

**Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo
(Organizadores)**

Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica 4



Jorge González Aguilera

Alan Mario Zuffo

(Organizadores)

Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica 4

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Karine de Lima
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	Ciências exatas e da terra e a dimensão adquirida através da evolução tecnológica 4 [recurso eletrônico] / Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida Através da Evolução Tecnológica; v. 4) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-475-7 DOI 10.22533/at.ed.757191107 1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. 2. Tecnologia. I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan Mario CDD 509.81
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica vol. 4*” aborda uma publicação da Atena Editora, apresenta, em seus 22 capítulos, conhecimentos tecnológicos e aplicados as Ciências Exatas e da Terra.

Este volume dedicado à Ciência Exatas e da Terra traz uma variedade de artigos que mostram a evolução tecnológica que vem acontecendo nestas duas ciências, e como isso tem impactado a vários setores produtivos e de pesquisas. São abordados temas relacionados com a produção de conhecimento na área da matemática, química do solo, computação, geoprocessamento de dados, biodigestores, educação ambiental, manejo da água, entre outros temas. Estas aplicações visam contribuir no aumento do conhecimento gerado por instituições públicas e privadas no país.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Exatas e da Terra, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área da Física, Matemática, e na Agronomia e, assim, contribuir na procura de novas pesquisas e tecnologias que possam solucionar os problemas que enfrentamos no dia a dia.

Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DE SOBREVIVÊNCIA DE CÉLULAS DE CARCINOMA DE CÂNCER CANINO APÓS IRRADIAÇÃO COM EQUIPAMENTO DE COBALTO	
Paula de Sanctis Brunno Felipe Ramos Caetano Luis Maurício Montoya Flórez Valéria Barbosa de Souza Luís Fernando Barbisan Marco Antônio Rodrigues Fernandes Ramon Kaneno Rogério Antônio de Oliveira Willian Fernando Zambuzzi Noeme Sousa Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.7571911071	
CAPÍTULO 2	15
AVALIAÇÃO COMPUTACIONAL DE INTERAÇÕES ENTRE AS PROTEÍNAS M E M2-1 DO VÍRUS SINCICIAL RESPIRATÓRIO HUMANO (HRSV) E RIBAVIRINA	
Ernesto Tavares Neto Leandro Cristante de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.7571911072	
CAPÍTULO 3	23
ENCAPSULAMENTO DE NANOPARTÍCULAS FERROMAGNÉTICAS EM MATRIZ EPOXÍDICA PARA O TRATAMENTO DE HEPATOCARCINOMA	
Bruno de Vasconcellos Averaldo Hangai Alexandre Zirpoli Simões	
DOI 10.22533/at.ed.7571911073	
CAPÍTULO 4	38
ESTUDO QUÍMICO DO EXTRATO CLOROFÓRMICO DAS FOLHAS DA <i>Annona muricata</i> L.	
Maria Luiza da Silva Pereira Karoline Pereira Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.7571911074	
CAPÍTULO 5	48
MÉTODO SIMPLIFICADO PARA CALCULAR A ROTAÇÃO DO SOL	
Matheus Leal Castanheira Dietmar Willian Foryta	
DOI 10.22533/at.ed.7571911075	
CAPÍTULO 6	55
MONITORAMENTO AMBIENTAL DOS FOCOS DE QUEIMADAS NO ESTADO DE ALAGOAS PARA OS ANOS DE 2015 E 2016	
Esdras de Lima Andrade Whendel Cezar Silva de Couto Daniel Nivaldo da Conceição Alex Nazário Silva Oliveira Elizangela Lima de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.7571911076	

CAPÍTULO 7	64
MONITORAMENTO DE IMPACTOS AMBIENTAIS PÓS-IMPLANTAÇÃO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS E AÇÕES CORRELATAS DO ÓRGÃO AMBIENTAL FISCALIZADOR	
Poliana Arruda Fajardo	
DOI 10.22533/at.ed.7571911077	
CAPÍTULO 8	74
OSCILADOR HARMÔNICO: MODELO PARA A DESCRIÇÃO DE SISTEMAS FÍSICOS EM EQUILÍBRIO ESTÁVEL SOFRENDO PEQUENAS OSCILAÇÕES	
Pedro Henrique Ferreira de Oliveira João Philipe Macedo Braga	
DOI 10.22533/at.ed.7571911078	
CAPÍTULO 9	86
PALAVRAS CRUZADAS: UMA FERRAMENTA LÚDICA NO ENSINO DE MATEMÁTICA E DAS CIÊNCIAS DA NATUREZA	
Osmar Luís Nascimento Gotardi Andréa Martini Ribeiro Fernanda Marchiori Grave Letícia Cristiane Malakowski Heck Mario Victor Vilas Boas	
DOI 10.22533/at.ed.7571911079	
CAPÍTULO 10	102
QUANTIFICAÇÃO DE P-FENILENODIAMINA (PPD) EM FORMULAÇÃO DE CORANTE PERMANENTE DE CABELO	
Maria Letícia Mendes Soares Thamiris Costa dos Santos Carolina Venturini Uliana Mariele Mucio Pedroso Hideko Yamanaka	
DOI 10.22533/at.ed.75719110710	
CAPÍTULO 11	111
RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DIRETO DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)	
Mariana Basolli Borsatto Beatriz Garcia Silva Paulo César Lodi Rogério Custódio Azevedo Souza Bruna Rafaela Malaghini Caio Henrique Buranello dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.75719110711	

CAPÍTULO 12	121
SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO PARA O DESENVOLVIMENTO SEGURO DE BIOPROCESSOS	
Milson dos Santos Barbosa Lays Carvalho De Almeida Isabelle Maria Duarte Gonzaga Aline Resende Dória Luma Mirely Souza Brandão Isabela Nascimento Souza Débora da Silva Vilar Juliana Lisboa Santana Priscilla Sayonara de Sousa Brandão	
DOI 10.22533/at.ed.75719110712	
CAPÍTULO 13	129
SÍNTESE DOS NÍVEIS INTERPRETANTES DAS ESTAÇÕES DO ANO APRESENTADOS POR FUTUROS PROFESSORES DE CIÊNCIAS	
Daniel Trevisan Sanzovo Carlos Eduardo Laburú	
DOI 10.22533/at.ed.75719110713	
CAPÍTULO 14	140
SISTEMA DE CONTROLE EMPREGANDO TECNOLOGIA RFID	
Felipe de Carvalho Forti Alexandre César Rodrigues da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.75719110714	
CAPÍTULO 15	150
TÉCNICAS DE MEDIÇÃO BASEADAS NA FUNÇÃO DE RESPOSTA EM FREQUÊNCIA PARA DETECÇÃO DE DANO BASEADA NA IMPEDÂNCIA ELETROMECAÂNICA	
Guilherme Silva Bergamim Caio Henrique Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.75719110715	
CAPÍTULO 16	164
TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADAS À MINERAÇÃO NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO SERIDÓ POTIGUAR	
Paulo Sérgio de Rezende Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.75719110716	
CAPÍTULO 17	180
UM ESTUDO SOBRE ANÉIS LOCAIS	
Brendol Alves Oliveira Gomes Eliris Cristina Rizzioli	
DOI 10.22533/at.ed.75719110717	
CAPÍTULO 18	192
UMA VISÃO GERAL DE FRAMEWORKS PHP POPULARES PARA PROGRAMAÇÃO WEB	
Lilian N A Lazzarin Leandro do Nascimento dos Anjos João Florentino da Silva Junior	
DOI 10.22533/at.ed.75719110718	

CAPÍTULO 19	202
UM PANORAMA DA QUALIDADE DA INTERNET BANDA LARGA NA REGIÃO DO MATO GRANDE	
Igor Augusto De Carvalho Alves	
Hellen Adélia Oliveira Da Cruz	
Maria De Lourdes Assunção Soares Dantas Fonseca	
DOI 10.22533/at.ed.75719110719	
CAPÍTULO 20	216
USO DE SUPPORT VECTOR MACHINE EM AMBIENTE SUBTERRÂNEO: APLICAÇÃO EM POÇO DE MONITORAMENTO PARA REGRESSÃO DE DADOS DE NÍVEL DE ÁGUA	
Thiago Boeno Patricio Luiz	
Guilherme de Freitas Gaiardo	
José Luiz Silvério da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.75719110720	
CAPÍTULO 21	229
UTILIZAÇÃO DA DIFRAÇÃO DE RAIOS X NA CARACTERIZAÇÃO DO HIDRÓXIDO DUPLO LAMELAR (HDL) MG/AL E SEU EFEITO MEMÓRIA	
Victor De Aguiar Pedott	
Elton Luis Hillesheim	
Iemedelais Bordin	
Rogério Marcos Dallago	
Marcelo Luís Mignoni	
DOI 10.22533/at.ed.75719110721	
CAPÍTULO 22	237
UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÕES NUMÉRICAS PARA ESTUDO DE ONDAS OCEÂNICAS	
Matheus José de Deus	
Mateus das Neves Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.75719110722	
SOBRE OS ORGANIZADORES	242

RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DIRETO DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)

Mariana Basolli Borsatto

UNESP - Faculdade de Engenharia de Bauru
(FEB)
Bauru (SP)

Beatriz Garcia Silva

UNESP - Faculdade de Engenharia de Bauru
(FEB)
Bauru (SP)

Paulo César Lodi

UNESP - Faculdade de Engenharia de Bauru
(FEB)
Bauru (SP)

Rogério Custódio Azevedo Souza

UNESP - Faculdade de Engenharia de Bauru
(FEB)
Bauru (SP)

Bruna Rafaela Malaghini

UNESP - Faculdade de Engenharia de Bauru
(FEB)
Bauru (SP)

Caio Henrique Buranello dos Santos

UNESP - Faculdade de Engenharia de Bauru
(FEB)
Bauru (SP)

RESUMO: Este trabalho avaliou o cisalhamento direto de interface em amostras de poliestireno expandido (EPS) em equipamento convencional de acordo com a ASTM D3080. As amostras foram fornecidas por empresa nacional em

três diferentes massas específicas (10, 20 e 30 kg/m³). Foram utilizadas pressões normais de 10, 20, 30 e 40 kPa para as amostras de 10 e 20 kg/m³ e, para o maior valor de massa específica (30 kg/m³), pressões normais de 50 e 60 kPa também foram utilizadas. Os principais resultados mostram que, em termos de tensão versus deformação, nenhuma das massas específicas apresentou um pico de tensão definido. Com relação às amostras de 30 kg/m³, o material mostrou um padrão no comportamento relacionado às diferentes cargas aplicadas, apresentando curvas melhor definidas e um aumento nos valores de tensão de cisalhamento. A envoltória de ruptura obtida mostra que as amostras de 10 kg/m³ apresentaram parâmetros de resistência relativamente baixos quando comparados aos demais. Os valores estão de acordo com os valores da literatura nacional e internacional. Em geral, uma tendência no comportamento ao cisalhamento direto é observada: com o aumento da massa específica, há um decréscimo dos valores de coesão e um acréscimo dos valores de ângulo de atrito.

PALAVRAS-CHAVE: Poliestireno expandido (EPS), Resistência ao cisalhamento, Cisalhamento direto de interface.

ABSTRACT: This work evaluated interface direct shear in expanded polystyrene (EPS) samples

in conventional equipment according to ASTM D3080. The samples were supplied by a national company in three different specific masses (10, 20 and 30 kg / m³). Normal stress of 10, 20, 30 and 40 kPa were used for the 10 and 20 kg / m³ samples and, for the highest specific mass value (30 kg / m³), normal stress of 50 and 60 kPa were also used. The main results show that, in terms of stress-strain, none of the specific masses had a defined stress peak. Regarding the samples of 30 kg / m³, the material showed a pattern in the behavior related to the different loads applied, presenting better defined curves and an increase in the values of shear stress. The rupture envelope obtained shows that the samples of 10 kg / m³ presented relatively low resistance parameters when compared to the others. The values are in agreement with the ones of national and international literature. In general, a trend in direct shear behavior is observed: with an increasing on specific mass, there is a decrease in cohesion values and an increase in the friction angle values.

KEYWORDS: Expanded Polystyrene (EPS), Shear Strength, Interface Direct Shearing.

1 | INTRODUÇÃO

O poliestireno expandido (EPS), ou geoexpandido (Geofoam, do inglês), é um geossintético geralmente empregado em aplicações geotécnicas na forma prismática (retangular). Por possuir massa específica menor que a água (variações de 15 a 40 kg/m³), alta resistência mecânica e baixa compressibilidade, suas principais aplicações estão voltadas para obras onde seja necessário minimizar-se o tempo de execução bem como as tensões que chegarão ao solo ou cota de interesse, no caso de outros materiais, como em lajes de concreto, por exemplo. Dentre estas, podem-se elencar a construção de estradas sobre solos com baixa capacidade de suporte, alargamento de rodovias, aterros leves de encontros de pontes/viadutos e de aterros ferroviários, proteção de tubulações, oleodutos, pontões e estruturas enterradas, paisagismo e telhados verdes, estabilização de taludes, assentos/arquibancadas em estádios e teatros, barragens, aeroportos e pistas para taxiamento em geral, bem como outras aplicações especializadas (AVESANI NETO, 2008; SUN et al., 2009; MCGUIGAN and VALSANGKAR, 2010; JAFARI, 2010; STARK et al., 2012; BARTLETT et al., 2015).

O geoexpandido quando utilizado em aterro sobre solos moles, sub-base de pavimentos, encontro de pontes e outras aplicações subterrâneas sofre solicitações dinâmicas causadas pelo tráfego de veículos e solicitações de cargas constantes. No contexto da análise de estabilidade de estruturas leves que utilizam blocos, é necessário proceder-se à avaliação de análises internas e externas dos modos de ruptura. Em particular, uma análise de estabilidade externa de uma estrutura de blocos de geoexpandido requer conhecimento sobre o comportamento do cisalhamento de um bloco individual porque, frequentemente, o fator de segurança do plano de ruptura que passa através da montagem de bloco é investigado. Dessa forma, o comportamento da resistência ao cisalhamento ao longo da interface entre dois blocos de geoexpandido (EPS/EPS) necessita ser avaliado (ÖZER & AKAY, 2016).

Vários estudos tem sido conduzidos em interfaces de EPS/EPS para avaliar-se as propriedades de resistência ao cisalhamento (SHEELEY, 2000; SHEELEY & NEGUSSEY 2000; ATMATZIDIS et al., 2001; NEGUSSEY et al., 2001; BARRETT, 2008).

Apesar de diversas pesquisas sobre o produto e suas aplicações, nota-se que o manancial de informações sobre o EPS está restrito ainda ao contexto internacional, em particular, em aplicações de aterros moles, encontros de pontes e viadutos e bases de pavimentos (vejam-se por exemplo os trabalhos de SHEELEY, 2000; ELRAGI, 2000; ZOU et al. 2000; ATMATZIDIS ET AL. 2001; NEGUSSEY et al. 2001; SRIRAJAN, 2001; NEGUSSEY, 2002; ABU-HEJLEH et al., 2003; ATHANASOPOULOS ET AL. 2007; HORVATH, 2008; MCGUIGAN AND VALSANGKAR, 2010; JAFARI, 2010; STARK et al. 2012; BARTLETT et al. 2015).

No contexto do Brasil, poucos trabalhos foram desenvolvidos sobre o assunto. No âmbito das pesquisas e investigação de propriedades do material cita-se o trabalho de Avesani Neto (2008). No entanto, como cita o autor, a pesquisa foi finalizada deixando-se ainda alguns pontos adicionais a serem estudados como a resistência por meio de ensaios de cisalhamento direto. Esse ensaio pode ser realizado de duas formas, a saber: ensaio de cisalhamento interno ou de interface (na junta entre blocos). O ensaio de cisalhamento interno é realizado de acordo com a ASTM C273, porém sua realização é menos frequente, pois são normalmente substituídos por ensaios de compressão simples. Já o atrito de interface entre os blocos de EPS fornece um parâmetro importante de projeto, visando verificar-se a estabilidade tanto externa quanto interna de obras geotécnicas submetidas a cargas horizontais, como a ação do vento e outras cargas acidentais. O ensaio de cisalhamento direto de interface é realizado conforme a norma ASTM D3080, que é utilizada na determinação da resistência ao cisalhamento direto de solos e outros geossintéticos.

Dessa forma, esse trabalho apresenta alguns resultados referentes à resistência ao cisalhamento direto em diferentes densidades de geoexpandido.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O ensaio de cisalhamento direto foi realizado de modo a se obter parâmetros de contato entre dois blocos de EPS. Em solos, esse é normalizado pela ASTM D 3080 de 1998, entretanto, foram feitas algumas alterações no ensaio com EPS, seguindo os métodos utilizados por Avesani Neto (2008).

Nesse ensaio foram utilizadas duas placas de EPS com dimensões de 100 mm² e altura de 25 mm cada (Figura 3), de forma que estas se encaixavam no suporte e permitiam o contato entre as mesmas.

Aplicou-se tensões confinantes de 10, 20, 30, 40, 50 e 60 kPa, sendo as tensões de até 40 kPa utilizadas para as densidades menores (10 e 20 kg/m³) e as tensões maiores (50 e 60 kPa) foram acrescentadas à densidade maior (30 kg/m³), para melhorar

a representatividade dos resultados. Essas tensões foram escolhidas, de acordo com Avesani Neto (2008), de modo a representar as situações de campo, considerando que um aterro de geoexpandido possui baixo peso. Na fase de cisalhamento, aplicou-se um deslocamento relativo entre as placas, medindo-se simultaneamente, a força necessária para o deslocamento e a magnitude do deslocamento.

O ensaio foi realizado em um equipamento comumente utilizado para ensaios em solo (Figura 1).



Figura 1. Equipamento utilizado para os ensaios de cisalhamento direto.

A velocidade de execução do ensaio foi de 0,50 mm/min (equipamento servo controlado, conforme Figura 2). A figura 3 ilustra as amostras utilizadas no ensaio.



Figura 2. Painel de controle da máquina de ensaios de cisalhamento direto.

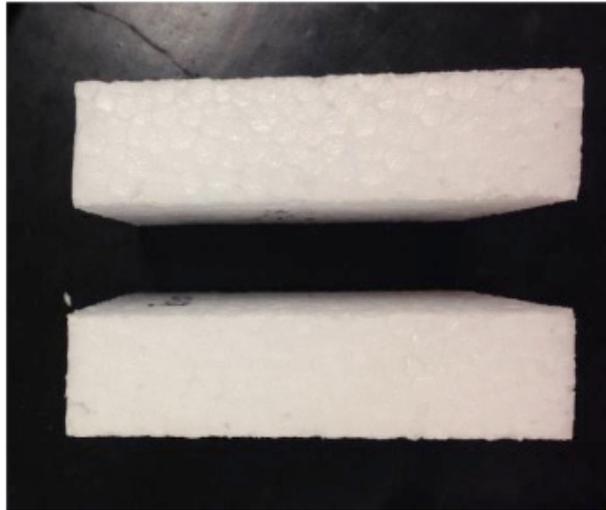


Figura 3. Detalhe de amostras utilizadas no ensaio de cisalhamento direto de interface.

3 | RESULTADOS E ANÁLISES

As figuras seguintes ilustram as curvas obtidas nos ensaios. Nestas, estão apresentadas no eixo vertical as tensões cisalhantes e no eixo das abscissas os valores dos deslocamentos horizontais.

Nota-se que para todas as densidades estudadas não há um pico de tensão definido, de forma que a curva tende a ficar constante.

Observou-se também que na densidade mais elevada (30 kg/m^3) o material mostrou um padrão no comportamento quando relacionado com as diferentes cargas aplicadas, apresentando curvas melhor definidas e um aumento nos valores das tensões de cisalhamento. No entanto, as densidades menores não apresentaram um aumento de tensão cisalhante proporcional à carga aplicada. Algo curioso aconteceu nos ensaios: percebe-se que as amostras de massa específica de 10 kg/m^3 , apresentaram valores maiores de resistência quando submetidas a uma tensão de confinamento de 20 kPa , sendo essa resistência menor, em geral, para tensões confinantes maiores. Não há uma explicação para esse fato, pois os valores de confinamento deveriam conduzir a maiores valores de resistência ao cisalhamento.

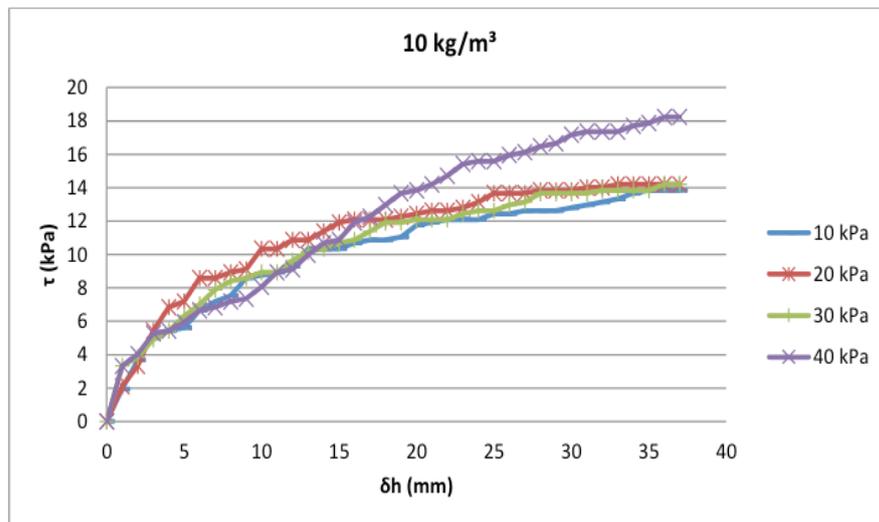


Figura 4. Resultado do ensaio na amostra de 10 kg/m³.

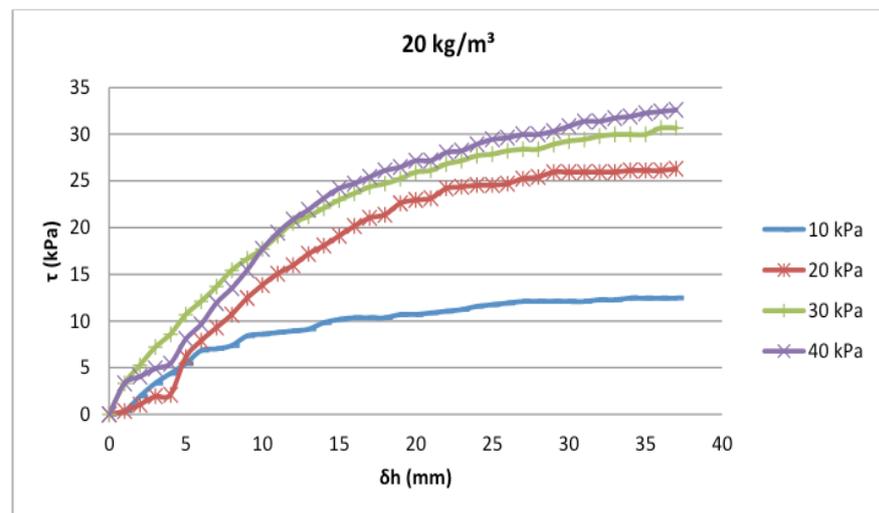


Figura 5. Resultado do ensaio na amostra de 20 kg/m³.

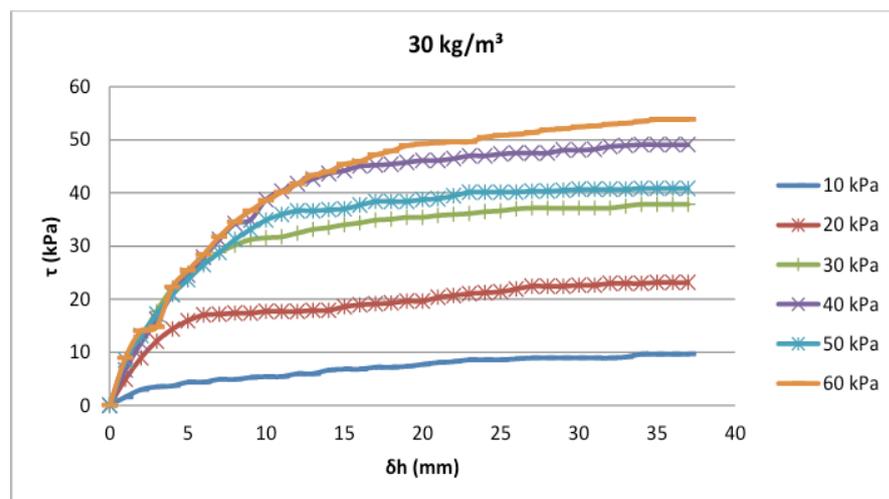


Figura 6. Resultado do ensaio na amostra de 30 kg/m³.

Com os dados do ensaio, foi possível traçar as envoltórias de resistência para cada massa específica estudada e desta envoltória determinaram-se os valores

de coesão e ângulo de atrito. Como não há valores de pico, adotou-se a tensão de cisalhamento para um deslocamento de 20 mm.

As envoltórias estão representadas na Figura 7 e foram agrupadas para facilitar a comparação dos resultados entre as diferentes densidades. O resumo dos parâmetros de resistência obtidos está apresentado na Tabela 1.

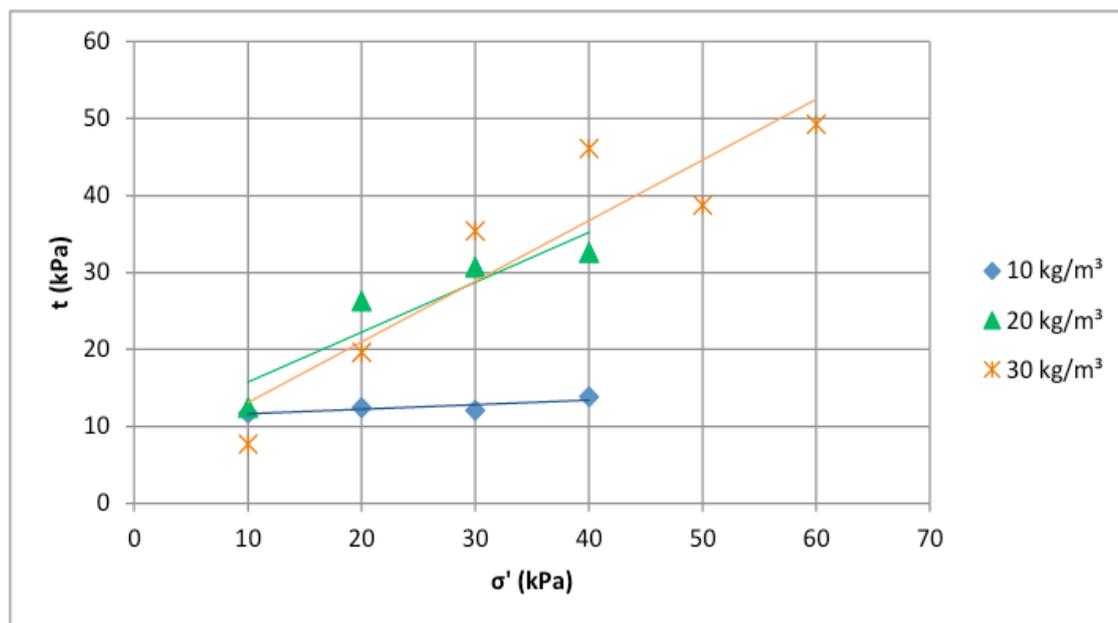


Figura 7. Envoltória de resistência das amostras de EPS.

Densidade (kg/m³)	Coesão (kPa)	Ângulo de atrito (Ø')
10	11	3,4
20	8,6	27,7
30	5,2	38,2

Tabela 1. Valores de coesão e ângulo de atrito para cada densidade estudada.

Nota-se pela Figura 7 que o material possui uma envoltória diferente para valores de massa específica mais elevada (20 e 30 kg/m³) quando comparada à envoltória de massa específica de 10 kg/m³.

Nas massas específicas mais elevadas, observou-se que há uma parcela de ângulo de atrito significativa, sendo estes bem maiores que os obtidos nas amostras de massa específica menor, a qual apresentou um comportamento predominantemente coesivo.

Observa-se ainda que o ângulo de atrito é proporcional à massa específica do EPS, assim como foi observado por Avesani Neto (2008). Isso mostra que para valores superiores de massa específica, há um aumento do ângulo de atrito. Além disso, é nítido uma relação inversamente proporcional entre o ângulo de atrito e a coesão, de modo que com o aumento da massa específica, o ângulo de atrito aumenta e a parcela coesiva diminui.

Analisando ainda a Figura 7, verifica-se que para valores maiores de massa

específica, os valores de tensão normal elevados conduzem a valores maiores de resistência. No entanto, para a tensão normal de 10 kPa, a amostra de menor massa específica possui maior resistência. Esse fenômeno também foi observado por Avesani Neto (2008) que afirma que isto se deve a maior plastificação sofrida pelas amostras de menor massa específica para altas cargas de confinamento, de modo que “para valores de confinamento reduzido (sem plastificação excessiva) a sua superfície com maior rugosidade incrementa o atrito entre os blocos, porém, para confinamentos mais elevados a plastificação é excessiva em ambos os blocos, tornando a transferência de carga menos eficiente e, conseqüentemente, reduzindo o atrito de interface.”

Isso mostra que quando submetido a tensões confinantes reduzidas, o que é comumente observado na prática, as amostras de EPS de baixas densidades apresentam um comportamento satisfatório.

4 | CONCLUSÕES

O ensaio de cisalhamento direto de interface mostrou que não há um pico de tensão definido nas curvas obtidas, de modo que essas tendem a ficar constantes.

Em termos de envoltórias obtidas, verificou-se que com o aumento da massa específica, o ângulo de atrito aumenta e a parcela coesiva diminui. Além disso, devido à plastificação sofrida pelas amostras de menor massa específica para altas cargas de confinamento, as amostras de EPS com maiores massas específicas possuem maior resistência sob tensões confinantes elevadas, enquanto que para tensão normal de 10 kPa, as amostras de menor massa específica possui maior resistência.

Notou-se ainda que, de forma geral, existe uma descontinuidade no comportamento das amostras de massa específica inferiores e superiores a 20 kg/m³, de modo que este valor seria um valor de transição entre amostras de baixa e elevada massa específica.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fapesp pelo apoio financeiro obtido para a realização da pesquisa; ao Laboratório de Geotecnia da Faculdade de Engenharia de Bauru – UNESP e à empresa Termotécnica pelo fornecimento do material.

REFERÊNCIAS

ABU-HEJLEH, N.M., ZORNBERG, J.G., ELIAS, V. WATCHARAMONTHEIN, J. (2003). **Design assessment of the founders/meadows GRS abutment structure.** In: *Proceedings of TRB 2003 Annual Meeting* CD-ROM.

ATHANASOPOULOS, G.A., NIKOLOPOULOU, C.P., XENAKI, V.C., STATHOPOULOU, V.D. (2007). **Reducing the seismic earth pressure on retainingwalls by EPS geofam buffers – numerical parametric study.** In: *CD Proceedings of 2007 Geosynthetics Conference*, Washington DC, USA, p. 15.

- ATMATZIDIS, D.K., MISSIRLIS, E.G., CHRYSIKOS, D.A. (2001). **An investigation of EPS geof foam behaviour in compression.** In: *EPS Geof foam 2001 – Proceedings of the 3rd International Conference*, 10–12 December, 2001, Salt Lake City, UT, USA (on CD-ROM).
- AVESANI NETO J. O. A. (2008). **Caracterização do comportamento geotécnico do EPS através de ensaios mecânicos e hidráulicos.** *Dissertação de Mestrado*, São Carlos, SP. 227 p.
- BARTLETT, S.F., BRET N. LINGWALL, B.N., VASLESTAD, J. (2015). **Methods of protecting buried pipelines and culverts in transportation infrastructure using EPS geof foam.** *Geotextiles and Geomembranes*, 43, p. 450-461.
- BARTLETT, S. F., LAWTON, E. C. (2008). **Evaluating the seismic stability and performance of freestanding geof foam embankment.** Proc., *6th National Seismic Conf. on Bridges and Highways, Federal Highways Administration (FHA) and Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research (MCEER)*, Buffalo, NY.
- ELRAGI, A. (2000). **Selected Engineering Properties and Applications of EPS Geof foam.** *Ph.D. thesis*, State University of New York, Syracuse, NY.
- HORVATH, J.S. (2008). **Extended Veletsos-Younan model for geof foam compressible inclusions behind rigid, non-yielding earth-retaining structures.** In: *Proceedings of the 4th Decennial Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics Conference*, Sacramento, California, May 18–22.
- JAFARI, H. (2010). **Mechanical and Hydraulic Behavior of Geosynthetic Aggregate Drainage Systems and the Effectiveness of Geof foam as a Compressible Inclusion over Flexible Pipe.** Submitted in Partial Fulfillment Of the requirements for a Degree with Honors (Civil Engineering), Helen Hardin Honors Program. University of Memphis.
- MCGUIGAN, B.L., VALSANGKAR, A.J. (2010). **Earth pressures on twin positive projecting and induced trench box culverts under high embankments.** *Can. Geotech. J.* 47 (2), 147e163, 10.1139/T09-085.
- NEGUSSEY, D. (2002). **Slope Stabilization with Geof foam. Report to FHWA and the EPS Industry.** *Geof foam Research Center*, Syracuse University.
- NEGUSSEY, D., STUEDLEIN, A., BARTLETT, S.F., FARNSWORTH, F. (2001). **Performance of a Geof foam Embankment at 100 South, I-15 Reconstruction Project, Salt Lake City.** In: *Proceedings of the 3rd International Conference on EPS Geof foam*, Salt Lake City, UT.
- ÖZER, A, AKAY, O. (2016). **Interface Shear Strength Characteristics of Interlocked EPS-Block Geof foam.** *J. Mater. Civ. Eng.*, 28(4): 04015156.
- SHEELEY, M. (2000). **Slope Stabilization Utilizing Geof foam.** *Master's thesis*, Syracuse University, New York.
- SHEELEY, M., AND NEGUSSEY, D. (2000). **An investigation of Geof foam interface strength behavior.** *Geotechnical Special Publication No. 112*, Proc., *Soft Ground Technology Conf.*, ASCE, Reston, VA, 292–303.
- SRIRAJAN, S. (2001). **Recycled Content and Creep Performance of EPS Geof foam in Slope Stabilization.** *Master's thesis*, Syracuse University, New York.
- STARK, T.D., BARTLETT, S.F., ARELLANO, D. (2012). **Expanded Polystyrene (EPS) Geof foam Applications and Technical Data.** *The EPS Industry Alliance*, 1298 Cronson Blvd., Suite 201, Crofton, MD 21114, p. 36.

SUN, L., HOPKINS, T.C., BECKHAM, T.L. (2009). **Reduction of Stresses on Buried Rigid Highway Structures Using the Imperfect Ditch Method and Expanded Polystyrene (Geofoam)**. Research Report KTC-07-14/SPR-228-01-1F. Kentucky Transportation Center, University of Kentucky, Lexington Kentucky, 49 p.

ZOU, Y., SMALL, J.C., LEO, C.J. (2000). **Behaviour of EPS geofoam in model test on pavements**. *Geosynthetics International* 7 (1), 1–22.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Jorge González Aguilera: Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizum, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: jorge.aguilera@ufms.br

Alan Mario Zuffo: Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-475-7

