

## ADAPTAÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE TERRA ARMADA PARA APLICAÇÃO EM UMA GINCANA ACADÊMICA DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Nancy Tiemi Isewaki – nancyti@unipam.edu.br  
Cleicione Cecília Coelho Oliveira – cleicione@unipam.edu.br  
Vinicius Vieira Sousa – viniciusvieiras@unipam.edu.br  
Stéfany Braga de Brito – stefanyb@unipam.edu.br  
Marcos Vinícius de Deus Braga – marcosvdbraga@unipam.edu.br  
Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM  
Grupo de Pesquisas em Geotecnia e Mecânica dos Solos  
Rua Major Gote nº 808, Bairro Caiçaras  
38702-054 – Patos de Minas – Minas Gerais

**Resumo:** Neste artigo são discutidos os resultados parciais para o desenvolvimento de um protótipo para projeto e execução de um talude utilizando o sistema de terra armada, baseado no Desafio de Taludes promovido pela UFPR nos anos de 2016 e 2017. Objetiva-se aplicar o protótipo em uma gincana universitária proposta pelo curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Patos de Minas-UNIPAM. Fez-se uma revisão teórica envolvendo o reforço de solos, sobretudo a técnica de terra armada. Na metodologia apresenta-se a caracterização física da areia e do papel sulfite folha A4 utilizado para constituição do paramento e das tiras de reforço. Em seguida, apresenta-se o protótipo construído em MDF com dimensões 0,2 x 0,2 x 0,2m. Os cálculos das tiras foram realizados com as equações propostas por Fontana e Santos (2011) e Brajas (2007). A verificação da resistência à compressão axial foi feita utilizando a prensa EMIC DL 20000. Desenvolveu-se uma equação de cálculo para aferição do projeto, considerando a carga máxima suportada, a carga de projeto, a área de papel utilizada, a deformação e a compacidade relativa atingida na compactação da areia. Apresenta-se os resultados de quatro taludes reforçados e faz-se a comparação com abordagem quantitativa. Realizou-se também abordagem qualitativa para verificação da aplicabilidade ou não do protótipo na gincana acadêmica. Nas considerações finais tem-se uma avaliação positiva quanto o protótipo desenvolvido, mas será necessário a revisão da equação de cálculo da eficiência de projeto.

**Palavras-chave:** Ensino Engenharia. Terra Armada. Gincana Acadêmica.

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de ensino e aprendizagem vem sofrendo grandes mudanças ao longo do tempo, com o intuito de buscar a melhor metodologia de ensino para cada conteúdo a ser lecionado. A engenharia, nesse âmbito, possui papel de destaque, uma vez que é uma área do conhecimento que exige que o profissional alie seu conhecimento teórico para o desenvolvimento de quesitos técnicos. Surge, com isso, a necessidade de se implantar nos cursos de graduação em Engenharia, novas metodologias de aprendizado que sejam capazes de apresentar inovações nos modelos tradicionais de ensino.

Considerando as novas dinâmicas de ensino e aprendizagem, no ano de 2018 a Semana Acadêmica realizada pelo curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Patos de Minas teve seu modelo pedagógico atualizado. Permitiu-se a organização através de uma comissão formada por alunos do curso e adotou-se o formato de Gincana Acadêmica. Na proposta atual, os estudantes inscritos são divididos em cinco equipes diferentes e cada equipe divide-se para participar de oficinas orientadas por professores de disciplinas técnicas. As equipes são compostas proporcionalmente por estudantes de todos os períodos, do 1º ao 9º, e as atividades elaboradas e desenvolvidas de forma que todos possam interagir e trabalhar juntos. Cada oficina desenvolve uma aplicação para sanar um problema de engenharia civil, estabelecem-se regras e sistemas de avaliação para que as equipes desenvolvam seus projetos e haja uma competição saudável entre elas.

O Grupo de Pesquisas em Geotecnia e Mecânica dos Solos do curso de Engenharia Civil foi convidado pela Coordenação do curso para desenvolver uma oficina no ano 2019. Verificou-se a possibilidade de se trabalhar o conteúdo de Estabilidade de Taludes e Arrimos, o qual exige dos alunos um conhecimento contextualizado e interdisciplinar. Para tanto, tomou-se como base a atividade denominada “Desafio de Taludes”, promovida pela Universidade Federal do Paraná nos anos de 2016 e 2017.

Instituições de ensino como a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) em Campo Mourão – PR e a Universidade Federal do Tocantins realizaram competições similares ao Desafio de Taludes, contando como o apoio do PET Engenharia Civil da UFPR. (ZORZAN *et al*, 2017)

Assim, o objetivo desta pesquisa é adaptar o modelo proposto pelo II Desafio de Taludes, Edital 2017, para projetar reforço no sistema de terra armada, executar um protótipo utilizando areia e papel sulfite formato A4, avaliar a resistência à compressão axial na prensa EMIC DL 20000 e desenvolver um parâmetro de cálculo de eficiência de projeto.

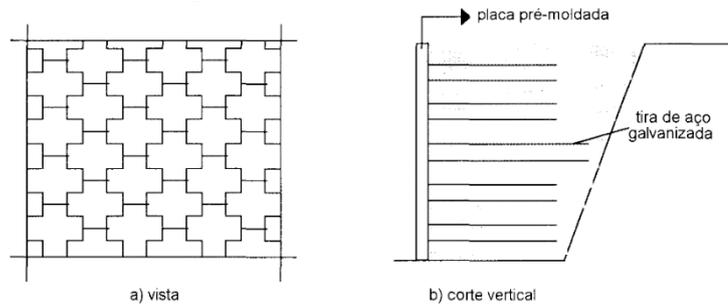
Justifica-se este trabalho como uma possibilidade de aplicar conhecimentos de Engenharia Geotécnica e Mecânica dos Solos fomentando a técnica para o cálculo e desenvolvimento do projeto de terra armada, parâmetros de estabilidade de taludes e qualidade na execução desses projetos. Além disso, espera-se que os estudantes sejam motivados trabalhar em equipe e a participar da competição, para que também desenvolvam habilidades técnicas essenciais à formação do Engenheiro Civil.

## 2 REVISÃO TEÓRICA

De acordo com Silva (2012), o conceito de reforçar os solos não é um conceito moderno. Alguns exemplos de reforço do solo datam de tempos antigos, como a Grande Muralha da China e os Ziggurats na antiga Mesopotâmia. Estes sistemas consistiam na utilização de troncos e raízes como reforço do solo. A ideia de muros de solos reforçados surgiu na década de 60 pelo engenheiro e arquiteto francês Henri Vidal que demonstrou, com ideias simples, que um solo granular com material resistente à tração, produz efeitos benéficos consideráveis, surgiu então o nome “terra armada”. (SILVA, 2012)

Domingues (1997) explica que o muro de arrimo em terra armada é constituído por placas pré-moldadas de concreto armado, com encaixe próprio, formando um mosaico e contendo uma tira de aço galvanizado com proteção de polietileno e o próprio solo local. Exigindo de tal processo a execução de um aterro rigorosamente controlado entre o corte e o tardoz junto às placas (Figura 1).

Figura 1 - Esquemática de um muro de arrimo pelo método de terra armada



Fonte: DOMINGUES, 1997.

A disposição das fitas entre as camadas de solo compactadas aumenta a resistência do solo ao cisalhamento, formando uma massa de solo estável. As fitas são ligadas aos elementos pré-moldados de concreto armado por meio de conectores metálicos, fixados no elemento pré-moldado, onde as fitas são parafusadas. Esta solução exige grandes movimentos de terra, sendo mais utilizadas onde se fazem necessário aterro. (DOMINGUES, 1997)

Massad (2010) utiliza da seguinte argumentação, expondo que se tratando da recomposição de taludes rompidos, pode-se lançar mão de aterros compactados. Para garantir a estabilidade, pode-se reforçar o solo compactado com a inserção ou inclusão de materiais resistentes à tração. Qualquer tendência de movimento do maciço implicará a solicitação dos reforços, por tensões cisalhantes no contato com o solo compactado. As tiras têm de se estender além da superfície crítica de escorregamento do maciço reforçado. A construção é feita de baixo para cima, com a inserção dos reforços entre camadas de solo compactado. A obra é concluída com a construção de um paramento de concreto armado, ou de elementos pré-fabricados, ou de concreto projetado, que forma, juntamente com o reforço, um verdadeiro muro de arrimo. Daí se poder falar em muro de terra armada e muro de solo reforçado com geossintéticos.

Almeida, Mendonça e Laperche (2013), argumentam que o uso de terra armada como objetivo de melhorar as características de resistência dos solos naturais. O fato de se necessitar de material granular para o corpo do aterro, muitas vezes é um fator que dificulta o uso deste tipo de solução no Brasil, já que a grande maioria dos nossos solos é fino e, por conseguinte, com pouco atrito.

Entre as vantagens do emprego de estruturas em Terra Armada, Miranda (2009) destaca: a fácil adaptação a vários tipos de taludes e condições de solo; a estrutura resultante torna-se bastante flexível, permitindo construção sobre solos relativamente moles ou deformáveis; em termos de estética da estrutura e acabamento arquitetônico da face, o projetista pode escolher o tipo de acabamento (relevo, textura, cor) e a forma da estrutura para melhor adequá-la ao ambiente; ser mais barata em relação a outras técnicas de reforço, como por exemplo, solo envelopado, que utiliza materiais geossintéticos.

### 3 METODOLOGIA

Apresenta-se a seguir o percurso metodológico utilizado para adaptar o modelo proposto pelo II Desafio de Taludes, Edital 2017, elaborado pelo PET Engenharia Civil da Universidade Federal do Paraná, com rompimento na prensa EMIC DL 20000 e desenvolver um parâmetro de cálculo de eficiência de projeto de um talude confeccionado com areia compactada manualmente, reforçado no sistema de terra armada.

#### 3.1 Classificação da Pesquisa

Trata-se de uma pesquisa prática experimental na qual propôs-se aos estudantes pertencentes ao Grupo de Pesquisas em Geotecnia e Mecânica dos Solos do Centro Universitário de Patos de Minas desenvolver um protótipo de talude de areia, reforçado com tiras de papel A4 no sistema de terra armada. Inicialmente, fomentou-se orientações e estudos quanto os métodos de cálculo e montagem do protótipo para que os pesquisadores do grupo competissem entre si, simulando a aplicação da atividade na Gincana da Semana Acadêmica proposta pelo curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM.

Adotou-se um protótipo com dimensões 0,2x0,2x0,2m para confecção do paramento reforçado. Realizados os cálculos, executou-se o sistema de terra armada e verificou-se a resistência à compressão axial utilizando do equipamento prensa EMIC DL 20000 pertencente ao Laboratório de Tecnologia de Materiais de Construção Civil do UNIPAM.

Para comparação dos resultados quanto à eficiência do projeto, adotou-se a abordagem quantitativa, desenvolvendo uma equação de avaliação da eficiência de cada projeto executado, considerando os parâmetros de resistência à compressão axial, deformação, compacidade relativa e área de papel utilizada.

Para análise quanto à possibilidade de utilização do protótipo na Gincana pertencente à Semana Acadêmica do curso de Engenharia Civil, utilizou-se da abordagem qualitativa.

#### 3.2 Parâmetros físicos dos materiais utilizados

Apresentam-se na Tabela 1, as características físicas da areia, cujos ensaios foram realizados no Laboratório de Tecnologia dos Materiais de Construção Civil.

Tabela 1: Características físicas da areia

Característica Física	Material	Normatização	Parâmetro
Análise granulométrica	Areia	ABNT NBR 7181:2016	0,07% Pedregulho, <b>99,48% Areia</b> , 0,45% Areia Fina+Silte+Argila
Massa específica	Areia	DNER-ME 194:1998	2,577 g/cm <sup>3</sup>
Massa unitária	Areia	ABNT NBR 7251/1982	1,478 g/cm <sup>3</sup>
Índice de vazios mínimo	Areia	ABNT NBR 12004:1990	0,455
Índice de vazios máximo	Areia	ABNT NBR 12051:1991	0,785
Ângulo de atrito	Areia	Cisalhamento Direto	23°
Coesão	Areia	Cisalhamento Direto	0

\* Parâmetros das ABNT NBR 12004:1990 e ABNT NBR 12051:1991, mesmo cancelados, foram adotados por não terem sido substituídos por outra normatização.

Fonte: Grupo de Pesquisas em Geotecnia e Mecânica dos Solos (2019)

A areia, material caracterizado e posteriormente utilizado para a contenção, é um agregado comum no município de Patos de Minas/MG e região. Apresenta coesão nula e alta permeabilidade. Para conter a camada de areia e caracterizar nossa estrutura como terra armada utilizou-se folha de papel sulfite A4, cuja resistência à tração é de 34,4 MPa.

A areia passou por secagem prévia em estufa, mas permitiu-se aos estudantes alterar o teor de umidade, desde que fosse aferido o teor de umidade no qual a estrutura de contenção fosse montada.

### 3.3 Dimensionamento e construção do protótipo da terra armada

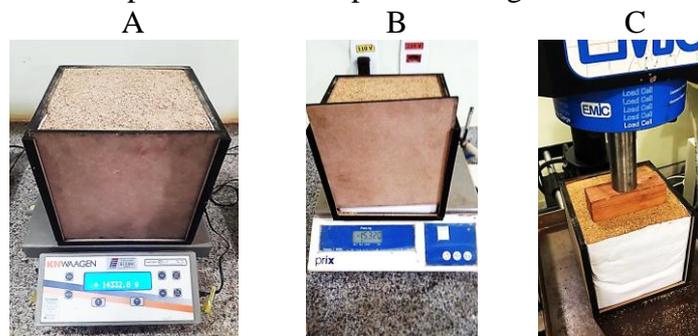
Com o *software* AutoCad, criou-se um croqui, definindo as dimensões da caixa, de formato cúbico cujo volume interno é de 0,008 m<sup>3</sup>, ou seja, com dimensões internas de 0,20 m de aresta.

Foram utilizados para confecção do protótipo de terra armada: madeira de placa de fibra de média densidade (MDF) de espessura de 6 mm; cola instantânea; parafuso; papel; régua; lápis; tesoura; cola branca; areia; marreta.

O corte do MDF foi feito a *laser*, no Laboratório de Fabricação (FabLab) do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM. As peças posteriormente foram coladas umas sobre as outras com cola instantânea – optou-se por utilizar duas peças coladas uma na outra para formar uma única de espessura de 1,2mm. Posteriormente, as mesmas foram coladas formando o formato do prisma. Após secagem, foram parafusadas em alguns pontos para ter uma melhor fixação. A Figura 2 A representa um protótipo de terra armada finalizado.

Na face frontal da caixa criou-se um aparato removível para apoiar a construção do talude, Figura 2B, devidamente montado para ser retirado no momento de realização do ensaio de resistência à compressão axial, Figura 2C.

Figura 2: Protótipo terra armada após a montagem e antes do rompimento



Fonte: Grupo de Pesquisas em Geotecnia e Mecânica dos Solos (2019)

### *Cálculos e croqui de projeto*

O dimensionamento da estabilidade interna de uma estrutura tipo terra armada é normatizado pela ABNT NBR 19286:2016, mas para obter esse dimensionamento outros fatores são de grande importância, como a análise do material a ser contido e o tipo de contenção a se utilizar.

Determinou-se 120 Kg como carga de projeto. Os cálculos foram realizados de acordo com as equações propostas por Fontana e Santos (2011) e Brajas (2007), considerando as dimensões máximas da caixa, o fator de segurança, a área de influência das placas, o comprimento das tiras de papéis (largura de aderência e de ruptura), a distribuição das mesmas em relação às camadas de areia, as áreas de influência aplicada nas tiras, a coesão e também o ângulo de atrito da areia.

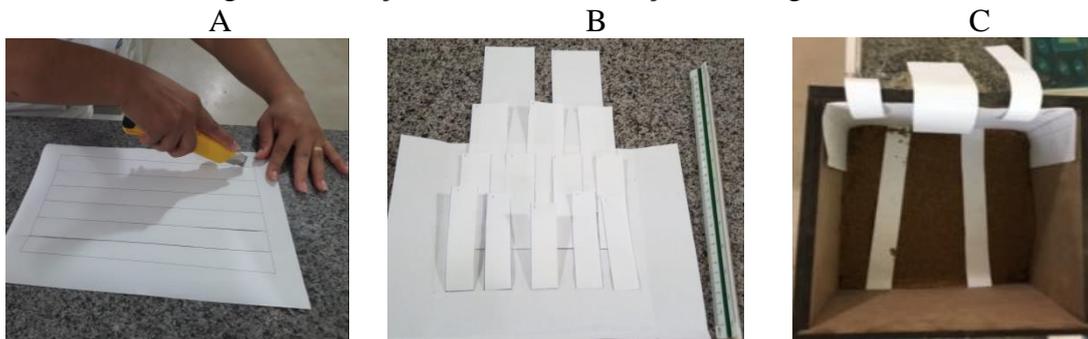
Seguindo o roteiro de cálculo definiu-se a largura das tiras de papel a serem utilizadas como reforço estrutural no solo. Com a utilização do *software* AutoCad, criou-se um croqui de alocação das tiras e em sua confecção. Utilizou-se régua para medição da largura das tiras e lápis para fazer delimitação de corte. Em seguida foram cortadas e foram fixadas com cola branca na base, que também é de papel.

### **Montagem do paramento**

Realizado os cálculos a respeito das dimensões e distribuição das tiras, o protótipo de estrutura tipo terra armada foi montado no Laboratório de Análises Tecnológicas dos Materiais de Construção do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Cada estudante teve a liberdade de para desenvolver um projeto particular, sendo que ao final foram executados quatro projetos.

Na montagem, colocou-se a base de papel junto com as tiras (Figura 3A), de modo que estas ficassem dentro da caixa e, o verso do papel, em contato com a frente removível do protótipo de MDF (Figura 3B). Consequente, segurando as tiras para que não ficassem em nível abaixo do estipulado pelo projeto. À medida que se atingia a cota das tiras de papel, soltou-se as mesmas, formando camadas, até a borda superior do cubo (Figura C).

Figura 3: Fixação das tiras de reforço e montagem da estrutura



Fonte: Grupo de Pesquisas em Geotecnia e Mecânica dos Solos (2019)

A distribuição do material (areia) foi realizada aos poucos, e a cada quantidade disposta na caixa de ensaio, o mesmo sofria uma compactação manual, com a intenção de adensar a areia e favorecer a resistência quando submetido a esforço de carga. Quando se terminou a disposição das tiras e também a aplicação da areia, aplicou-se uma última compactação manual sobre o protótipo, e em seguida rasou-se o mesmo com uma haste a 45°, deixando-o pronto para o rompimento.

### **3.4 Resistência à compressão axial**

Os protótipos de talude preenchidos com areia compactada foram rompidos na prensa universal EMIC DL 20000 com capacidade máxima de 200 KN. Um cilindro com diâmetro de 49 mm e 100 mm de comprimento foi adaptado para efetuar o rompimento das mesmas. A prensa realiza o ensaio com velocidade constante de 20 mm/s e foi estabelecido uma deformação máxima de 50 mm, de forma que ao atingir essa deformação o ensaio foi finalizado.

Adotou-se um elemento de transmissão de carga de madeira com dimensões de 10 cm de comprimento e 5 cm largura, sendo sua posição lateral centrada na caixa e sua posição frontal mantendo a mesma distância de 5cm da face da caixa. A função do elemento é distribuir as

cargas afim de solicitar as tiras de papel de maneira uniforme. Em resumo, o cilindro aplica carga diretamente sobre o dispositivo de madeira e este sobre o solo.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de caracterização física na areia comprovam a existência de menos de 1% de materiais finos. Materiais como esses, areias com menos de 12% de finos, são classificados por Pinto (2006) como areias puras, com comportamento determinado pelo contato entre os grãos minerais, com alta permeabilidade e coesão nula.

O grupo de pesquisas desenvolveu quatro projetos diferentes de taludes com reforço de terra armada, cujos resultados são expressos na Tabela 2:

Tabela 2: Comparação entre os resultados dos protótipos de terra armada

Protótipo	Área de papel utilizada (cm <sup>2</sup> )	Carga suportada (kg)	Deformação (mm)	Teor de umidade (%)	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	Compacidade Relativa (%)	Eficiência (PF)
1	1366,8	131,3	49,7	0	1,645	62,1%	1,20
2	1278,3	60,7	7,1	2%	1,705	80,3%	5,34
3	1268,4	146,1	28,7	0,55%	1,701	79,2%	3,18
4	1749,3	148,9	30,8	0,55%	1,657	65,9%	1,83

Fonte: Grupo de Pesquisas em Geotecnia e Mecânica dos Solos (2019)

Como mencionado na metodologia, a carga de projeto estabelecida foi de 120 kg, valor ultrapassado por três protótipos. Verificou-se que no Protótipo 1 o estudante utilizou a areia totalmente seca e obteve a menor compacidade (62,1%), enquanto no Protótipo 2 o estudante acrescentou 2% de umidade e obteve compacidade de 80,3%. No entanto, a resistência à compressão axial do protótipo 2 foi a menor entre todas as estruturas de terra armada ensaiadas. Apesar de um valor de carga suportada superior à de projeto, o protótipo 1 apresentou alto valor de deformação.

Ao analisar o resultado encontrado, o estudante responsável pelo Protótipo 2 relatou que o acréscimo de água melhorou a compacidade da areia, porém enfraqueceu a resistência do papel, justificando o rompimento brusco do muro. A distribuição das tiras de papel foi feita para atingir maior cobertura das camadas de areia pelas tiras de papel. Porém, para isso, as tiras foram recortadas e aplicadas no projeto com a menor largura possível, o que também pode ter influenciado no colapso imediato do aparato.

Como os projetos de terra armada possuem quantidade de tiras de papel, espessuras e compacidade relativa diferentes, definidas somente com o desenvolvimento dos projetos, verificou-se a necessidade de criar um parâmetro para avaliar a eficiência do projeto, conforme equação 1:

$$PF = (100 - \alpha + Ep) \cdot \frac{C \cdot DR}{\varepsilon \cdot Ap} \quad (1)$$

Onde:

PF é a pontuação final obtida;

$\alpha$  refere-se ao somatório dos descontos em função de irregularidade entre projeto e paramento executado;

C é a carga máxima em kg suportada no ensaio de resistência à compressão axial;

DR (%) é a densidade relativa atingida na composição do talude;

$\epsilon$  é a deformação em mm no momento da ruptura;

Ap é a área em cm<sup>2</sup> de papel total utilizada para composição das fitas

Ep é a eficiência do projeto, que deve ser calculada por  $Ep = \frac{C - Cp}{Cp} \cdot 100$

Cp é a Carga de Projeto

A equação de cálculo foi elaborada com a proposta de considerar o projeto mais eficiente aquele que atingisse maior resistência à compressão axial considerando a carga para a qual foi projetado, com a menor deformação do paramento, utilizando a menor área de papel para composição do reforço de terra armada.

Os valores de pontuação final constam na última coluna da Tabela 2. Pode-se verificar que utilizando a equação proposta, a estrutura de contenção com melhor eficiência seria o Protótipo 2. No entanto, foi o protótipo com menor carga de resistência e maior deformação, o que indica que a equação de avaliação precisa ser revisada antes de ser aplicada em uma gincana.

A figura 4, a seguir, ilustra o ensaio de resistência à compressão realizado na prensa EMIC utilizando o apoio de transmissão de carga com dimensões de 10 cm de comprimento e 5 cm largura, centrado na caixa.

Figura 4 – Ensaio de resistência à compressão axial



Fonte: Grupo de Pesquisas em Geotecnia e Mecânica dos Solos (2019)

Os registros feitos pelos estudantes do Grupo de Pesquisas indicam que quando comparadas as situações iniciais (Figura 4-A) e o início da transmissão das cargas axiais, é possível visualizar a tração ocorrendo nas tiras de papel (Figura 4-B). A deformação e movimentação do paramento foram registradas na Figura 4-C.

Após o rompimento do talude, figura 4-D, verificou-se o movimento de deslizamento em formato de cunha realizado pela areia no momento do rompimento. Os estudantes manifestaram interesse e motivação ao visualizarem as tiras de papel rompidas e o tombamento do talude (Figura 4-E), afirmando tratar-se de uma simulação muito próxima ao previsto na teoria para comportamento de maciços quando submetido a carregamentos. Também foi relatada a expectativa e motivação no que diz respeito à vivência e atuação de um Engenheiro Civil, principalmente quando comparadas as situações de projetar uma estrutura de contenção e a execução completa desse projeto.

Trata-se de uma oportunidade para o aluno aplicar na prática conhecimentos teóricos de Geotecnia e Mecânica dos Solos. Tais situações são essenciais para a formação do profissional de engenharia, permitindo o desenvolvimento de habilidades para avaliar a situação problema,



assumir responsabilidades de escolhas fundamentadas tecnicamente, propor uma solução e executar essa solução tal qual foi projetada.

Zorzan et al (2017) descreveram que no Desafio de Taludes realizado na UFPR: "A participação da comunidade acadêmica no Desafio demonstrou o potencial integrador das atividades universitárias enquanto promotoras de uma formação mais dinâmica e estimulante." Resultados condizentes com as diretrizes do curso de Engenharia Civil do UNIPAM e, principalmente, com a Semana Acadêmica, que teve seu formato adequado para ser uma oportunidade de fomentar nos estudantes a troca de experiências, a integração, a interdisciplinaridade e o dinamismo para solução de problemas de engenharia.

Por isso, avaliou-se como positiva a inserção do sistema de terra armada utilizando o protótipo desenvolvido pelo Grupo de Pesquisas na Gincana da Semana Acadêmica do curso de Engenharia Civil, que ocorrerá na última semana de maio/2019.

No entanto, será necessário rever a equação de cálculo para avaliar a eficiência do projeto. Também será avaliado a possibilidade de alterar o teor de umidade da areia, em função das observações registradas pelos estudantes envolvidos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou os resultados parciais para o adaptar a proposta do Desafio de Taludes da UFPR para ser aplicada na Gincana Acadêmica do curso de Engenharia Civil do UNIPAM. As dimensões da caixa de MDF de 0,2x0,2x0,2m adaptam-se às condições de rompimento da prensa EMIC DL 20000 e os resultados encontrados quanto a resistência à compressão axial foram superiores à carga mínima especificada de 120kg. Os resultados da pontuação final demonstraram que será necessário revisar a equação de cálculo da eficiência de projeto.

Os resultados parciais foram apresentados à Coordenação do Curso de Engenharia Civil, e a proposta foi aprovada para ser aplicada na Gincana Acadêmica, que ocorrerá na última semana de maio/2019.

### *Agradecimentos*

Os autores deste artigo agradecem o apoio e incentivo do Coordenador do curso de Engenharia Civil, à disponibilidade dos materiais e equipamentos do Laboratório de Tecnologia de Materiais de Construção Civil e à participação e colaboração de todos os integrantes do Grupo de Pesquisas em Geotecnia e Mecânica dos Solos.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. C. M.; MENDONÇA, F. C. F.; LAPERCHE, P. B. **Estudo de diferentes soluções de muro de solo estabilizado mecanicamente (mse) para a construção de um viaduto na cidade de Goiânia.** 2013. Monografia (Graduação em engenharia civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

BRAJA, M. das. **Fundamentos de engenharia geotécnica.** 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 610 p. Tradução EZ2translate.

DOMINGUES, P. C. **Indicações para projeto de muros de arrimo em concreto armado.** 1997. Dissertação (Mestre em engenharia civil) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 1997. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-20032018-104408/en.php>. Acesso em: 1 maio 2019.

FONTANA, G. B.; SANTOS, A. A. dos. Análise de dimensionamento de solo reforçado tipo terra armada. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/handle/1/201>. Acesso em 04 abr 2019.

MASSAD, F. **Obras de terra**: Curso básico de geotecnia. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

MIRANDA, S. B. **Estudo da resistência ao cisalhamento de interface em reforços unidirecionais**. 2009. Dissertação (Mestre em geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2009. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-23032010-100843/fr.php>. Acesso em: 15 abr. 2019.

PINTO, Carlos de Souza. **Curso básico de mecânica dos solos: com exercícios resolvidos em 16 aulas**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 355 p.

SILVA, N. H. **Muros de terra armada**: Verificação de segurança. Orientador: Zenóbia de Quadros Martins. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012. Disponível em: [https://run.unl.pt/bitstream/10362/7694/1/Silva\\_2012.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/7694/1/Silva_2012.pdf). Acesso em: 20 abr. 2019.

ZORZAN, L. G.; OLIVEIRA, R. O. F. P. de; NETO, E. G.; SOUZA, D. D. de L. S. Competições no ensino da engenharia geotécnica: a experiência do desafio de taludes da UFPR. Disponível em: [http://www.abenge.org.br/sis\\_artigos.php](http://www.abenge.org.br/sis_artigos.php) . Acesso em 25 fev 2019.

## **ADAPTATION OF AN ARMED EARTH PROTOTYPE FOR APPLICATION IN AN ACADEMIC GYMNASY OF CIVIL ENGINEERING COURSE**

**Abstract:** *In this paper we discuss the partial results for the development of a prototype for the design and execution of a slope using the armed earth system, based on the Challenge of Slopes promoted by UFPR in the years 2016 and 2017. It is intended to apply the prototype in a university gymkhana proposed by the Civil Engineering course of the University Center of Patos de Minas-UNIPAM. A theoretical revision was carried out involving soil reinforcement, especially the armed earth technique. In the methodology, the physical characterization of the sand and the A4 sheet sulphite paper used for forming the face and reinforcing strips is presented. Next, we present the prototype constructed in MDF with dimensions 0.2 x 0.2 x 0.2m. The calculations of the strips were performed using the equations proposed by Fontana and Santos (2011) and Brajas (2007). The verification of the axial compressive strength was done using the EMIC DL 20000 press. A calculation equation was developed to measure the design, considering the maximum load supported, design load, paper area used, deformation and compactness relative to sand compaction. The results of four reinforced slopes are presented and the comparison is made with a quantitative approach. A qualitative approach was also carried out to verify the applicability or not of the prototype in academic gymnastics. In the final considerations we have a positive evaluation regarding the prototype developed, but it will be necessary to revise the design efficiency calculation equation.*

**Key-words:** *Teaching Engineering. Armed Land. Academic Gymnastics.*