



DESAFIO DE BARREIRAS

Maccaferri

Introdução

O rolamento de blocos é um fenômeno no qual partes de um maciço rochoso se desprendem e colapsam, convertendo energia potencial gravitacional em energia cinética. Esses movimentos de massa representam um grande risco para obras de infraestrutura, como ferrovias ou rodovias, além de habitações, que frequentemente estão localizadas em áreas de risco. Nesse contexto, as barreiras dinâmicas são fundamentais para proteger vidas e diversas estruturas de interesse social.

O Desafio de Barreiras, através da dinâmica de projetar um sistema de uma barreira em escala reduzida, promove o senso crítico e a sensibilidade dos alunos de graduação a esses contextos, de maneira didática e lúdica.

Objetivo

Projetar, em modelo reduzido, uma barreira contra a queda de massas que retenha todas as quedas mantendo-as em área segura.

O objetivo principal da dinâmica e o critério central de pontuação estão relacionados à capacidade dos participantes em desenvolverem o projeto mais econômico em termos de uso de materiais, sem comprometer o desempenho estrutural e operacional do modelo. Os critérios têm o propósito de desafiar os participantes a aplicarem seus conhecimentos sobre estruturas, mecânica estática e dinâmica, ao mesmo tempo em que os sensibiliza para a complexidade envolvida na tomada de decisões em projetos de grande escala.



Programação

Datas	Atividade
19/08/2024 a 14/09/2024	Inscrição via Formulário online
16/09/2024	Divulgação oficial das equipes através de e-mail ou redes sociais
05/09/2024	Treinamento – Controle de Quedas: Segurança para Encostas Rochosas
19/09/2024	Prazo de entrega dos projetos via Email
24/09/2024	Dia de preparação e avaliação presencial da barreira
24/09/2024	Divulgação e resultados da premiação



Agenda do evento

Duração	Atividade
15 minutos	Introdução: Boas-vindas ao evento e Apresentação da Comissão Organizadora e do Júri.
10 minutos	Lista de presença dos participantes e entrega de material
2 horas	Desenvolvimento de modelo de defesa com base no projeto
15 minutos	Peso das barreiras por equipe
10 minutos (por equipe)	Justificativa da barreira perante o júri com Perguntas e respostas
-	Teste de barreira
30 minutos	Revisão da comissão organizadora das avaliações e júri
15 minutos	Premiação à equipe vencedora e Encerramento

Participação

Podem participar estudantes que estejam matriculados no curso de Engenharia Civil, Geologia ou Engenharia de Minas, de qualquer instituição de ensino superior, independentemente do período em que se encontrem, desde que já tenham concluído ou estejam cursando a disciplina de Geotecnia – Mecânica dos Solos. Além disso, estudantes de pós-graduação nessas áreas também são elegíveis para participar. É proibida a participação de qualquer membro da comissão organizadora e avaliadora do concurso, incluindo integrantes do Grupo de Estudos em Geotecnia da UFPR, professores e demais responsáveis pelo Desafio.

Os competidores devem formar equipes de até 4 membros + 1 orientador (opcionalmente é permitida a presença de um orientador que NÃO poderá participar da construção do sistema). A composição das equipes poderá ser modificada até o final do período de inscrições, desde que mantido o número de integrantes. Não serão aceitas alterações na composição das equipes após o encerramento das inscrições, exceto por motivos de saúde (com justificativa). Durante a competição



os participantes deverão usar obrigatoriamente os coletes de identificação que serão fornecidos para cada equipe.

Inscrições

As inscrições para a I Desafio de Barreiras de Rochas serão realizadas de forma online. As equipes interessadas em participar da competição deverão preencher o formulário disponível em <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeGt3LFCEMfAOiRtqm9xD4gqZpWpP4QLRMuxU3E71p97Sfttg/viewform?usp=sharing> durante o período definido para realizar a inscrição. No ato da inscrição, a equipe deverá ter em posse os dados de todos os membros da equipe (nome completo, celular, CPF, e-mail e foto da equipe).

Serão aceitas até 6 equipes compostas por 4 integrantes e as vagas serão preenchidas uma por universidade e por ordem de chegada. As equipes que se inscreverem receberão um e-mail de confirmação com sua posição na lista de equipes inscritas. As 6 primeiras equipes inscritas terão vaga garantida, as demais ficarão em lista de espera. Caso não complete as vagas, serão permitidas as inscrições da mesma Universidade de acordo com a lista de espera e a ordem de inscrição. A divulgação pública da lista com todas as equipes participantes e do horário do evento serão feitas por e-mail e no Instagram do GEGEO UFPR (@gegeotecnia) no dia 16/09/2024.

Desenvolvimento do modelo

As equipes deverão desenvolver presencialmente um modelo contra quedas de massas, com tempo de desenvolvimento do sistema de 2 horas, com os seguintes materiais fornecidos pela comissão organizadora:

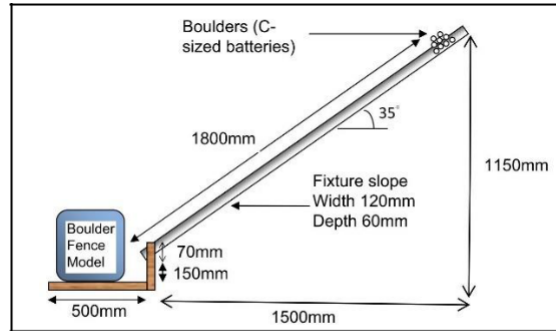
- 500 gramas de jornal;
- 2 pedaços de cartolina tamanho carta;
- 9 palitos de madeira de 30 cm;
- 30 fechos de arame (amarrilho);
- 1 fita adesiva Durex 12mm x 30m – 3M;
- 300 g de arame galvanizado n.º22.



PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS E FÍSICAS DO MODELO EM ESCALA DO SIMULADOR DE TALUDES

As massas se desprenderão do topo do modelo (simulador do talude), a uma altura de 1500 mm verticalmente, até a base onde a barreira será colocada. A base é encapada por uma lixa.

Modelo em escala do simulador de inclinação:

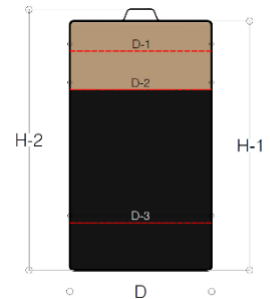


Dimensões geométricas do modelo em escala do simulador declive. Dimensões para o seu projeto e análise do sistema.

PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS E FÍSICAS DE QUEDAS

Para a avaliação do sistema, serão utilizadas quedas que representarão as massas. Estas serão compostas por esferas ou pilhas alcalinas não recarregáveis tipo D-2. Serão realizados três arremessos, entre pilhas ou esferas. Sendo importante ressaltar que fica a cargo da comissão organizadora os lançamentos.

	BATERIA 1	BATERIA 2	BATERIA 3	ESFERA 1	ESFERA 2	ESFERA 3	ESFERA 4
DIÂMETRO	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
D-1	33.00	33.04	33.06	33.32	31.76	31.76	31.76
D-2	32.95	33.05	33.00	33.32	31.75	31.75	31.75
D-3	33.03	32.90	33.02	33.32	31.76	31.76	31.76
MÉDIA	32.99	33.00	33.03	33.32	31.76	31.76	31.76
ALTURA	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
H-1	58.07	58.84	57.50	33.32	31.76	31.76	31.76
H-2	60.76	60.82	59.78	-	-	-	-
PESO	g	g	g	g	g	g	g
W-1	135	139	138	152	131	132	131





Dinâmica do concurso

FASE I.- PROJETO TEÓRICO E GEOMÉTRICO DA BARREIRA

Antes do evento, cada equipe inscrita deve enviar ao comitê organizador seu projeto de defesa contra queda, esse projeto deve comparar o modelo com uma estrutura real, para o e-mail gegeo@ufpr.br com cópia para marketing.br@maccaferri.com até 05 de setembro de 2024 .

Para auxiliar na execução do projeto do modelo reduzido da barreira contra queda de rochas, será realizado um treinamento prévio para todos os participantes - CONTROLE DE QUEDAS: SEGURANÇA PARA ENCOSTAS ROCHOSAS- ministrado pela Maccaferri 05/09/2024.

Para a concepção desta barreira, pode ser feita referência ao anexo **I-Concepção da barreira**, que se encontra no presente documento.

FASE II.- CONSTRUÇÃO.

Cada equipe deve fabricar a defesa contra quedas com todos os seus elementos previamente calculados em um tempo máximo de 2 horas. A confecção da barreira será realizada com os materiais entregues pela comissão organizadora (vide desenvolvimento de modelos), ou seja, a barreira será composta apenas com os componentes e materiais fornecidos pela comissão organizadora.

As ferramentas permitidas e **recomendadas** aos participantes consistirão no seguinte:

- Tesoura e/ou estilete (no caso da segunda opção, cada equipe deverá trazer uma base para corte sob pena de não permissão de uso do estilete);
- Régua, esquadro, escalímetro ou algum elemento similar para obtenção de dimensões;
- Material para anotação (papel, lápis e caneta);
- Alicates;
- Calculadora.

Caso seja necessário adicionar alguma ferramenta extra à lista mencionada, esta deverá ser previamente aprovada pela comissão organizadora.

A elaboração da barreira contra quedas deverá ser realizada no tempo estipulado, podendo variar devido às condições adversas ao evento. Após o término do tempo as equipes devem apresentar o modelo nas condições que forem encontradas.

Uma vez que todos os elementos forem fabricados, as equipes pesarão seu modelo reduzido de barreira contra quedas com o comitê organizador.

FASE III.- AVALIAÇÃO PRESENCIAL DO DESENHO DA BARREIRA

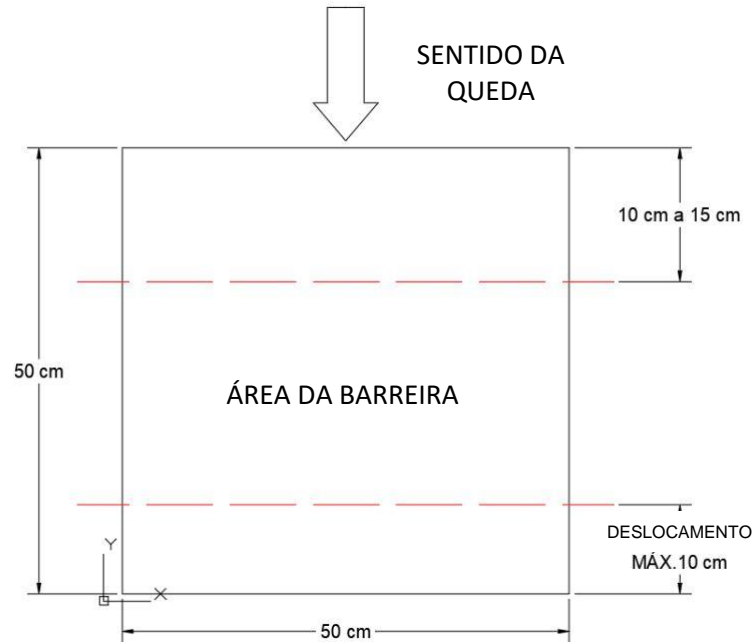
Um membro de cada equipe deverá justificar seu projeto da barreira contra quedas, que será composta por análise teórica + dimensionamento geométrico. Essa justificativa será expressa para os jurados do certame que a tomarão como critério de avaliação. A justificativa deve ter duração máxima de 5 minutos para cada equipe + 5 minutos para perguntas e respostas. Essa avaliação será realizada apenas com a presença do júri, da comissão organizador e membros da equipe atual, não será permitida a presença de membros de outras equipes.



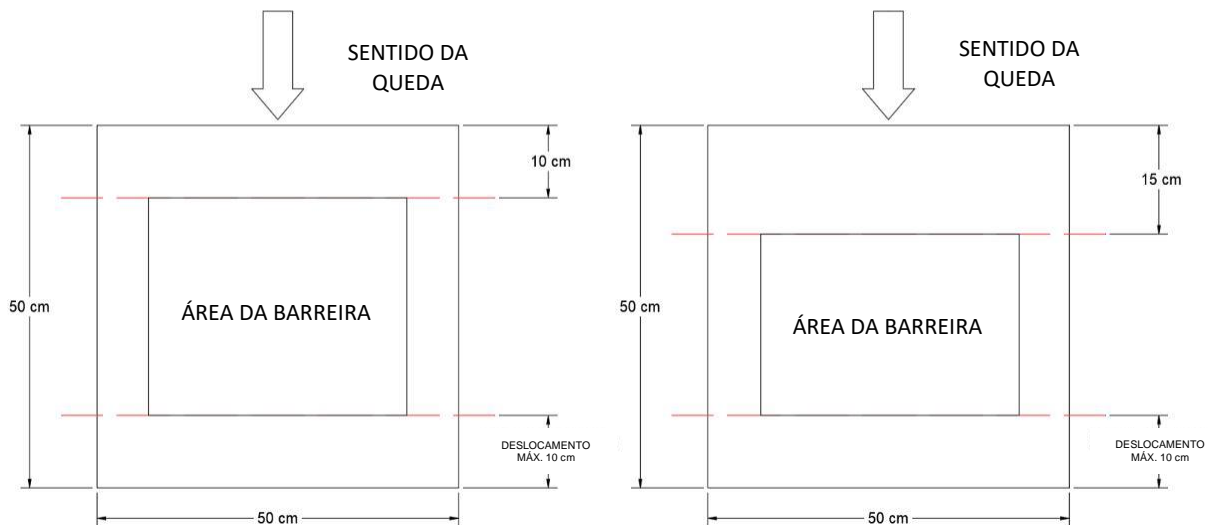
FASE IV.- ENSAIO DE BARREIRA

Um membro da equipe procederá para colocar a barreira na posição de projeto. Essa defesa contra quedas terá que estar localizada de 10 a 15 centímetros do início da base.

O deslocamento máximo permitido da barreira é de 10 centímetros, e esse valor será um critério de avaliação.

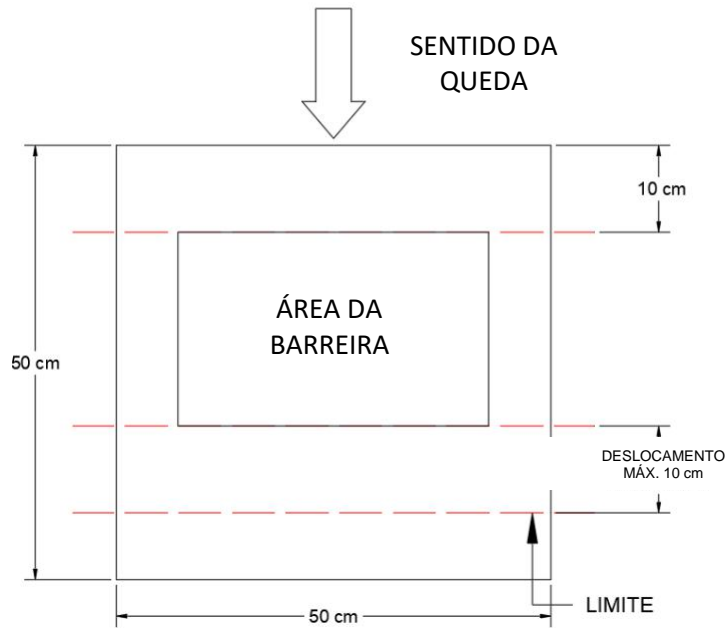


O modelo deve ter uma dimensão máxima de 30 centímetros, essa dimensão máxima dependerá da posição inicial, exemplo:



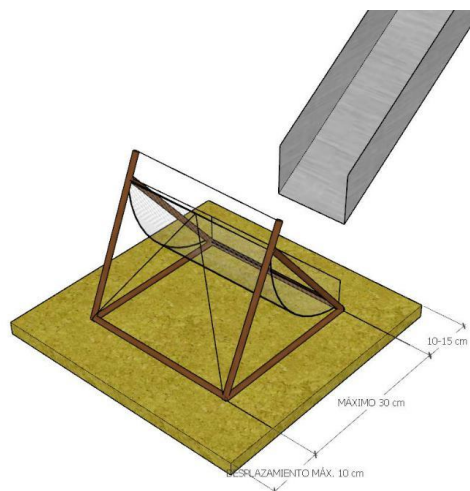


Para medir o deslocamento da barreira contra quedas, será considerado o final da barreira, sem a necessidade de atingir o limite, por exemplo: a posição inicial de nossa barreira contra quedas de rochas está em 10 centímetros, e essa barreira mede 20 centímetros, então o limite de deslocamento será a 30 centímetros da posição inicial da defesa (veja imagem a seguir).



O deslocamento deve ser medido após cada ensaio. Se a estrutura contra quedas exceder o deslocamento máximo em mais de 1/3 do comprimento da barreira ou não conter as pilhas ou esferas na área segura, esse ensaio deve ser invalidado. A área segura é considerada a área à frente da barreira.

Por último, importante ressaltar que a equipe poderá posicionar a barreira apenas antes dos lançamentos iniciarem, não sendo possível uma reposição após qualquer queda.





Avaliação e classificação

A pontuação final será dada pela soma das pontuações parciais, que o júri avaliará. A equipe com mais pontos será a vencedora.

Rubrica de avaliação:

Critérios	Porcentagem	Quantidade/medida
Desenho teórico da barreira contra quedas. Cumprido e prosseguido com os parâmetros estabelecidos no anexo 1. Representa a energia da barreira após Impacto, o deslocamento da barreira e o peso da barreira.	15 %	0%-15%
Projeto geométrico da defesa. O júri avaliará o desenho geométrico da barreira, além do Justificação escrita para cada um dos componentes (relação de uma barreira real com a barreira da gincana). Ex. Power sink – liga em posição estratégica. Esta avaliação será apresentada a partir do esboço e do Defesa já construída.	15%	0%-15%
Peso da barreira. O peso será avaliado, levando-se em conta um peso maior para a barreira que tem o menor peso (-5% para cada equipe).	30%	Peso menor – 30% (cada equipe -5% progressivamente)
Deslocamento da barreira. O deslizamento em centímetros da barreira, tendo um peso maior para a barreira que tem o menor deslocamento (-5% para cada equipe). A pontuação será feita por rodada de lançamento e ao final será feita uma média simples.	40%	Pequena derrapagem – 40% (cada equipe – 5%,, progressivamente)

*Todos as barreiras cujo deslizamento for superior a 10 centímetros serão classificados com 0%.

*Todas as barreiras que não contiverem as esferas ou pilhas na área segura serão classificadas com 0% no quesito deslocamento da barreira.



Anexo 1- Cálculo

Este anexo é uma referência que pode ser utilizada para a concepção da barreira contra quedas. É importante notar que a principal análise em projetos de barreira de queda de "massa" envolve principalmente o estudo da trajetória e quantidade de energia de impacto da queda em questão.

COMPARAÇÃO ENTRE BARREIRAS DINÂMICAS, ATERROS DE IMPACTO E MODELO EM ESCALA "BARREIRAS DE QUEDAS"

RECURSOS DE REVISÃO	BARREIRA DINÂMICA	TERRAPLENO	MODELO DE BARREIRAS DE QUEDAS
REVISÕES MECÂNICAS			
DEFORMAÇÃO APÓS IMPACTO	SIM	SIM	NÃO
DESLOCAMENTO "LOCAL" DA ESTRUTURA	SIM	SIM	NÃO
PROPENSO A DESLIZAMENTO GERAL AO APRESENTAR UM IMPACTO (MOVIMENTO TRANSLACIONAL)	NÃO	DESPREZIVEL	SIM
PROPENSO A VIRAR COM O IMPACTO (MOVIMENTO ROTACIONAL)	NÃO	DESPREZIVEL	SIM
RESISTÊNCIA AO IMPACTO MÚLTIPLO	REDUZIDO CAPACIDADE	SIM	SIM
ALTURA RESIDUAL APÓS IMPACTO	SIM	DESPREZIVEL	NÃO
REVISÃO DE EXTRAÇÃO POSTES E ÂNCORAS TN	SIM	SEM POLOS	SEM POLOS
REVISÕES ESTRUTURAIS			
ESTABILIDADE INTERNA	SIM	SIM	SIM
REVISÕES DA ABORDAGEM GEOMÉTRICA			
DIMENSIONAMENTO DE ALTURA, INCLINAÇÃO E POSIÇÃO DA BARREIRA	SIM	SIM	SIM

Observando a tabela acima, o conceito de "barreira de quedas" pode falhar mecanicamente, especialmente no que diz respeito a deslizamento e tombamento, podendo resultar na saída tanto da barreira quanto das estacas de sua área designada.

Por outro lado, ao adotar uma abordagem geométrica, é essencial conduzir um estudo detalhado da trajetória do objeto que cai, que chamaremos de "rocha". Com base nessa análise,



o dimensionamento da altura e posicionamento da barreira deve ser cuidadosamente calculado para garantir que ela possa interceptar eficazmente o bloco. Qualquer situação em que a rocha não seja contida pela barreira deve ser considerada uma falha no projeto.

Por último, mas não menos importante, a estrutura interna dos componentes e materiais que compõem nossa barreira deve ser criteriosamente projetada para garantir sua resistência e prevenir quaisquer falhas internas.

A tabela a seguir mostra os mecanismos responsáveis por "absorver" a energia de impacto da "rocha" e que devemos levar em conta para o projeto.

DISSIPACÃO DE ENERGIA DE IMPACTO DE ROCHA		
BARREIRA DINÂMICA	TERRAPLENO	BARREIRA DE QUEDAS
<ul style="list-style-type: none"> ENERGIA DISSIPADA POR DEFORMAÇÃO PLÁSTICA ENERGIA DISSIPADA POR DESLOCAMENTO ELÁSTICO 	<ul style="list-style-type: none"> ENERGIA DISSIPADA POR DEFORMAÇÃO PLÁSTICA ENERGIA DISSIPADA POR DESLOCAMENTO ELÁSTICO ENERGIA DISSIPADA POR ATRITO 	<ul style="list-style-type: none"> PESO PRÓPRIO DA BARREIRA (IMPACTO SEMI ELÁSTICO)

PROJETO MECÂNICO (DINÂMICO) DO MODELO "FALLEN DEFENSE"

ETAPA 1: CÁLCULO DA VELOCIDADE E ENERGIA DE IMPACTO

Uma das coisas mais relevantes e a primeira que tem de ser determinada é a energia de impacto da bateria com o modelo de "barreira de quedas". Para isso devemos calcular a velocidade final aproximada da pilha ou esfera ao atender ao impactar a barreira por meio da lei de conservação de energia e assumindo que se trata de um cilindro sólido que rola sem escorregar (somente o coeficiente de atrito estático será necessário para iniciar o movimento):

Expressão da conservação de energia

$$E_{P1} + E_{C1} = E_{P2} + E_{C2}$$

Desenvolvendo a expressão anterior

$$mgh + 0 = 0 + \left(\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I_0\omega^2\right)$$

m = Massa da(s) pilha(s) ou esfera(s) expressa em kg

g = Aceleração da gravidade, considerada como $9,81 \frac{m}{s^2}$

v = Velocidade final, expressada em m/s

I_0 = Momento de inercia de um cilindro $= \frac{1}{2}mr^2$

r = Raio do cilindro (pilha ou esfera)

ω = Velocidade angular $= \frac{v}{r}$



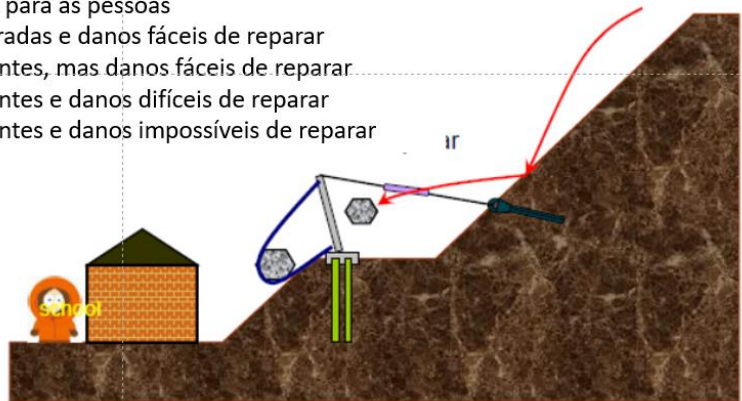
É relevante destacar que, ao realizar cálculos para projetos de barreiras dinâmicas, o nível de energia da barreira é determinado sem levar em consideração a velocidade de rotação da queda. Isso se deve ao fato de que uma rocha real não segue um comportamento ideal; além da possibilidade de rotação, ela pode apresentar deslizamento no solo e impulsos de restituição, conforme definido na expressão descrita na norma UNI 11211.

A **energia de projeto** (E_{sd}) é definida com a equação clássica da energia cinética, multiplicada por um coeficiente de segurança (γ_R)

$$E_{sd} \geq \left(\frac{1}{2} m_d v_d^2 + \frac{1}{2} I_d \omega_d^2 \right) \gamma_R$$

γ_R : Fator de segurança relacionado ao risco para as pessoas

- 1,00 – Consequências econômicas moderadas e danos fáceis de reparar
- 1,05 – Consequências econômicas relevantes, mas danos fáceis de reparar
- 1,10 – Consequências econômicas relevantes e danos difíceis de reparar
- 1,20 – Consequências econômicas relevantes e danos impossíveis de reparar





Continuando com os cálculos relativos à pilha ou esfera, continuamos a simplificar e desenvolver a expressão de conservação de energia:

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}mr^2\right)\frac{v^2}{r^2}$$

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{4}mv^2$$

$$mgh = \frac{3}{4}mv^2$$

$$v^2 = \frac{4}{3}gh$$

$$v = \sqrt{\frac{4}{3}gh}$$

Agora, considerando que a altura do modelo em escala é de 1:1 temos que a velocidade aproximada que a pilha ou esfera sai da rampa e se aproxima do impacto com a barreira é:

$$v = \sqrt{\frac{4}{3}\left(9.81\frac{m}{s^2}\right)*1.1m} \approx 3.8\frac{m}{s}$$

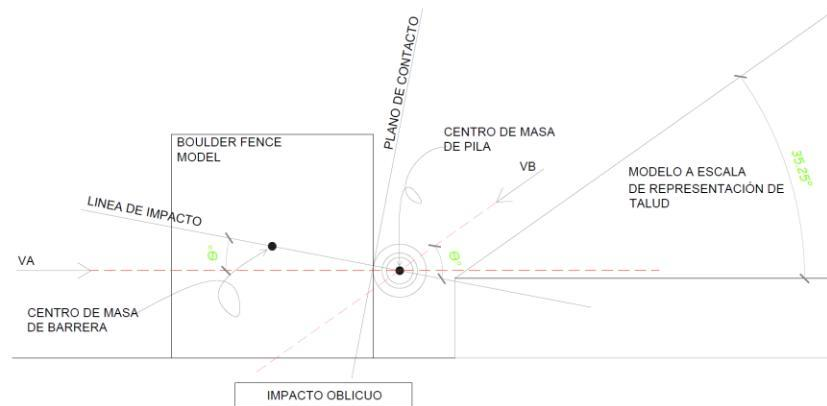
As diferentes energias de impacto variando a massa das rochas (número de baterias) são mostradas na tabela a seguir:

# de Pilhas/esferas	Massa (kg)	Energia de impacto (J)
1	0.135	1.456785
2	0.274	2.956734
3	0.412	4.445892
4	0.564	6.086124
5	0.695	7.499745
6	0.826	8.913366



PASSO 2: ESCOLHA DO TIPO DE IMPACTO.

Existem geralmente dois tipos de impacto, o chamado *impacto central* que ocorre quando a direção de movimento dos centros de massa das duas "partículas" (considerando totalmente uma análise da mecânica do corpo rígido e simplificando a barreira como partícula) vai ao longo de uma linha que passa pelos centros de massa das partículas. Essa linha é chamada de *linha de impacto*, que é perpendicular ao plano de contato. Agora, quando o movimento de uma ou ambas as partículas formam um ângulo em relação à linha de impacto, o impacto é dito oblíquo. Para determinar o tipo de impacto a que nos referimos, temos a seguinte imagem de análise.



Pode-se deduzir com a imagem anterior que sempre (para este modelo de teste) apresentaremos um impacto do tipo oblíquo, independente da altura da barreira escolhida, as linhas de movimento (VA e VB) nunca coincidirão com a linha de impacto.



PASSO 3: DECOMPOSIÇÃO DA VELOCIDADE.

Ao decompor cada uma das velocidades iniciais em componentes x e y, considerando que o centro de massa da barreira está acima do centro de massa da pilha ou esfera, temos:

$$(V_{Ax})_1 = 0$$

$$(V_{Bx})_1 = -V_B * \cos(\theta_a + 35.25) = -3.8 \frac{m}{s} * \cos(\theta_a + 35.25)$$

$$(V_{Ay})_1 = 0$$

$$(V_{By})_1 = -V_B * \text{sen}(\theta_a + 35.25) = -3.8 \frac{m}{s} * \text{sen}(\theta_a + 35.25)$$

É importante ressaltar que a partícula identificada com a letra "A" corresponde à barreira e a identificada com a letra "B" é a que corresponde à rocha (baterias).

Agora fazemos uso da expressão de conservação da quantidade de movimento na direção "x":

$$m_A(v_{Ax})_1 + m_B(v_{Bx})_1 = m_A(v_{Ax})_2 + m_B(v_{Bx})_2$$
$$0 + m_B \left(-3.8 \frac{m}{s} * \cos(\theta_a + 35.25) \right) = m_A(v_{Ax})_2 + m_B(v_{Bx})_2$$

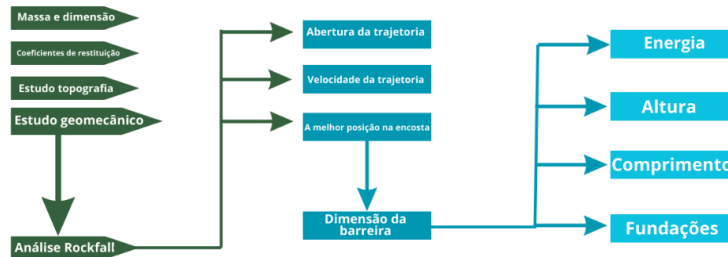
Agora, até este momento continuamos a ter como variáveis as 2 velocidades finais após o impacto (quanto à massa da partícula B que corresponde à rocha não é desconhecida uma vez que é a que irá variar em termos do número de baterias e da massa da partícula "A", que também é variável, tendo como limite o peso máximo do material disponível para a criação da barreira).

PASSO 4: ESCOLHA DO COEFICIENTE DE RESTITUIÇÃO E COEFICIENTE DE ATRITO.

Neste ponto do processo de cálculo entra uma relação muito importante tanto no projeto de um projeto real de barreira contra queda de rocha como também para este modelo em escala, que é o coeficiente de restituição. Este valor refere-se à relação da velocidade relativa da separação das partículas logo após o impacto, com as velocidades de aproximação das partículas pouco antes do impacto. De acordo com a abordagem de projeto em projetos reais de engenharia de queda de rochas existem 2 métodos para determinar este coeficiente, o primeiro através de uma retroanálise e o segundo e mais utilizado é definido através de dados da literatura.



Tipos de terreno		Coeficientes de restituição	
Numero	Nome	Rn	Rt
1	Rocha	0.40	0.80
2	Solo	0.20	0.45
3	Madeira	0.31	0.60
4	Via férrea	0.20	0.20



**Imagem à esquerda refere-se a uma tabela de valores dos coeficientes de restituição encontrados na literatura, imagem à direita você pode ver uma espécie de diagrama com os requisitos e etapas de projeto de uma barreira.

Para o modelo "Barreiras de quedas" começaremos a utilizar um valor teórico obtido do livro "Engenharia Mecânica Dinâmica" 12ª edição do R.C. Hibbeler:

$$e = \frac{(v_{Bx})_2 - (v_{Ax})_2}{(v_{Ax})_1 - (v_{Bx})_1} = 0.2$$

Onde:

e = Coeficiente de restituição

É importante comentar que esse valor pode ser ajustado empiricamente por meio de testes práticos, mas para iniciar a análise, o valor obtido na literatura é um bom ponto de partida.

É necessário também determinar um coeficiente de atrito entre a barreira e sua superfície de contato. Da mesma forma que o coeficiente de restituição, existem alguns valores teóricos que podem ser adotados. Este valor pode ser ajustado com testes práticos.



Materiais	Coefficiente de atrito estático	Coefficiente de atrito dinâmico
Aço - Aço	0,74	0,57
Alumínio - Aço	0,61	0,47
Cobre - Aço	0,53	0,36
Latão - Aço	0,51	0,44
Borracha - Concreto	1	0,8
Maderia - Madeira	0,3	0,2
Vidro - Vidro	0,94	0,4
Cobre - Vidro	0,68	0,53
Gelo - Gelo	0,1	0,03
Teflón - Teflón	0,04	0,04
Teflón - Aço	0,04	0,04

Serway. Física para Cientistas e Engenheiros Sears, Z & Y. Física Universitaria.

Para iniciar os cálculos usaremos um valor de Coeficiente cinético de atrito conservador. A força de atrito a ser apresentada é expressa da seguinte forma:

$$f_k = \mu_k N$$

N = é a magnitude da força normal em kg

Assim, para determinar o deslocamento que ocorrerá após o impacto em relação à partícula A (barreira) temos a seguinte equação de energia, considerando as perdas por atrito:

$$T_1 + \sum U_{1-2} = T_2$$

T_1 = Energía cinética inicial de la partícula A

$\sum U_{1-2}$ = Perdas de energía

T_2 = Energía cinética final (en este caso será cero cuando deje de moverse)

ETAPA 5: CÁLCULO DAS VELOCIDADES FINAIS 2 APÓS O IMPACTO, PERDA DE ENERGIA DA BARREIRA APÓS O IMPACTO, DESLOCAMENTO E ANÁLISE DOS ÂNGULOS E PESOS.

O próximo passo é resolver simultaneamente o sistema de equações de duas expressões e duas incógnitas mostradas abaixo. Uma vez obtidas as velocidades finais em "x" de ambas as partículas após o impacto, calcula-se o deslocamento do BFM por meio da energia cinética final e a perda de energia por atrito.



$$m_B \left(-3.8 \frac{m}{s} * \cos(\theta_a + 35.25) \right) = m_A(v_{Ax})_2 + m_B(v_{Bx})_2$$
$$e = \frac{(v_{Bx})_2 - (v_{Ax})_2}{(v_{Ax})_1 - (v_{Bx})_1} = \frac{(v_{Bx})_2 - (v_{Ax})_2}{(0)_1 - (v_{Bx})_1} = \frac{(v_{Bx})_2 - (v_{Ax})_2}{-(v_{Bx})_1}$$

PROJETO FÍSICO E GEOMÉTRICO DA BARREIRA BASEADO EM ANÁLISE TEÓRICA

Com base em todos os resultados obtidos, será realizada uma análise destes para determinar o peso, posicionamento e forma ideais do modelo de "barreira de quedas", sendo importante comentar que as dimensões propostas nesta parte do projeto podem ser ajustadas com alguns testes prático.

PASSO 1: CAMINHO DA BATERIA

Para traçar a trajetória das rochas em nosso modelo em escala, contamos com um modelo CAD simples. Com o acima você pode determinar a zona de impacto.

PASSO 2: PESO DA BARREIRA E CENTRO DE GRAVIDADE

Para a escolha do peso e centro de gravidade da barreira buscaremos uma balança, a fim de utilizar a menor quantidade de material possível para obter um deslocamento não tão grande que nos garanta que tanto o nosso modelo "barreira de quedas" permanecerá no local quanto as baterias irão impactar dentro da área indicada.

PASSO 2: PROJETO GEOMÉTRICO DO MODELO DE BARREIRA DE QUEDAS E POSICIONAMENTO

A barreira deve ter um desenho em termos de peso e deslocamento permitido para não ser desclassificada. Considerando a incerteza do projeto e os fatores de segurança no projeto.



Desqualificação

Todas as equipes que:

- Plagiarem o trabalho teórico
- Fizerem uso de ferramentas ou instrumentos que não estão listados neste documento ou que não tenham sido aprovados pelo comitê.

Qualquer outro evento que por ventura venha interferir no bom andamento do desafio, bem como, decisões que não estão explícitas neste edital, serão votadas pelos membros da equipe organizadora.

Cerimônia de premiação

O resultado será divulgado no dia do evento com base na decisão emitida pelo júri e comissão organizadora.

A premiação será oferecida pela Maccaferri, patrocinadora do evento, aos 3 primeiros colocados.

Prêmios

Primeira colocada: 4 mochilas e 4 calculadoras gráficas Cassio.

Segunda colocada: 4 mochilas e 4 Alexas.

Terceira colocada: 4 mochilas e 4 garrafas térmicas.

Bibliografia:

- R.C. HIBBELER. (2010). DYNAMIC Engenharia Mecânica. México: PEARSON EDUCAÇÃO.
- ROBERTO RESNICK. (1964). FÍSICA PARA ESTUDANTES DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA. Cidade do México: Continental S.A.
- Manuais de barreira contra queda de rochas, MACCAFERRI