

# **CLME2022–VI CEM**

---

**Desafios da Engenharia na Cooperação  
para o Desenvolvimento e Combate às  
Alterações Climáticas**

## Patrocínios

---

Este livro e a organização do 9º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia / VI Congresso de Engenharia de Moçambique, realizado em Maputo/Moçambique, de 28 de Agosto a 1 de Setembro de 2022, beneficiaram do patrocínio das seguintes empresas e instituições, cujas contribuições muito agradecemos:

*Abreu/PCO-Professional Congress Organizers*  
*Associação Portuguesa de Mecânica Experimental*  
*Comissão Portuguesa de Geotecnia nos Transportes*  
*Comunidade dos Países de Língua Portuguesa*  
*Consulado de Moçambique no Porto e Região Norte de Portugal*  
*Edgar Cardoso, Lda - Laboratório de Estruturas*  
*Electricidade de Moçambique*  
*Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*  
*Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane*  
*Grupo Visabeira*  
*Hidroeléctrica de Cahora Bassa*  
*Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica E Gestão Industrial*  
*Ordem dos Engenheiros de Moçambique*  
*Ordem dos Engenheiros de Portugal*



# **CLME2022–VI CEM**

---

## **Desafios da Engenharia na Cooperação para o Desenvolvimento e Combate às Alterações Climáticas**

**Editores**

---

*J.F. Silva Gomes, Carlos C. António  
Clito F. Afonso e António S. Matos*

**(2022)**

Publicado por  
INEGI-Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial  
Rua Dr Roberto Frias, 4200-465 Porto - Portugal  
Telefone: +351 22 9578710; Email: [inegi@inegi.up.pt](mailto:inegi@inegi.up.pt)  
<http://www.inegi.up.pt/>

Agosto, 2022

ISBN: 978-989-54756-4-3  
Nº de Depósito Legal: 423742/22

Execução Gráfica: LusoImpress S.A.  
Rua Venceslau Ramos, 28 - 4430-929 Avintes, Portugal  
Tel:+351 22 787 73 20; Fax:+351 22 787 73 29  
[www.lusoimpress.com](http://www.lusoimpress.com)

---

*Reservados todos os direitos de harmonia com a lei.  
Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida, guardada pelo sistema "retrieval" ou transmitida por qualquer meio, seja electrónico, mecânico, gravação ou outros, sem autorização prévia por escrito dos editores*

17175	MINIMIZAÇÃO DE CUSTOS DAS OPERAÇÕES DE LAVRA DE MINAS BASEADO NA FRAGMENTAÇÃO DE ROCHAS. Neves Semente Jemuca, Vidal Félix N. Torres.	219
17397	IMPLICAÇÕES SOCIOECONÓMICAS E AMBIENTAIS DA EXPLORAÇÃO DE ÁGUAS-MARINHAS – CASO DE ESTUDO POVOADO DE MALILONGUÉ, TETE-MOÇAMBIQUE. Evaristo M. João, Erik Simões, Romualdo Brito, Mussa Achimo.	221
17478	GEORREFERENCIAÇÃO DE FOTOS AÉREAS DAS PROVÍNCIAS DE NIASA E CABO DELGADO. Jorge Medina, Hairazate Abdurramene.	223
17507	CONTRIBUIÇÃO DE MODELOS ESTOCÁSTICOS NO ESTUDO DA CONTAMINAÇÃO DE ANTIGAS EXPLORAÇÕES MINEIRAS. Joaquim Góis, Paulo Carvalho, Margarida Antunes, Teresa Albuquerque.	225
18028	VAZAMENTOS ATRAVÉS DE DANOS EM GEOMEMBRANAS. Caio S. Camargos, Ennio M. Palmeira.	227
	<b>SESSÕES ESPECIAIS (SIMPÓSIOS)</b>	229
	<b>SIMPÓSIO 1: INOVAÇÃO NO ENSINO DA ENGENHARIA</b>	231
17081	SOME NEW EXERCISES ON COMPUTABILITY THEORY ASSOCIATED WITH UNIVERSAL TURING MACHINE. Boris Tanana.	233
17189	DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CONTROLO DE MUDAS DE TOMATE. ESTUDO DE CASO: INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO AGRONÓMICA DE MOÇAMBIQUE (IIAM). Dalilo Rui Tembe, Omar A. Anlaue, Roxan Ará Cadir.	235
17282	ENSINO DA ENGENHARIA BASEADO EM PROJETO EM CONTEXTO TRADICIONAL: UMA EXPERIÊNCIA PEDAGÓGICA. Luis Almeida, Mário Sousa, Pedro Souto.	237
17314	EXCELLENCE AND EQUITY IN HIGHER EDUCATION THROUGH BLENDED MOBILITY. Nuno Escudeiro, Paula Escudeiro.	239
17461	PLANEJAMENTO DE TRAJETÓRIAS EM UM BRAÇO ROBÓTICO DIDÁTICO POR INTEGRAÇÃO ENTRE ARDUINO E MATLAB. Atan A. Cardoso, Adauto M. Assis.	241
19211	A UNIDADE CURRICULAR DE OTIMIZAÇÃO DE SISTEMAS MECÂNICOS DO MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA (UP). Carlos C. António.	243
	<b>SIMPÓSIO 2: GEOTECNIA ACTIVA NAS INFRAESTRUTURAS</b>	245
17214	A CONSTRUÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS DE AMBITO GEOTÉCNICO E DE PERIGOSIDADE, EM ÁREAS URBANAS – CASO DA CIDADE DA GUARDA. António Monteiro, Luis A. Pais, Carlos Rodrigues, Paulo Carvalho, Victor Cavaleiro, Luis M. Ferreira Gomes.	247
17279	ATERROS EM OBRAS RODOVIÁRIAS OU FERROVIÁRIAS - IMPORTÂNCIA DA COMPACTAÇÃO DE SOLOS NA DEFINIÇÃO DA SUA GEOMETRIA. José Serrão, Paula Faria.	249

17373	ABORDAGEM TRADICIONAL E SEQUENCIAMENTO DIRETO DE BLOCOS NO PLANEJAMENTO DE LAVRA A LONGO PRAZO. Mário Rodrigues, Alizeibek Nader.	251
17433	CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DA FUNDAÇÃO DUM PAVIMENTO SEGUNDO O MÓDULO DE DEFORMABILIDADE E O CBR. Hermínia M.M. Morais, António Miguel Paula, Manuel J.C. Minhoto.	253
17931	ESTIMATIVA DA CAPACIDADE DE CARGA AXIAL DE ESTACAS ESCAVADAS EQUIPADAS COM A TECNOLOGIA EXPANDER BODY EM SOLO LATERÍTICO. Fernando S. Monteiro, Renato P. Cunha, Daniela Abrahami.	255
19071	PLANEAMENTO DE TURISMO INTEGRADO SUSTENTÁVEL - O CASO DA AMEIXIOSA EM SÃO PEDRO DO SUL. C. Beato, A. Simões, L.F. Gomes, P. Carvalho, M. Pinto.	257
	<b>SIMPÓSIO 3: RECURSOS HÍDRICOS</b>	259
16481	ADAPTAÇÃO DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE DRÁSTICO AOS POÇOS DA CIDADE DA BEIRA, MOÇAMBIQUE. Albertina A.A. Nhavoto, António Guerner Dias, Daniel Agostinho.	261
16555	DEDUÇÃO DAS NOVAS EQUAÇÕES DAS CURVAS CARACTERÍSTICAS DA ALBUFEIRA DE CAHORA BASSA. José R. Matola.	263
17185	IMPACTOS DA AGRICULTURA, INDUSTRIALIZAÇÃO, MINERAÇÃO E URBANIZAÇÃO NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA. Jacinto Emília Laquene, Albano Sâlzon Maparagem.	265
17196	SIMULAÇÃO DO DECAIMENTO DE BACTÉRIAS E COLI EM LAMAS FECAIS, BASEADA EM ESTUDOS DE CASO EM PORTUGAL E MOÇAMBIQUE. Raúl Mutevuie Jr, Osvaldo Moiambo, Filipa M.S. Ferreira, José Saldanha Matos.	267
17258	ESTUDOS DAS MASSAS DE ÁGUA SUBTERRÂNAS DA ZONA DE PENAMACOR COM OBJETIVO A IMPLANTAR UMA NOVA UNIDADE TERMAL EM PORTUGAL. Luis M. Ferreira Gomes.	269
17267	MODELAÇÃO HIDRÁULICA DE UM SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA – APLICAÇÃO A UMA ZONA DA BEIRA/MOÇAMBIQUE. Francisco J. Araújo, José A.A. Sá Marques, Ana M.S. Ferreira.	271
17518	AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE VALA DE DRENAGEM AGRÍCOLA “ WETLAND ARTIFICIAL ” NO TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO DO 1º E 2º BAIRRO DO MUNICÍPIO DE CHÓKWÈ. Mário T.A. Matangue, Edilton J. Miguel.	273
17538	ESTUDO DOS EFLUENTES LÍQUIDOS HOSPITALARES - HOSPITAL CENTRAL DA BEIRA. Stelio F.E. Moutinho, Antonio I.C. Saluda, Leonildo M. Vaz.	275
17539	OPTIMIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DE CLARIFICAÇÃO DA ÁGUA DO RIO PUNGUE COM O USO ASSOCIADO DOS COAGULANTES SULFATO DE ALUMÍNIO E SUDFLOC. Leonildo M. Vaz, Salvador Grande, Stelio F.E. Moutinho.	277
19050	OUTORGAS: O MELHOR INSTRUMENTO PARA GERENCIAR OS RECURSOS HÍDRICOS. EXPERIÊNCIA DO EST. DE SÃO PAULO, BRASIL. José A.S. Gonçalves.	279

# **CLME2022 – VI CEM**

## **Desafios da Engenharia na Cooperação para o Desenvolvimento e Combate às Alterações Climáticas**

### **SIMPÓSIO - 2**

#### **GEOTECNIA ACTIVA NAS INFRAESTRUTURAS**

##### **Coordenadores**

**Luis José Andrade Pais<sup>(\*)</sup>, Paulo E. Maia de Carvalho<sup>(\*)</sup>**  
Universidade da Beira Interior  
Covilhã, Portugal

---

<sup>(\*)</sup>Editores Associados para os artigos deste Simpósio

ARTIGO Nº 17279

## **ATERROS EM OBRAS RODOVIÁRIAS OU FERROVIÁRIAS - IMPORTÂNCIA DA COMPACTAÇÃO DE SOLOS NA DEFINIÇÃO DA SUA GEOMETRIA**

**José Serrão<sup>(\*)</sup>, Paula Faria**

Departamento de Geociências, ECT, Universidade de Évora, Portugal. ; <sup>3</sup>GeoBioTec, Portugal

<sup>(\*)</sup>*Email*: josegreg94@hotmail.com

### **RESUMO**

Os aterros são construídos pela compactação sucessiva de camadas de solos com características adequadas para este efeito (ou seja, solos com características aceites à luz do caderno de encargos do empreendimento), devendo essa compactação corresponder o mais possível aos valores de compactação padrão, obtidos em ensaio de compactação laboratorial.

Por outro lado, a geometria dos aterros deve ser determinada garantindo a estabilidade da estrutura, em particular a estabilidade dos seus taludes.

Estudou-se a relação entre a variação do valor do factor de segurança associado ao cálculo de estabilidade de dois aterros constituídos pelo mesmo solo, em função da variação do teor em água aquando da sua compactação.

**Palavras-chave:** aterro, talude, resistência ao corte, teor em água, estabilidade, fator de segurança, *geoslope*.

### **INTRODUÇÃO**

Os aterros, estruturas fundamentais das obras de terra, constituem parte integrante dos empreendimentos viários (rodoviários ou ferroviários) e são contruídos em cumprimento das prescrições técnicas definidas no caderno de encargos e projeto de execução, associados à obra em que se inserem.

Os aterros são construídos pela compactação sucessiva de camadas de solos com características adequadas para este efeito (ou seja, solos com características aceites à luz do caderno de encargos), devendo essa compactação corresponder o mais possível aos valores de compactação padrão, obtidos em ensaio de compactação laboratorial.

Por outro lado, a geometria dos aterros deve ser determinada garantindo a estabilidade da estrutura, em particular a estabilidade dos seus taludes.

Neste documento pretende-se mostrar de que modo varia o valor do fator de segurança de um talude de aterro construído com uma determinada geometria, em função do grau de compactação do solo usado na sua construção, considerando-se a aplicação da mesma energia e fazendo variar o valor do teor em água do solo. Para o efeito, considerou-se um solo classificado como A-2-4 (0) pela classificação para fins rodoviários (ASTHO) e como SM-areia solta, pelo Sistema Unificado de Classificação de Solos.

Realizou-se a compactação com diferentes teores de humidade e a mesma energia de compactação, fazendo variar assim o valor de grau de compactação atingido em cada caso, determinando-se então, para cada caso, os parâmetros da resistência ao corte (coesão e ângulo

de atrito). Com estes dados, realizou-se o cálculo de estabilidade pelo método de Bishop, dos taludes de dois aterros, com recurso ao *Geoslope*.

## RESULTADOS

Apresentam-se os dados de caracterização do solo, bem como as imagens resultantes dos cálculos realizados para todas as simulações de aterros construídos com aplicação de solos compactados com determinado valor de grau de compactação.

## CONCLUSÕES

A resistência ao corte dos solos é definida pelos parâmetros de coesão e ângulo de atrito, variando estes em função do teor em água com que os solos são compactados.

No presente caso, a coesão diminui com o aumento do teor em água, ao passo que o ângulo de atrito aumenta.

Da conjugação destes fatores ( $C$ ,  $\phi$ ,  $\gamma$ ) para este solo e esta geometria de aterro, verifica-se que o fator de segurança (F.S.) é maior para uma compactação na fase seca, acompanhando a tendência de comportamento exibida pela coesão.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à GEOSLOPE International Ltd, e a Tim Cheng, Coordenador de Marketing, pelo fornecimento de licença do software para a realização destes estudos.

## REFERÊNCIAS

- [1] Serrão, J. (2018). Contribuição para o estudo da influência do teor em água na resistência de solos compactados, Dissertação de mestrado, Departamento de Geociências, Universidade de Évora.
- [2] BS 1377 Part 7 (1990) – “Soil testing”.
- [3] LNEC E 197 (1966) – Solos. Ensaio de compactação. LNEC, Lisboa.
- [4] <https://www.geoslope.com/products/slopew/features>.