

Competições acadêmicas e experimentos didáticos na área geotécnica como ferramenta de aprendizado

Julián Asdrubal Buriticá García

Professor, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, Brasil, julianburitica@gmail.com

Marcelo Heidemann

Professor, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, Brasil

José Victor Tessele Vargas

Engenheiro Civil, Solution IPD, Curitiba, Brasil

Lucas Ferreira Figueiredo

Estudante, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, Brasil

Bruna Sell

Engenheira Civil, Construtora TEDESCO, Joinville, Brasil

RESUMO: Nas últimas décadas o ensino da engenharia tem passado por grandes mudanças. Experiências inovadoras relacionadas com a aprendizagem ativa como é o caso das estratégias de sala de aula invertida, aprendizagem baseada em problemas e projetos, desafios em grupos, casos de ensino, entre outras, promovem a motivação e participação dos estudantes. Neste contexto, o presente trabalho apresenta a experiência do setor de geotecnia da INFRATEC que é uma entidade integrada por alunos e alunas de diferentes semestres do curso de Engenharia Civil de Infraestrutura da Universidade Federal de Santa Catarina, campus Joinville. Os estudantes participam de diferentes competições de cunho acadêmico relacionados com diferentes áreas da Geotecnia. Como exemplo podem ser citados o desenvolvimento de projetos e execução de modelos de muros de terra armada, solo reforçado, barreiras de proteção de queda de rochas, solo grampeado, estacas prancha e competições de perguntas e respostas da área de geotecnia. A estratégia fornece aos alunos conhecimento prático da engenharia civil e ajuda a desenvolver diferentes habilidades. As experiências têm provado que desta forma a aprendizagem da geotecnia se torna leve e divertida, o engajamento dos alunos é relevante e ajuda a que os mesmos aprendam a trabalhar em equipe, experimentando todas as etapas da engenharia começando com os estudos de viabilidade e pré-dimensionamento até a elaboração do projeto e execução.

PALAVRAS-CHAVE: Educação em Geoengenharia, geotecnia, modelos físicos, desafios geotécnicos, equipes de competição

ABSTRACT: In recent decades, engineering education has undergone significant changes. Innovative experiences related to active learning, such as flipped classroom strategies, problem-based and project-based learning, group challenges, case studies, among others, promote student motivation and participation. In this context, this paper presents the experience of the geotechnical sector at INFRATEC, an organization composed of students from different semesters of the Civil Infrastructure Engineering course at the Federal University of Santa Catarina, Joinville campus. The students participate in various academic competitions related to different areas of Geotechnical Engineering. For example, they are involved in developing projects and executing models of reinforced earth walls, soil nailing, sheet pile walls, as well as different geology and geotechnical question-and-answer competitions. This strategy provides students with practical knowledge of civil engineering and helps develop various skills. These experiences have demonstrated that this approach makes geotechnical learning enjoyable and engaging, with significant student involvement. It also fosters teamwork skills, as students experience all stages of engineering, starting from feasibility studies and pre-design to project development and execution

KEYWORDS: Geo-engineering Education, Geotechnics, Physical modelling, Geotechnical Challenges, competition Teams.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Oliveira et al. (2019), nos últimos anos tem sido cada vez mais evidente como algumas tecnologias estão gerando grandes mudanças na sociedade e no mercado de trabalho, inteligência artificial, *big data*, *machine learning*, entre outras. A educação em engenharia deve acompanhar essa corrida tecnológica e contribuir com a formação de profissionais qualificados, inovadores e flexíveis. Os profissionais em engenharia têm um papel especial, por sua capacidade de desenvolver soluções para o desenvolvimento econômico, segurança de grandes obras, preservação ambiental e melhoria da qualidade de vida.

Desde 2008 no Brasil existe a Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI) que foi criada por lideranças da indústria com a finalidade de discutir e priorizar a inovação como estratégia principal para enfrentar a competição global. Nesta linha o MEI fez algumas sondagens junto a empresas (CNI, 2017) e realizou um levantamento que concerne às demandas e *softs skills* necessários para as Engenharias na atualidade.

O levantamento (CNI, 2017) mostrou que as principais competências técnicas que os profissionais das áreas de Engenharia devem possuir são:

- Conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos;
- Planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia;
- Projetar e conduzir experimentos, interpretar resultados;
- Desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas
- Analisar grandes volumes de dados
- Avaliar criticamente a operação e manutenção de sistemas;
- Supervisionar a operação e manutenção de sistemas.

Todas as competências sinalizadas podem ser trabalhadas e estimuladas por meio da aprendizagem ativa na engenharia. De acordo com Filho et al. (2019), a aprendizagem ativa promove uma educação mais centrada nos estudantes por meio de desafios em grupos, exercícios de classe, casos de ensino, análise de projetos, aprendizagem baseado em problemas, sala de aula invertida, entre outros.

Na mesma linha, as competições acadêmicas, desafios, concursos e experimentos didáticos desempenham um papel crucial no desenvolvimento educacional e profissional dos estudantes de engenharia civil. A mudança no perfil dos alunos de cursos de graduação, avanços tecnológicos e a crescente complexidade dos desafios enfrentados pela engenharia geotécnica requer uma abordagem inovadora no ensino e na aprendizagem, que vá além das tradicionais aulas expositivas.

De acordo com Almeida et al. (2021), os jogos e experimentos didáticos são importantes nos processos de ensino aprendizagem porque tornam a experiência educativa mais divertida e ajuda ao educador a identificar fatores individuais que facilitam o planejamento das atividades grupais. Neste contexto, competições acadêmicas e experimentos didáticos emergem como ferramentas eficazes para capacitar os futuros engenheiros geotécnicos. Estas atividades proporcionam um ambiente onde os alunos podem aplicar conceitos teóricos em situações práticas, desenvolvendo habilidades técnicas, trabalho em equipe e pensamento crítico.

O objetivo deste trabalho é apresentar a importância das competições acadêmicas e dos experimentos didáticos na área geotécnica como uma forma de aprimorar o processo de aprendizado. Foi apresentada a experiência do setor de Geotecnia da Infratec, casos de sucesso e melhores práticas, destacando os benefícios que tais iniciativas proporcionam aos estudantes, professores e às instituições de ensino.

2 COMPETIÇÕES ACADÊMICAS

A Infratec é uma entidade integrada por alunos e alunas de diferentes semestres do curso de Engenharia Civil de Infraestrutura da Universidade Federal de Santa Catarina, campus Joinville. Atua projetando e executando modelos físicos de diferentes áreas da infraestrutura como pontes treliçadas, estruturas de solo reforçado e estruturas de concreto armada. A equipe é subdividida em 3 setores técnicos, estruturas, materiais de construção e geotecnia.

A equipe Infratec também promove algumas experiências didáticas com o objetivo de apresentar a Engenharia Civil e o universo acadêmico a alunos de escolas de ensino médio. A Figura 1 mostra a realização do desafio do Marshmallow desenvolvida com alunos da escola CETEC Fernando de La Mora (Paraguai). Os

estudantes paraguaios visitaram as instalações da Universidade Federal de Santa Catarina no dia 03 de outubro de 2023.

O desafio de Marshmallow é uma atividade onde o objetivo é construir uma torre com espaguete, barbante, fitas adesivas e um marshmallow no topo da torre, a estrutura deve ser estável e com a maior altura possível.



Figura 1. Visita da escola CETEC Fernando de la Mora (Paraguai) à UFSC e grupo Infratec

A seguir são relatadas de forma breve algumas experiências acadêmicas da equipe Infratec na participação e organização de competições acadêmicas na área geotécnica. Os detalhes de materiais, propriedades geométricas e físicas dos modelos, dinâmica dos concursos e critérios de avaliação e classificação variam para cada edital.

2.1 Desafio de taludes – solo reforçado

O desafio de taludes é uma competição de dimensionamento e execução de um protótipo de Terra Armada. A terra armada utiliza um paramento externo conformado por placas pré-moldadas de concreto e tiras metálicas unidas aos painéis por meio de olhais de ligação que permitem a correta distribuição de tensões do sistema. As tiras metálicas em contato com o solo granular compactado garante a estabilidade do sistema.

Na competição do desafio de taludes, é realizado um modelo em escala reduzida. O paramento e tiras são conformadas por papel e o material de aterro é areia. As dimensões aproximadas da caixa de madeira e acrílico do modelo são 40 cm x 40 cm x 60 cm.

A equipe de Geotecnia da Infratec tem participado nos últimos anos de diversos desafios de taludes organizados pelo Grupo de Estudos em Geotecnia (GEGEO) da Universidade Federal de Paraná UFPR, Universidade do Estado de Santa Catarina UDESC (Campus Joinville) e alguns desafios internos realizados no campus de Joinville da Universidade Federal de Santa Catarina. Algumas das edições do desafio de taludes foram realizadas como parte da programação de eventos científicos como o congresso Brasileiro de Encostas COBRAE e Simpósio de Práticas de Engenharia da Região Sul do Brasil GEOSUL com apoio de algumas empresas da área geotécnica.

Durante a pandemia, no ano de 2021, a Empresa Maccaferri com apoio do GEGEO - UFPR organizou o Desafio de taludes – Versão digital, com o objetivo de exercitar as diversas fases de concepção de um projeto geotécnico de um muro Terramesh® com o uso do programa Mac Stars 4.0. A experiência das competições do desafio de taludes da UFPR pode ser estudada com mais detalhes no trabalho técnico de Zorzan et al. (2017). A experiência do desafio de taludes da Universidade Federal de Juiz de Fora pode ser encontrada em Carvalho et al. (2020).

A Figura 2a mostra o rompimento do muro por deformações na face durante a participação de alunos da equipe Infratec no desafio de taludes do ano 2018 e a Figura 2b apresenta a etapa de carregamento do modelo do muro de terra armada durante a feira de cursos para alunos de ensino médio realizado na UFSC Joinville em outubro de 2023.

As Análises de projetos e definição de grau de compactação, espaçamentos horizontais e verticais, comprimentos de tiras e quantidade de papel, são realizadas por meio de cálculos manuais, planilhas eletrônicas e uso de programas computacionais. Também é utilizada a ferramenta de retro análise para aprimorar o dimensionamento (Figura 3).

Os critérios de avaliação são definidos em cada edital, mas de uma forma geral estão relacionados com avaliação de concepção, dimensionamento e detalhamento de projeto; menor quantidade de papel utilizado na face e tiras e velocidade (tempo) de execução do modelo pela equipe.

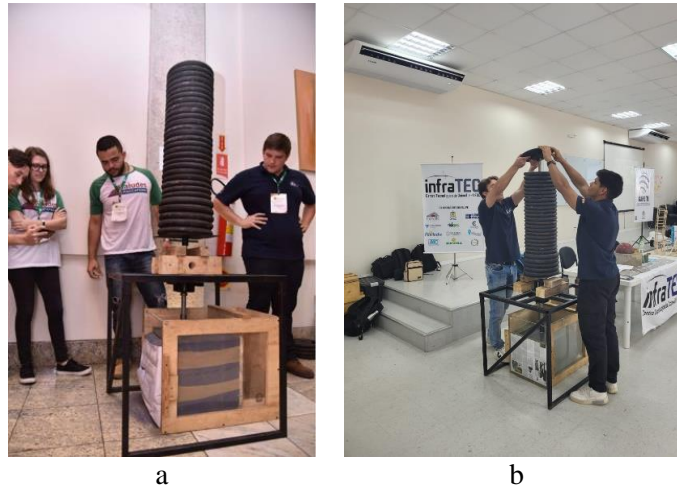


Figura 2. Protótipo de terra armada a) Alunos participando da competição do desafio de taludes (2018), b) Demonstração interna durante feira de cursos da UFSC (2023)

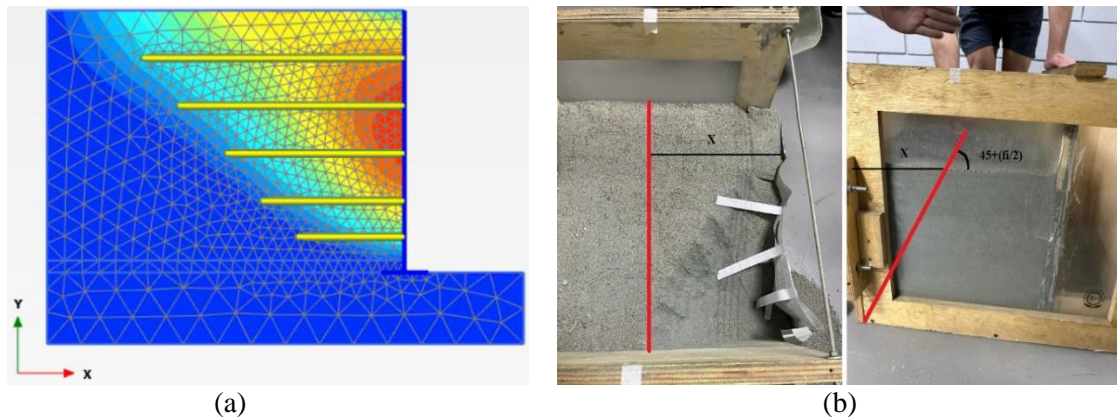


Figura 3. Análises de comportamento da estrutura em terra armada a) Modelagem Plaxis 2D, b) Análise da geometria da ruptura.

2.2 Desafio de barreiras – Proteção contra queda de rochas

Durante o XIII Simpósio de Práticas de Engenharia Geotécnica da Região Sul do Brasil (GEOSUL 2023) foi realizado o 1º Desafio de Barreiras, organizado pela empresa Maccaferri com o apoio do GEGEO da UFPR.

O desafio de barreiras consiste na concepção, dimensionamento e construção de uma estrutura de impacto para controle de queda de rochas em taludes rochosos.

O modelo em escala reduzida da barreira contra queda de rochas associa a teoria com a prática da engenharia. Para o desenvolvimento do modelo era possível usar: 500 g de jornal, 2 pedaços de Cartolina tamanho carta, 9 palitos de madeira de 30 cm, 30 fechos de arame (amarelo), 1 fita adesiva durex 12 mm x 30 m e 300 g de arame galvanizado nº 22.

Para simular a queda do material rochoso, foi utilizada uma rampa de 1.15 m de altura com quedas de pilhas alcalinas cilíndricas de vários tamanhos. As quedas foram progressivas e o objetivo da barreira era conter as pilhas mantendo uma “área segura” livre de impactos.

Algumas das barreiras desenvolvidas durante a competição se mostram na Figura 4.

A experiência foi muito satisfatória com equipes inscritas da UFSC, UFPG e UFPR. A Figura 5 apresenta as duas equipes participantes da Infratec e o simulador de declive durante o texto de impacto da barreira.

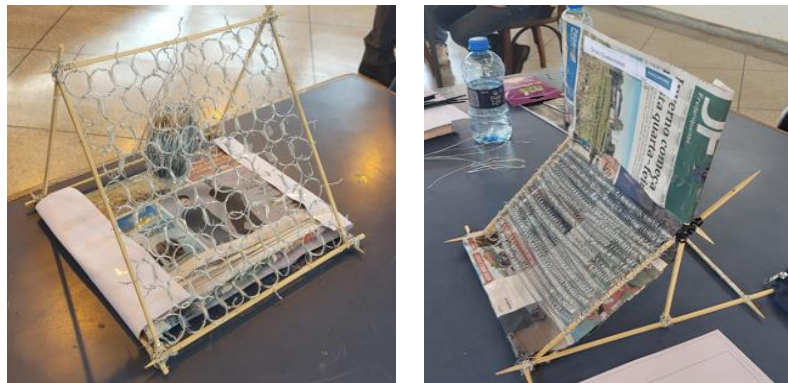


Figura 4. Algumas barreiras desenvolvidas durante o 1º desafio de barreiras GEOSUL 2023.



Figura 5. Equipes da Infratec durante a competição 1º desafio de barreiras GeoSul 2023.

2.3 Desafios de perguntas e respostas RockBowl.

O RockBowl foi criado pelo Comitê Brasileiro de Mecânica das Rochas em 2014 e desde então tem sido realizado durante vários eventos de Geotecnia e Mecânica das rochas no Brasil e também no âmbito internacional. O RockBowl consiste de um jogo de perguntas e respostas, em que as equipes concorrentes são desafiadas a responder questões técnicas e não-técnicas, cujo tema central é a Mecânica de Rochas. O RockBowl foi realizado a nível nacional em 4 edições do SBMR: em Goiânia em 2014, Belo Horizonte em 2016, Salvador em 2018 e Campinas 2022. A 5ª edição do RockBowl ocorrerá durante o SBMR, juntamente com o COBRAMSEG 2024.

Foram realizadas algumas edições internacionais do RockBowl. Como exemplo pode ser citada a edição do Simpósio Latino-americano de Mecânica das Rochas LARMS 2022 realizado na cidade de Assunção, Paraguai. Nesta oportunidade a dupla conformada por Camila Broetto Milli e Mateus Zanini Broetto ficou em segundo lugar, atrás da equipe da África do Sul. (Figura 6)



Figura 6. Equipes Brasileiras durante a edição do RockBowl realizado no LARMS 2022 (Paraguai)

2.4 Desafios de perguntas e respostas GeoNorte 2023

Com o tema Geotecnia na Amazônia, o maior encontro de Geotecnia da região norte do Brasil, aconteceu na cidade de Palmas/TO entre os dias 07 a 09 de novembro de 2023. Durante o evento foi realizado o 1º GEOGAMES, uma competição de perguntas e respostas destinada a alunos das instituições de ensino superior.

O desafio foi realizado de forma virtual por meio da plataforma Kahoot®. As equipes foram conformadas por 4 participantes. A competição foi desenvolvida em 3 fases. 1ª fase, disputa geral classificatória e eliminatória; 2ª fase, semifinal (eliminatória) e 3ª fase final (decisiva). A Figura 7 apresenta as equipes reunidas numa plataforma virtual respondendo as questões do desafio GEOGAMES 2023. Detalhes do edital pode ser encontrado no seguinte link: <https://geonorteabms.com.br/2023/edital-geogames.pdf>



Figura 7. Fotografia GeoGames2023. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=jQSgJqIJ97A>

3 EXPERIMENTOS DIDÁTICOS

A correta compreensão dos fenômenos geotécnicos pode ser facilitada por meio do uso de alguns experimentos didáticos e modelos físicos em escala reduzida. Os experimentos didáticos estimulam a aprendizagem experiencial dos alunos. Os modelos físicos podem ser criações simples feitas com materiais convencionais de baixo custo e/ou adaptações de equipamentos disponíveis nos laboratórios.

3.1 Modelos físicos 1g em laboratório

A área geotécnica da equipe Infratec tem realizado alguns experimentos didáticos para melhorar a compreensão dos fenômenos dos movimentos de massa e para melhorar o entendimento da finalidade das técnicas de estabilização de taludes. A Figura 8 mostra alguns modelos desenvolvidos pelos alunos

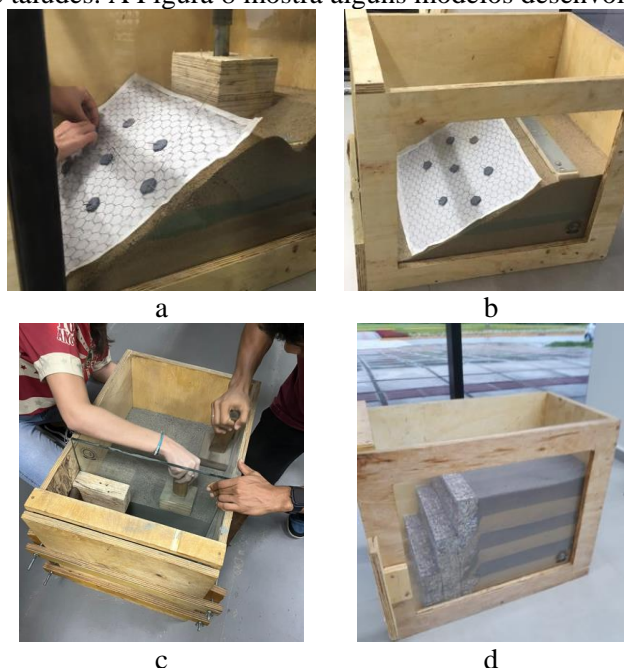


Figura 8. Modelos físicos elaborados pela Infratec. a) e b) Solo grampeado, c) Estaca prancha e d) Gabião.

O professor emérito da Universidade de Waterloo G. Wayne Brodland e a sua equipe disponibiliza de forma gratuita no site <https://www.civil.uwaterloo.ca/brodland/> uma coleção completa construída ao longo de 32 anos de trajetória no ensino, de recursos para ajudar os alunos a aprender sobre diversas estruturas. São disponibilizados vídeos, animações e instruções (passo a passo) para a construção dos modelos físicos.

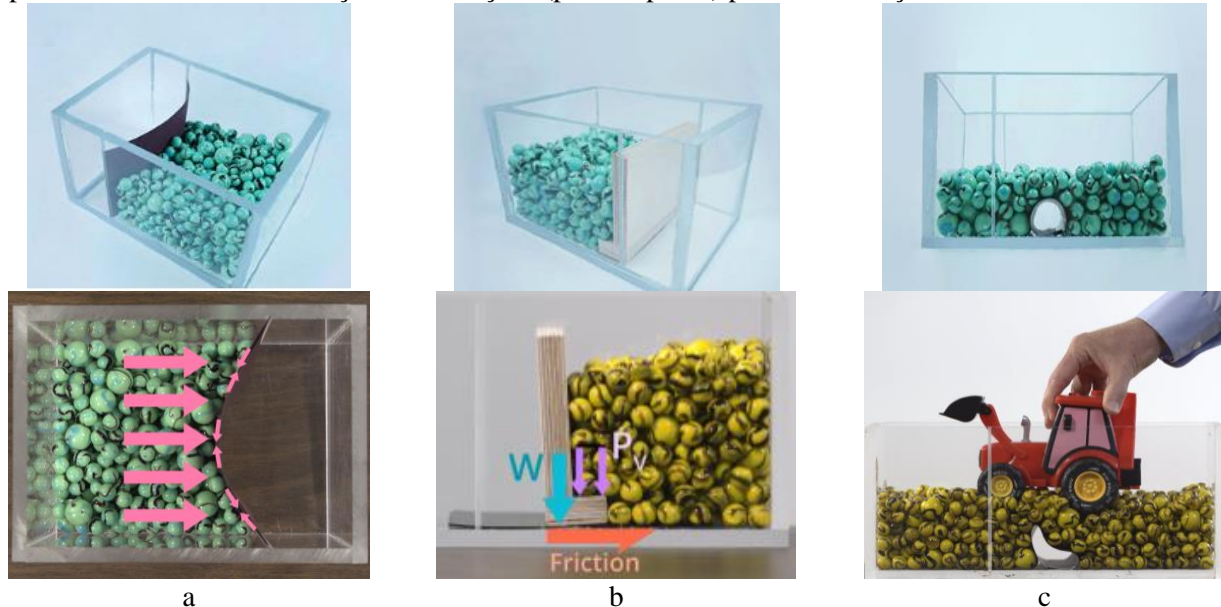


Figura 9. Experimentos didáticos da Universidade de Waterloo. a) Barragem em arco, b) Muro de arrimo, c) túneis e galerias de drenagem. (Disponível em <https://www.civil.uwaterloo.ca/brodland/>)

Algumas experiências de sucesso Brasileiras na área de geologia, geotecnia e geociências têm sido descritas na literatura técnica. Correia et al. (2018) descreve o desenvolvimento de modelos físicos de fenômenos geotécnicos para o ensino da Geotecnia na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Os principais fenômenos estudados e simulados pelo grupo foram: fenômeno de fluxo de água, fenômeno de ascensão capilar, liquefação, visualização de mecanismos de ruptura de estruturas de solo reforçado. Os autores destacam que os modelos foram criados pelos alunos durante as aulas tornado as aulas dinâmicas e interessantes. Todos os materiais foram de baixo custo. Alguns experimentos são apresentados na Figura 10.

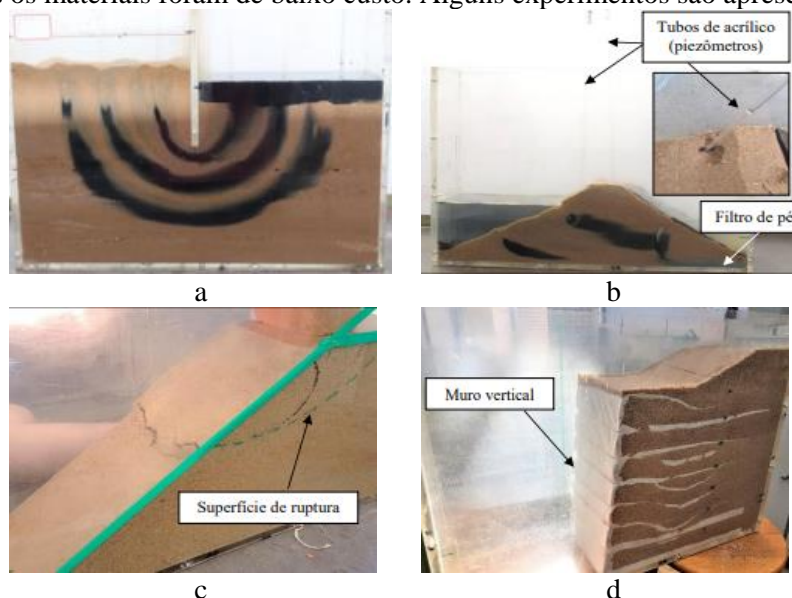


Figura 10. Experimentos didáticos da UFSCar. a) Fluxo confinado, b) Fluxo não confinado, c) Ruptura de talude, d) Solo reforçado. (Correia et al. 2018)

3.2 Modelos físicos em centrífuga geotécnica

No cenário internacional pode ser destacado o trabalho do laboratório de modelos geotécnicos da *Universidad de los Andes* em Bogotá na Colômbia. A universidade possui uma centrífuga de braço de grandes

dimensões e uma centrífuga pequena para uso de pesquisa, extensão e ensino. Tristancho-Ortiz (2017) descreve de forma geral o uso da centrífuga geotécnica como ferramenta didática para o ensino da geotecnia.

A centrífuga geotécnica é um equipamento que gira em torno de um eixo a uma determinada aceleração da gravidade. O objetivo da centrífuga é modificar o campo gravitacional do modelo físico para reproduzir o estado de tensões real do protótipo. Por meio da centrífuga geotécnica é possível elaborar modelos físicos de escala reduzida e transformar as grandezas medidas por meio das leis de escala reproduzindo o comportamento da estrutura analisada como se estivessem na dimensão real do protótipo. A principal vantagem do uso da modelagem centrífuga é que podem ser realizados modelos muito pequenos que podem ser carregados até a ruptura em tempos curtos porque o tempo é uma grandeza escalável. Por meio da observação, instrumentação geotécnica e técnicas avançadas de visualização como é o caso da velocimetria por processamento de imagens PIV (*Particle image velocimetry*) é possível compreender de forma simplificada alguns problemas complexos.

A equipe do laboratório de modelos geotécnicos da *Universidad de los Andes*, especialmente o seu diretor, o professor Bernardo Caicedo, possui bastante experiência utilizando as duas centrífugas geotécnicas para projetos de ensino, pesquisa e extensão. A própria universidade tem experiência na realização de concursos geotécnicos para alunos de graduação, como exemplo pode ser citado o concurso realizado no 1er Simpósio Andino de Geomateriais. O objetivo do concurso era calcular a sobrecarga imposta a um muro de arrimo construído em solos moles.

A Figura 11 mostra um dos protótipos de um túnel superficial de 5.6 m de diâmetro, construído em solos moles e sujeitos a carregamentos excêntricos em superfície. O modelo construído para representar o problema consiste em um túnel de parede fina, a argila é representada por uma mistura de caulim e bentonita. O modelo físico de pequenas dimensões foi ensaiado na centrífuga geotécnica com aceleração de gravidade de 200g. A centrífuga geotécnica da *Universidad de los Andes* permite realizar ensaios até com aceleração da gravidade de 400g.

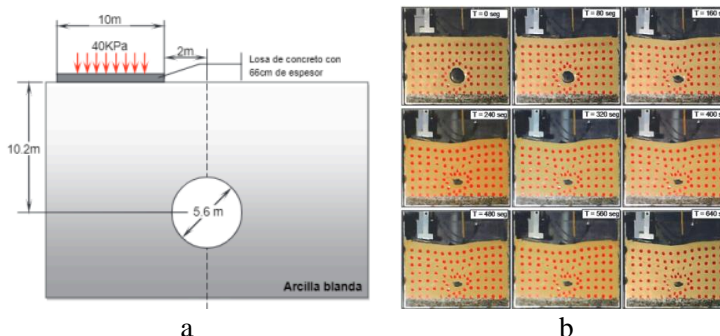


Figura 11. Modelo físico em centrífuga geotécnica 200g. a) Protótipo estudado, b) Resultados modelagem física, vetores de deslocamentos durante o processo de ruptura.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho técnico apresentou uma série de experiências inovadoras e recursos didáticos para o ensino da geotecnia, destacando a eficácia das competições acadêmicas e dos experimentos didáticos. Tais abordagens não apenas proporcionam aos estudantes a aplicação prática de seus conhecimentos teóricos, mas também os incentivam a pensar de forma criativa e colaborativa para resolver problemas complexos da engenharia geotécnica. Ao participar de equipes de competição, os estudantes têm a oportunidade de expandir conhecimentos técnicos, ampliar rede de contatos e melhorar algumas habilidades como pensamento crítico, comunicação e trabalho em equipe. As competições e desafios motivam os estudantes a se superarem e a se destacarem em suas carreiras acadêmicas e profissionais. Os experimentos e jogos didáticos contribuem para o entendimento de problemas complexos e tornam o ensino-aprendizagem em engenharia muito mais leve e divertido. Apesar das inúmeras vantagens de usar essas ferramentas em sala de aula, esses recursos ainda são pouco utilizados na engenharia geotécnica. Portanto, há uma necessidade de integrar esses métodos inovadores de forma mais ampla nos currículos de engenharia civil.

AGRADECIMENTOS

A todos os membros da equipe de competição INFRATEC

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, F.C., Oliveira, P.B., Reis, D.A. (2021). A importância dos jogos didáticos no processo de ensino aprendizagem: Revisão integrativa, *Research, Society and Development*, 10 (4).
- Brodland, G.W. *Mechanics Models*. University of Waterloo. Disponível em: <https://www.civil.uwaterloo.ca/brodland/>. Acesso em 12 abril de 2024.
- Carvalho, F.A., Nery, I.F.(2020). Aprendizagem ativa a partir de competições: Concurso de taludes. XLVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia COBENGE.
- CNI, Confederação Nacional da Indústria (2017). A MEI e o desafio da inovação no Brasil. Um balanço de dez anos.
- Correia, N.S., Portelinha, F.H.M., Daciolo, L.V.P. & Silva, J.W.B. (2018). Desenvolvimento de modelos físicos de fenômenos geotécnicos para o ensino de Geotecnia. XIX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. ABMS.
- Filho, G.E., Sauer, L.Z., Almeida, N.N. & Villas-Boas, V. (2019). Uma nova sala de aula é possível. Aprendizagem ativa na Educação em Engenharia. Associação Brasileira de Educação em Engenharia.
- Oliveira, V.F. (2019). A engenharia e as novas DCNs: Oportunidades para formar mais e melhores Engenheiros. 1 ed. Rio de Janeiro. LTC.
- Ornelas, F., Araújo, G.R.MB & Alves, K.C.S.K. (2023). Regulamento GEOGAMES 2023. Congresso de Geotecnia da região norte GeoNorte. Disponível em: <https://geonorteabms.com.br/2023/edital-geogames.pdf>
- Tristancho-Ortiz (2017). Modelamiento físico en geotecnia aplicado a la docencia. *Revista Educación en Ingeniería*, 12 (23), pp. 109-114.
- Zorzan, L.G., Oliveira, R.O.F.P., Souza, D.D.L & Neto, E.G. (2017). Competições no ensino da engenharia geotécnica: A experiência do desafio de taludes da UFPR. XIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia COBENGE.