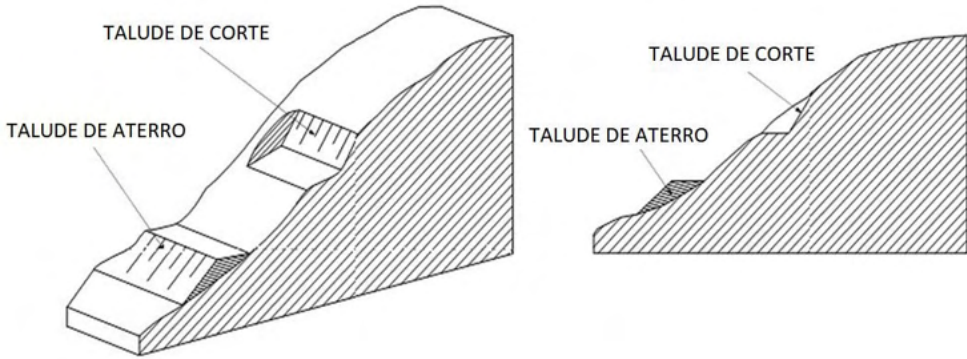


Figura 2 - Talude de corte e aterro (NBR 11682/09)..

2.2 Definição de empuxo

A aplicação das leis de mecânica e hidráulica aos problemas de engenharia que lidam com sedimentos terrosos ou outros materiais não consolidados, advindos da decomposição mecânica ou química das rochas consiste no conceito principal da mecânica dos solos, através das teorias de comportamento dos solos sujeitos a carregamento, baseando-se em suposições simples, aliada a investigação de suas propriedades geomecânicas e aplicação da teoria e conhecimento empírico aos problemas práticos de campo (Terzaghi, 1943)..

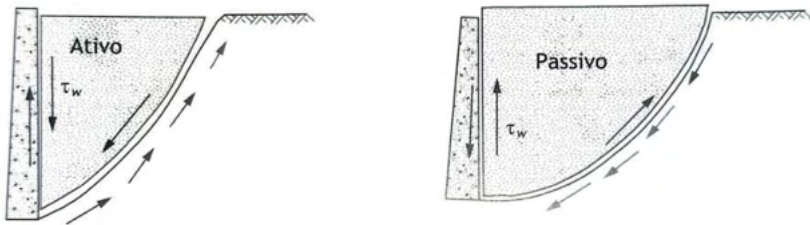


Figura 3 - Esforços cisalhantes ativos e passivos (Gerscovich, Danziger e Saramago, 2016)..

Pode-se citar como principais características geomecânicas do solo, sua resistência ao cisalhamento e coesão, no entanto, a ruptura ocorre devido aos esforços de cisalhamento. A resistência do solo ao referido esforço deve-se ao atrito entre partículas, solos que detêm curvas granulométricas mais bem distribuídas indicam maiores índices de resistência, enquanto solos com baixa diversidade granulométrica são considerados mau graduados e possuem baixos índices de resistência ao esforço cortante. Destacado através da Figura 3, os esforços ativos tendem a causar a desestabilização do sistema, ao passo que, esforços passivos têm por função a estabilização entre o sistema solo-estrutura. Determina-se como resistência ao cisalhamento do solo a máxima tensão que o mesmo pode suportar sem que ocorra a ruptura (de Souza Pinto, 2006; Carvalho, 2020)..

O empuxo de terra é compreendido através da ação horizontal exercida por um maciço de solo direcionado a estrutura de contenção com ele em contato. Obter a magnitude das ações horizontais é fundamental para o equilíbrio entre ações ativas e passivas. A resultante das tensões distribuídas na estrutura de contenção, são decorrentes da interação solo-estrutura, que constituem deslocamentos horizontais que por sua vez, alteram os valores de empuxo e tensões horizontais durante as fases da obra (Gerscovich, Danziger e Saramago, 2016)..

2.3 Movimentação de massa

Entende-se como deslizamento de terra diversos tipos de movimentação descendente de material terroso, rochoso, artificial ou uma combinação destes, na qual, a classificação de Varnes (1978). é a mais utilizada internacionalmente, conforme Figura 4.

| Tipo de movimento | | | Tipo de material | | |
|--------------------------------|---------------|-----------------|--|----------------------------|------------------------|
| | | | Rocha | Solos (engenharia) | |
| | | | | Predominantemente Grosso | Predominantemente Fino |
| Quedas (fall) | | | Queda de rocha | Queda de detritos | Queda de solo |
| Tombamento (topple) | | | Tombamento de rocha | Tombamento de detritos | Tombamento de solo |
| Escorregamento (slide) | Rotacional | Poucas Unidades | Escorregamento em rocha | Escorregamento de detritos | Escorregamento em solo |
| | Translacional | Muitas Unidades | | | |
| Espalhamentos (lateral spread) | | | Espalhamento de rocha | Espalhamento de detritos | Espalhamento de solo |
| Corridas (flow) | | | Corrida de rocha | Corrida de detritos | Corrida de lama |
| Complexo (complex) | | | Combinação de dois ou mais tipos principais de movimento | | |

Figura 4 - Classificação de movimentação de massa (VARNES, 1978)..

Varnes (1978). difere os agentes deflagradores de movimentação de massa em:

Causas geológicas:

Solos fracos em propriedades geomecânicas;

Atuação do intemperismo no material;

Solos que já se encontram naturalmente fissurados;

Descontinuidades devido a heterogeneidade do solo;

Contraste na permeabilidade e/ou rigidez do material.

Causas Morfológicas:

Movimento de placas tectônicas ou atividade vulcânica;

Movimento de calotas polares;

Erosão nas margens devido às ações fluviais ou glaciais;

Erosão subterrânea;

Ação de cargas naturais na inclinação ou na crista do talude;

Remoção de vegetação (pelo fogo, seca).;
Descongelamento;
Ação de congelamento e descongelamento em curto espaço de tempo.

Ações antrópicas:
Escavação do talude ou de sua base;
Carregamento na inclinação ou em sua crista;
Retirada de material;
Desmatamento;
Saturação do solo através de irrigação;
Mineração;
Vibração artificial;
Vazamento de água de abastecimento.

2.4 Cálculo de empuxo

O programa utilizado para o detalhamento geotécnico no presente trabalho dispõe das teorias de Coulomb (1773). e Rankine (1857). para o cálculo de tensões ativas e passivas. O software GEO5 é um conjunto de programas destinados a resolver vários tipos de problemas geotécnicos, básicos (verificação de fundações, muros, estabilidade de taludes), e mais complexos (projeto de túneis, verificação de danos devido à escavação de túneis, estabilidade de taludes rochosos), que se baseia nas normas nacionais (ABNT). e internacionais (Eurocode). (GEO5)..

Cada módulo do GEO5 aborda um tipo específico de construção, neste trabalho foram utilizados os módulos “Muro de Gravidade” para dimensionamento do muro de peso e “Estabilidade de Taludes” para identificar a possível superfície de ruptura do talude (GEO5)..

3 I METODOLOGIA DE ANÁLISE E PROJETO

3.1 Relatório fotográfico

O acompanhamento fotográfico iniciou-se após a primeira ruptura do muro, todos os eventos de ruptura ocorreram logo após intensos episódios de chuva, onde a moradora da residência superior relatou a insegurança que sentia durante os dias de chuva intensa. A Figura 5 representa um esquema gráfico para melhor entendimento do local de estudo.

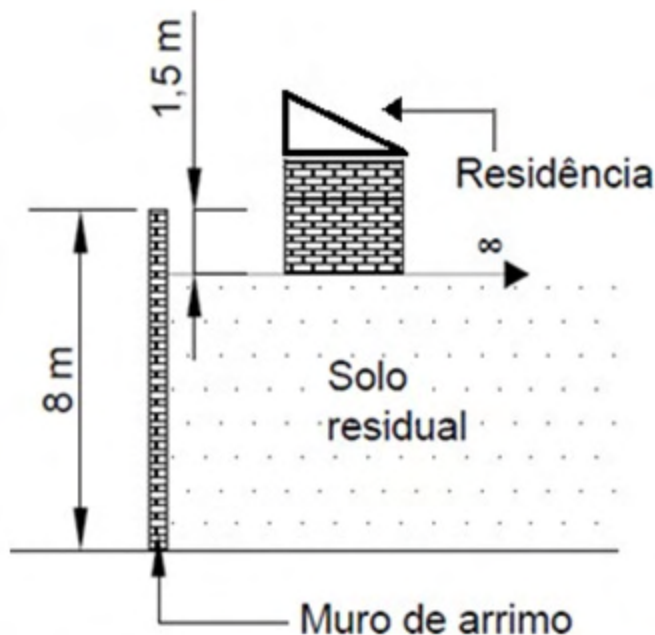


Figura 5 - Representação gráfica do local

(Elaborado pelo autor através do software AutoCAD 2019)..

O solo local foi considerado como residual, a partir de análise tátil-visual, considerando também o fato de que a situação se passa em local de alto topográfico. Valores de peso específico, ângulo de atrito interno e coesão, foram retirados do livro “Contenções: teoria e aplicações em obras.” de Gerscovich, Danziger e Saramago (2016), a partir de valores comuns de parâmetros de resistência encontrados em solos residuais.

Os primeiros registros datam 14 de setembro de 2018, após a primeira ruptura do muro. O muro existente antes do desabamento não contava com sistema de drenagem.

Em casos de necessidade de escavação do terreno natural e reaterro junto ao tardo dos muros de arrimo, a NBR 6182/09 exige que a escavação seja desempenhada de forma que evite a instabilidade no local, executando o reaterro com material adequado e devidamente compactado, além da instalação de sistema de drenagem com filtro, evitando assim o acúmulo de água no tardo do muro, acentuando as tensões decorrentes da poropressão (NBR 6182/09, Carvalho, 2020)..

Observa-se através da Figura 6 o corte irregular do talude, a exposição do solo aos agentes erosivos, desconsiderando os requisitos da NBR 6182/09.



Figura 6 - Talude de corte (Acervo Fotográfico do Autor)..

Data: 14/09/2018.

Estruturas de contenção executadas diretamente na face do talude, como a referida no presente trabalho, devem executar a escavação por módulos, implementando o escalonamento por faixas horizontais e/ou verticais (NBR 6182/09)..

Os sistemas de drenagem têm como finalidade a captação e o direcionamento das águas superficiais, métodos amplamente utilizados conjuntamente às obras de contenção, como forma de dissipação de tensões decorrentes de poropressão (Gerscovich, Danziger e Saramago, 2016)..



Figura 7 - Instalação de barbacãs (Acervo Fotográfico do Autor)..

Data: 14/09/2018.

A Figura 7 indica a instalação de barbacãs no anteparo do muro, porém não foram

observados mecanismos de filtragem, de forma a evitar o acúmulo de solo nos barbacãs.

Conforme observa-se através da Figura 8, existem outras edificações no entorno, em consequência, elevam-se os valores de sobrecarga, influenciando diretamente em tensões horizontais ativas direcionadas à estrutura de contenção (Carvalho, 2020)..



Figura 8 - Muro novamente construído (Acervo Fotográfico do Autor)..

Data: 12/02/2019.



Figura 9 - Novo evento de ruptura (Acervo Fotográfico do Autor)..

Data: 11/03/2019.

Através da Figura 9, observa-se mais um evento de ruptura do muro, ocorrido após eventos de chuva durante a noite anterior ao registro, (como percebe-se através do escoamento de água advinda do terreno).. A moradora da casa em risco relatou ter escutado um barulho estrondoso durante a madrugada.



Figura 10 - Abertura no terreno superior (Acervo Fotográfico do Autor)..

Data: 25/08/2019.

O pior cenário possível foi registrado no dia 25 de agosto de 2019, quando a distância entre o muro e a capa de argamassa presente no terreno atingiu a distância de aproximadamente 1,5m. A distância entre a capa de argamassa e a parede da residência chegou aos 2,5cm e destaca o risco iminente de desabamento da residência, ambas as situações, estão retratadas através da Figura 10.

Diante desse cenário, a residência em risco foi submetida a vistoria da Defesa Civil, onde foi emitido laudo de interdição, alegando indícios de ameaça à integridade física de pessoas e bens.

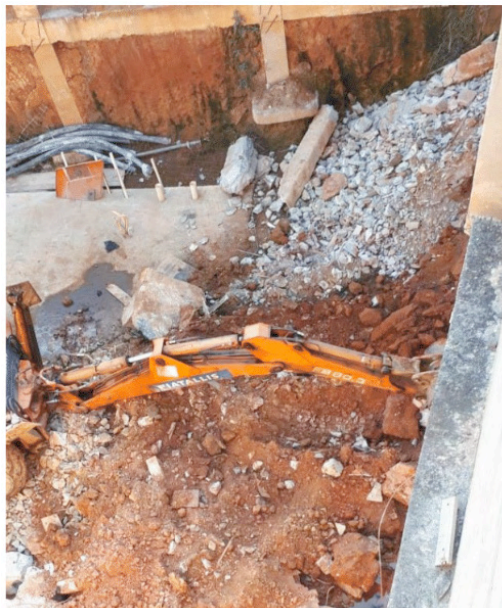


Figura 11 - Deslizamento de solo e destroços do muro (Acervo Fotográfico do Autor)..

Data: 20/06/2019.

Através da Figuras 11 e 12, nota-se a quantidade de material deslocado através de episódios recorrentes de chuva. Como consequência também, haviam sucessivos eventos de ruptura e deslizamento de solo, acarretando em descalçamento do terreno superior, abertura de fissuras na residência e recalque do terreno.



Figura 12 - Vista do terreno superior (Acervo Fotográfico do Autor)..

Data: 25/08/2019.

3.2 Dimensionamento geotécnico de muro de peso

Através do programa GEO5, foi dimensionado um muro de peso, o primeiro passo é selecionar o tipo de seção transversal e atribuir dimensões ao projeto. A seção transversal selecionada é trapezoidal e possui as dimensões descritas na Figura 13 (GEO5)..

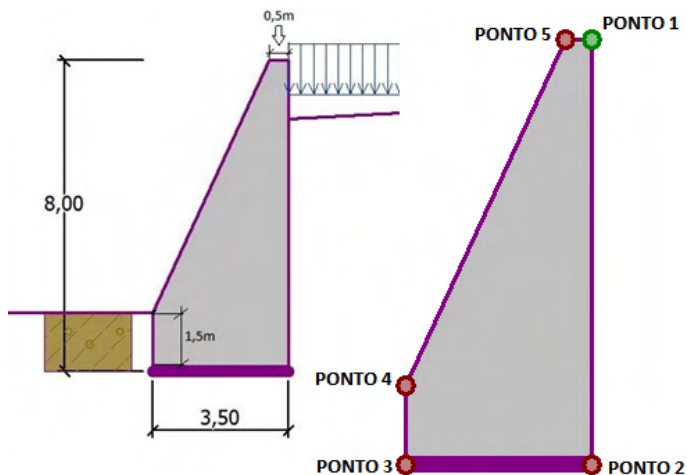


Figura 13 - Identificação dos pontos e dimensões do muro.

(Elaborado pelo autor através do GEO5)..

Após a inserção da geometria, atribui-se ao projeto o material que irá compor a estrutura do muro, utilizou-se concreto simples sem armadura, de peso específico $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$, conforme a Figura 14.

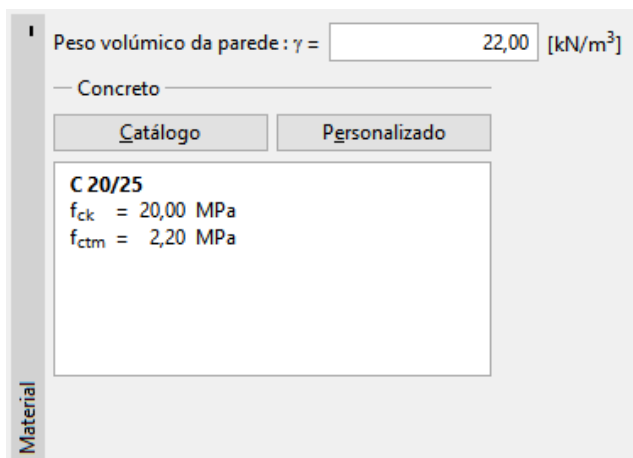


Figura 14 - Características do material (Elaborado pelo autor através do GEO5).!

Na etapa seguinte, atribui-se os parâmetros de resistência às camadas do solo, inseridos no programa conforme a Figura 15.

Solo Residual Maduro

| | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| Peso específico : | $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$ |
| Estado de tensão : | efetivo |
| Ângulo de atrito interno : | $\varphi_{ef} = 21,00^\circ$ |
| Coesão do solo : | $c_{ef} = 10,00 \text{ kPa}$ |
| Ângulo de atrito estru.-solo : | $\delta = 0,50^\circ$ |

Solo Residual Jovem

| | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| Peso específico : | $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$ |
| Estado de tensão : | efetivo |
| Ângulo de atrito interno : | $\varphi_{ef} = 28,00^\circ$ |
| Coesão do solo : | $c_{ef} = 3,00 \text{ kPa}$ |
| Ângulo de atrito estru.-solo : | $\delta = 0,50^\circ$ |

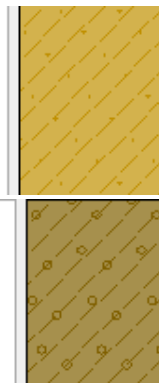


Figura 15 - Parâmetros de resistência dos solos (Elaborado pelo autor através do GEO5)..

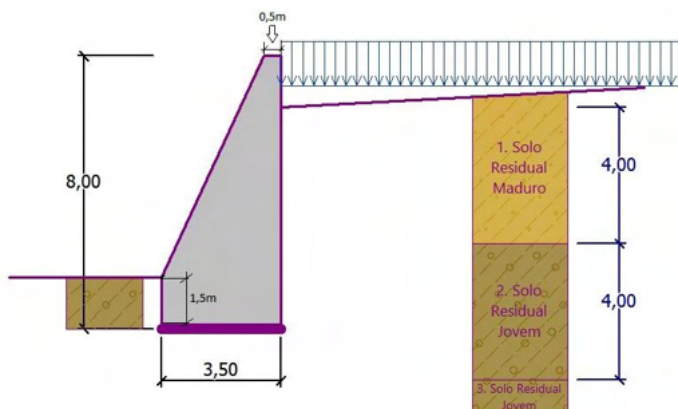


Figura 16 - Camadas de solos residuais (Elaborado pelo autor através do GEO5)..

Foram atribuídas às camadas, os parâmetros de resistência específicos para cada solo, residual e maduro, conforme as camadas ilustradas na Figura 16. Valor da sobrecarga inserido $q = 20 \text{ kN/m}^2$; profundidade do terreno abaixo do topo do muro = 1,5m e inclinação do terreno $\beta = 3^\circ$.

4 | DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Considerando-se o relato fotográfico detalhado apresentado neste trabalho de pesquisa, baseando-se em conceitos de movimentação de massa e seus agentes deflagradores, nota-se que os preceitos da Norma Brasileira Regulamentadora 11682/09 de Estabilidade de Taludes, claramente não foram integralmente executados durante o

início e ao decorrer da obra, o que baseia a afirmação de que as condutas acarretaram nos eventos de ruptura e deslizamento de terra, expondo ao risco os moradores da casa sobrejacente ao maciço terroso.

Os cálculos através do GEO5 evidenciaram valores aproximados de tensão proveniente do solo, com parâmetros de resistência comuns em solos residuais. Os testes realizados no software foram satisfatórios nos fatores de segurança calculados. Foram realizadas verificações quanto ao tombamento, deslizamento e estabilidade global do muro proposto, conforme identifica-se na Figura 17. Determinou-se as tensões verticais e horizontais do muro de peso, representadas através da Figura 18 (GEO5)..

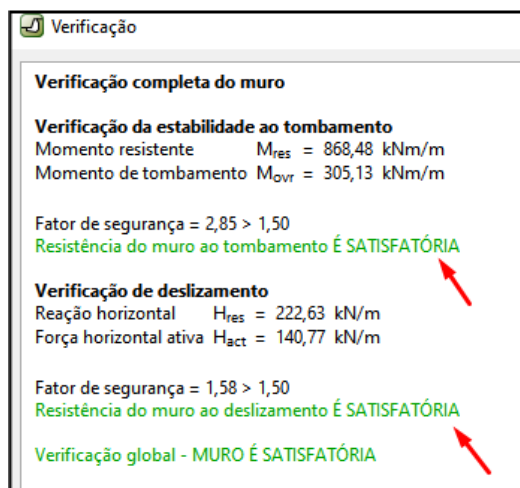


Figura 17 - Resultados obtidos (Elaborado pelo autor através do GEO5)..

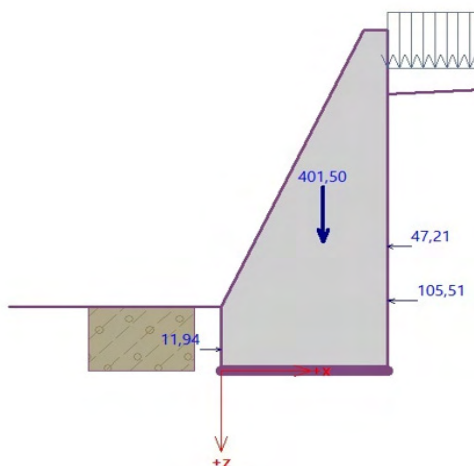


Figura 18 - Tensões verticais e horizontais (Elaborado pelo autor através do GEO5)..

A Figura 19 representa o muro de gravidade proposto através deste trabalho de pesquisa em uma representação 3D, modelagem extraída do módulo “estabilidade de taludes” no programa GEO5. A possível superfície de ruptura do talude foi calculada no mesmo módulo, indicada na Figura 20 e resultados detalhados, conforme métodos de Bishop, Fellenius/Petterson, Spencer, Janbu e Morgenstern-Price indicados na Figura 21.

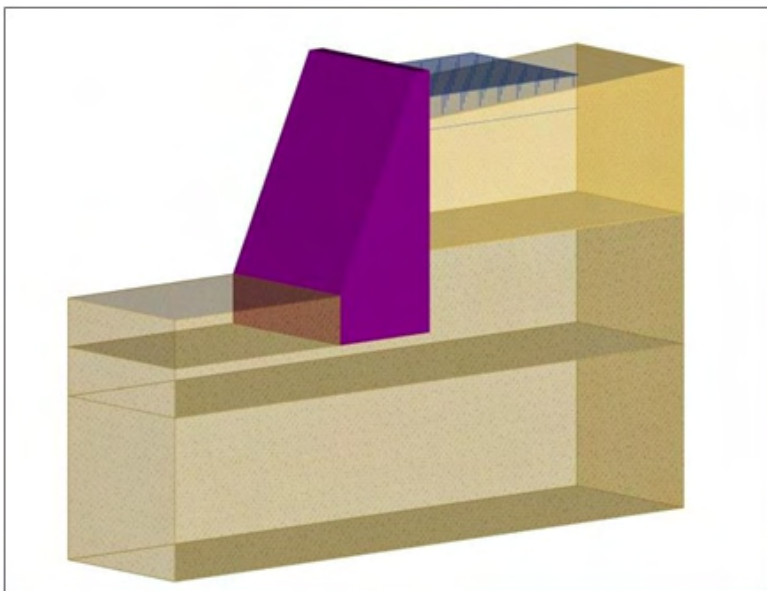


Figura 19 - Representação tridimensional do muro de peso.
(Elaborado pelo autor através do GEO5)..

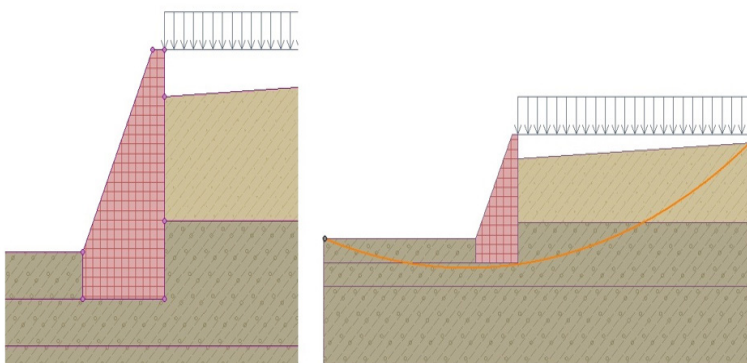


Figura 20 - Possível superfície de ruptura.
(Elaborado pelo autor através do GEO5)..

| Resultados detalhados | | |
|---|------------------|----------|
| Verificação da estabilidade de talude (Todos os métodos) | | |
| Bishop : | FS = 1,76 > 1,50 | VERIFICA |
| Fellenius / Petterson : | FS = 1,52 > 1,50 | VERIFICA |
| Spencer : | FS = 1,76 > 1,50 | VERIFICA |
| Janbu : | FS = 1,76 > 1,50 | VERIFICA |
| Morgenstern-Price : | FS = 1,76 > 1,50 | VERIFICA |

Figura 21 - Verificação da estabilidade do talude
(Elaborado pelo autor através do GEO5)..

5 | CONCLUSÕES

As alterações executadas através da sociedade ao meio físico natural resultam em profundas transformações na estrutura e no comportamento dos sistemas ambientais, no entanto, as adversidades decorrentes de alterações às características naturais dos terrenos são notórias, sobretudo, em locais de vulnerabilidade social, como o local objeto deste estudo pode ser caracterizado.

Inicialmente, ressalta-se que o objetivo principal deste trabalho de pesquisa consiste em avaliar os principais fatores causadores da ruptura e deslizamento de solo em um muro de contenção situado no bairro do Cachambi, na cidade Rio de Janeiro/RJ. Com base no desenvolvimento deste estudo tornou-se possível destacar condutas relevantes e essenciais durante a execução de um muro de arrimo, especialmente quando a obra envolve riscos ao entorno, de acordo com o caso de projeto investigado.

Os sucessivos eventos de deslizamento não apresentaram superfície de ruptura bem delimitada, e são, sobretudo, resultado de ações antrópicas e naturais, como: a escavação do talude e/ou de sua base, carregamento na crista do talude, retirada de material e saturação do solo (através de precipitação)..

No que tange ao dimensionamento do muro de peso analisado nesta investigação, cabe ressaltar que os resultados são bastante satisfatórios. Todavia, o volume de concreto utilizado pode vir a ser oneroso para o custo final da obra. Desta maneira, tendo em mente a economia de custos globais do projeto (volume de concreto), outra alternativa a ser estudada seria a de optar pelo projeto de um muro de concreto armado, fato que, conforme própria natureza do sistema, reduziria a área de seção transversal do muro, minimizando a quantidade do concreto utilizado.

REFERÊNCIAS

ABNT, NBR. 11682. **Estabilidade de Encostas**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2009.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações; exercícios e problemas recebidos**. LTC, 1967.

CARVALHO, Karina. **Análise de Ruptura em Muro de Arrimo - Proposta de Dimensionamento de Muro de Peso**. Orientador: Prof. Dr. Armando Prestes de Menezes Filho. Monografia (Graduação). - Engenharia Civil, Universidade Estácio de Sá (UNESA).. Rio de Janeiro. 67p. 2020.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Geologia e recursos minerais do Estado do Rio de Janeiro**: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais. / Monica Heilbron, Luiz Guilherme do Eirado, Julio Almeida Orgs. - Belo Horizonte. 184p. 2016.

DER-SP - Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo. **Manual de Taludes de Rodovias Orientação para Diagnóstico e Soluções de Seus Problemas**. 206p. São Paulo, 1991.

DE SOUSA PINTO, Carlos. **Curso básico de Mecânica dos Solos**. Oficina de Textos, 353p. 2016.

GEO5. **Software Geotécnico** - Estabilidade de Taludes (versão 2022.22).; Muro de Gravidade (versão 2022.23)..

GEO-RIO. **Manual Técnico de Encostas**, volume I. Prefeitura do Rio de Janeiro. 518p. Edição de 2014.

GERSCOVICH, Denise MS. **Estabilidade de Taludes** (2ª edição).. Oficina de textos, 192p. 2016.

GERSCOVICH, Denise; SARAMAGO, Robson; DANZIGER, Bernadete Ragoni. **Contenções: teoria e aplicações em obras**. Oficina de Textos, 319p. 2019.

POLIDORO, Maurício et al. **Identificação de áreas suscetíveis a expansão urbana utilizando carta de fragilidade ambiental**. Geotecnia, n. 129, p. 03-16, 2013.

TERZAGHI, Karl. **Theoretical Soil Mechanics**, John Wiley and Sons, New York, 510p. 1943.

VARNES, David J. **Slope movement types and processes**. In: Schuster RL, Krizek RJ (eds). Landslides, analysis and control, special report 176: Transportation research board, National Academy of Sciences, Washington, DC. 4p.1978.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Algoritmo de Prim 42, 44

Aprendizaje 4, 122, 123, 124, 126, 129, 130

Áreas de preservação permanente 79

Árvore geradora mínima 3, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 58, 60

Avaliação da ruptura 3, 62

C

Concentración 3, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41

Conservação ambiental 79

D

Defesa civil 2, 3, 4, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 17, 19, 21, 22, 23, 71

Delimitação de área úmida 3, 79

Desastre 1, 2, 3, 14, 19, 20

Desigualdad 3, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 40, 41

Deslizamento de solo 62, 72, 77

E

Ensino de física 92, 106, 113, 114, 120, 121, 131, 133, 137, 138

Equação da onda 107, 112

Equação de Helmholtz 107, 108, 111, 112

Escola segura 3, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21

Estímulo 16, 122

Exercícios de evacuação 6, 7

Exercícios simulados 3, 1, 3, 4, 8

F

Física 9, 10, 13, 16, 17, 21, 22, 40, 71, 92, 94, 106, 113, 114, 115, 117, 119, 120, 121, 123, 124, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138

Fuzzy 3, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 50, 51, 52, 54, 58, 59, 60, 61

G

Geofísica 90, 107, 108

Geotecnologias 3, 79, 81, 89

Gestão integrada 6

I

Inteligencias múltiples 4, 122, 128, 129

M

Métodos eletromagnéticos 107, 108

Muro de contenção 62, 77

Muro de gravidade 62, 76

N

Neurociências 4, 122, 128, 129, 130

O

Ordenamiento territorial 3, 26, 27, 28, 30, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41

P

PROEJA 92, 93, 94, 104, 105, 106

Programação matemática 42, 43

R

Redes complexas 4, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 120, 131, 132, 134, 135

Redes semânticas 4, 113, 114, 118, 119, 120, 121, 131, 132, 135, 137

Redes semânticas complexas 4, 120, 131

Redes sociais 113, 114, 117, 121, 131, 132, 137

Redes sociais e complexas 113, 121, 137

Resiliência 9, 11, 12, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 23

Resolução conjunta IBAMA/SEMA/IAP n° 005 79, 80, 81, 83, 84, 88, 89

Riscos 2, 3, 4, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 77

Rompimento de barragens 3, 1, 3

S

Sabana matemática 4, 122, 128

Sistemas complexos 10, 113, 114

Socioeconomía 26

T

Teoria da aprendizagem significativa 92

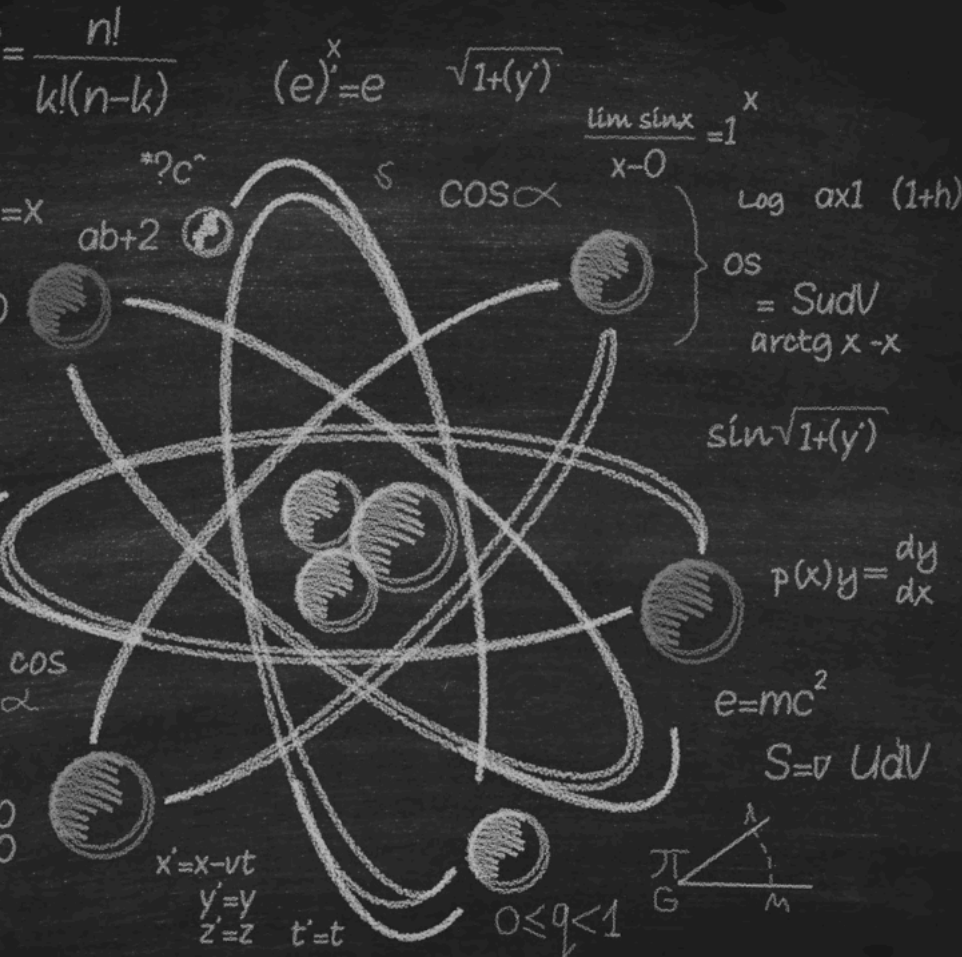
Teoria de grafos 42

Teoria dos conjuntos 42, 43, 44, 45, 58

Terra como um corpo cósmico 4, 92, 93, 94, 96

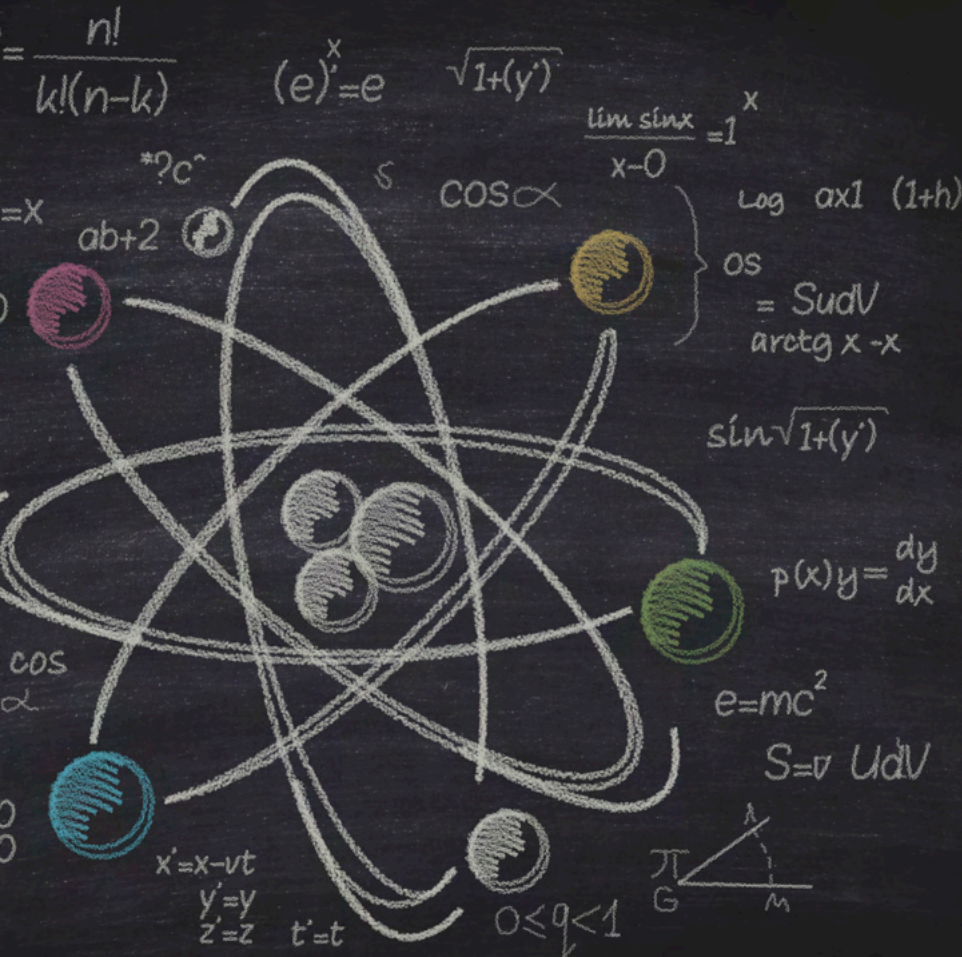
U

Urbanización 26, 27, 30, 31, 32, 33, 34, 38, 40, 41




CIÊNCIAS EXATAS e da terra:


Observação, formulação e previsão




CIÊNCIAS EXATAS e da terra:

Observação, formulação e previsão

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br