COBRAMSEG 2026

ANAIS DO

XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA

XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE JOVENS GEOTÉCNICOS

Eixo Temático:

Educação e Inclusão em Geoengenharia

ABMS | Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica

ABMS | Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
Centro-Oeste
Núcleo Regional

COBRAMSEG 2026

ANAIS DO

XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA

XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE JOVENS GEOTÉCNICOS

Eixo Temático:

Educação e Inclusão em Geoengenharia

ABMS | Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica

ABMS | Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
Centro-Oeste
Núcleo Regional

Editora Omnis Scientia

Anais do XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica – COBRAMSEG 2026

Eixo Temático:

Educação e Inclusão em Geoengenharia

Volume 1

1ª Edição

RECIFE - PE

2026

Patrocínio Diamante

VALE

Patrocínio Rubi

CZM FOUNDATION EQUIPMENT

Patrocínio Esmeralda

SETE ENGENHARIA

INCOPRE PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO

srk

REDE Sondagens Geotécnicas

Patrocínio Água Marinha

Incotep Sistemas de Ancoragem

Solotrat

SHEIKAN ANCOR-JET FIBRAS

MACCAFERRI

belgo arames

ArcelorMittal

GERDAU O futuro se molda

owntec

geo|soluções

FOA Engenharia e Pré-Fabricados

HUESKER Ideen. Ingenieure. Innovationen.

Terra Dril

Patrocínio Turmalina



















Patrocínio Opala























































Patrocínio Safira









Divulgação

Realização

Apoio

Organização

Comissão Organizadora dos Anais

André Luís Brasil Cavalcante

Márcia Maria dos Anjos Mascarenha

Michéle Dal Toé Casagrande

José Wilson dos Santos Ferreira

Talita Caroline Miranda

Mario René Rivera Osorto

Comissão Organizadora do Evento

André Luís Brasil Cavalcante (Presidente)

Maurício Martines Sales

Flávio Ornelas

Cristiano Zandoná dos Santos

Paulo da Venda Oliveira

Marcos Massao Futai

José Wilson dos Santos Ferreira

Márcia Maria dos Anjos Mascarenha

Michéle Dal Toé Casagrande

Comissão Geojovem

José Wilson dos Santos Ferreira (Presidente)

Lídia Bruna Teles Gonzaga

Mateus Teixeira Crippa

Mario René Rivera Osorto

Zharry Ribeiro Bueno

Comissão Científica

Márcia Maria dos Anjos Mascarenha (Presidente)

Michéle Dal Toé Casagrande (Vice-presidente)

Alexandre Duarte Gusmão

Andrelisa Santos de Jesus

André Pacheco de Assis

Bernadete Ragoni Danziger

Breno Padovezi Rocha

Carlos Alberto Lauro Vargas

Ennio Marques Palmeira

Gilson De Farias Neves Gitirana Jr

José Allan Carvalho Maia

José Camapum de Carvalho

José Fernando Thomé Jucá

Kátia Vanessa Bicalho

Marta Pereira da Luz

Luan Ozelim

Luis Edmundo Prado de Campos

Magnos Baroni

João Paulo Silva de Freitas

Marcos Massao Futai

Maria Das Graças Gardoni Almeida

Maria Eugenia Gimenez Boscov

Marina Bellaver Corte

Paulo José Rocha de Albuquerque

Sandro Lemos Machado

Tácio Mauro Pereira de Campos

Terezinha de Jesus Espósito

Comissão Financeira

Cristiano Zandoná dos Santos

Comissão Consultiva

André Pacheco de Assis

Ennio Marques Palmeira

José Camapum de Carvalho

Comitê Assessor de Congresso (CAC)

Gustavo Simões

Paulo Albuquerque

Vitor Pereira Faro

ABMS — Diretoria Nacional

Roberto Quental Coutinho (Presidente)

Bernadete Ragoni Danziger (Vice-Presidente)

Robson Palha Saramago (Secretário Geral)

Marcos Massao Futai (Diretor Financeiro)

Petrucio Santos Junior (Diretor de Comunicação)

Mauricio Ehrlich (Diretor de Relações Institucionais)

Jairo Pascoal Júnior (Diretor de Normas Técnicas)

Felipe Gobbi Silveira (Diretor AD HOC)

Max Gabriel Timo Barbosa (Diretor AD HOC)

Luiz Antonio Bressani (Diretor AD HOC)

Magnos Baroni (Diretor AD HOC)

ABMS — NRCO

Maurício Martines Sales (Presidente)

Marta Pereira da Luz (Vice-Presidente)

Luiz Carlos de Figueiredo (Secretário Geral)

Cristiano Zandoná dos Santos (Diretor Financeiro)

Thiago Lopes dos Santos (Diretor Eventos Técnicos)

José Wilson dos Santos Ferreira (Diretor GeoJovem Ad hoc)

Editora

Editor-Chefe

Dr. Daniel Luís Viana Cruz

Conselho Editorial

Dr. Amâncio António de Sousa Carvalho – ESS-UTAD – Portugal

Dr. Cássio Brancaleone – UFFS – Brasil

Dr. Marcelo Luiz Bezerra da Silva – UEPa – Brasil

Dra. Pauliana Valéria Machado Galvão – UPE – Brasil

Dr. Plínio Pereira Gomes Júnior – UFRPE – Brasil

Dr. Walter Santos Evangelista Júnior – UFRPE – Brasil

Dr. Wendel José Teles Pontes – UFPE – Brasil

Assistente Editorial

Thialla Larangeira Amorim

Imagem de Capa

Canva

Edição de Arte

Vileide Vitória Larangeira Amorim

Nhatallia Laranjeira Amorim

Revisão

Os autores

Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons – Atribuição - Não Comercial - Sem Derivações 4.0 Internacional.

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Lumos Assessoria Editorial

C749
Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (22. : 2026 : Brasília, DF).
Anais do XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (COBRAMSEG) : educação e inclusão em geoengenharia [recurso eletrônico] / coordenador André Luís Brasil Cavalcante ... [et al.]. — 1. ed. — Recife : Omnis Scientia, 2026.
Dados eletrônicos (pdf).

Inclui bibliografia.
ISBN 978-65-284-0679-1
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3

1. Engenharia civil (Geotecnia). 2. Mecânica do solo. 3. Ciência do solo. 4. Solos - Conservação. I. Cavalcante, André Luís Brasil.

CDD23: 624.15136

I-3010261/2

Bibliotecária: Priscila Pena Machado - CRB-7/6971

Editora Omnis Scientia

Av. República do Líbano, nº 251, Sala 2205, Torre A,

Bairro Pina, CEP 51.110-160, Recife-PE.

Telefone: +55 87 99920-5762

editoraomnisscientia.com.br

contato@editoraomnisscientia.com.br



Prefácio

O XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica – COBRAMSEG 2026, realizado em Brasília, representa mais um importante capítulo na trajetória da Geotecnia brasileira. Promovido pela Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (ABMS), o Congresso reafirma sua vocação histórica como o principal espaço nacional de encontro entre pesquisadores, profissionais, estudantes, empresas, instituições públicas e demais atores envolvidos no desenvolvimento da Engenharia Geotécnica no País.

Nesta edição, o tema **"Geotecnia e Mudanças Climáticas: Infraestruturas e Cidades Resilientes"** traduz um dos grandes desafios do nosso tempo. Eventos extremos cada vez mais frequentes, alterações nos regimes de precipitação, movimentos de massa, inundações, erosões e outros processos associados às mudanças ambientais evidenciam a necessidade de repensarmos a forma como concebemos, projetamos, construímos, monitoramos e mantemos nossas infraestruturas e cidades.

Nesse contexto, a Engenharia Geotécnica assume uma responsabilidade ainda maior. Mais do que responder às emergências, somos chamados a antecipar riscos, desenvolver soluções inovadoras, incorporar novas tecnologias e contribuir para a construção de uma sociedade mais segura e resiliente. **A Geotecnia precisa estar presente antes da emergência.**

O COBRAMSEG 2026 foi concebido exatamente com esse espírito: promover o encontro entre conhecimento científico, experiência profissional, inovação tecnológica e os grandes desafios da sociedade. A diversidade e a qualidade dos trabalhos reunidos nestes Anais demonstram a vitalidade da comunidade geotécnica brasileira e sua capacidade de produzir conhecimento relevante nas diferentes áreas da Mecânica dos Solos, Mecânica das Rochas e Engenharia Geotécnica.

Os artigos aqui publicados constituem uma importante representação do conhecimento produzido e aplicado em universidades, centros de pesquisa, empresas, órgãos públicos e instituições de todo o País. Abrangem desde temas clássicos da Geotecnia até abordagens emergentes relacionadas à sustentabilidade, mudanças climáticas, transformação digital, inteligência artificial, instrumentação e monitoramento, gestão de riscos, novos materiais e metodologias de projeto e análise.

Além da apresentação dos trabalhos técnicos, a programação científica do COBRAMSEG 2026 foi enriquecida por conferências, palestras especiais, painéis, mesas-redondas, sessões técnicas, atividades destinadas aos jovens geotécnicos e eventos integrados, proporcionando diferentes oportunidades de intercâmbio entre gerações, instituições e áreas de atuação. Esse ambiente de diálogo constitui uma das maiores riquezas do Congresso e reforça a importância da colaboração para o avanço da nossa profissão.

Brasília, cidade concebida a partir de uma visão de futuro, ofereceu um cenário particularmente simbólico para esta edição. Em um momento em que discutimos resiliência, sustentabilidade e adaptação às mudanças climáticas, reunir a comunidade geotécnica na capital brasileira também nos convida a refletir sobre nossa responsabilidade na construção das infraestruturas e das cidades que

desejamos deixar para as próximas gerações.

A Comissão Organizadora manifesta seu profundo agradecimento aos autores que confiaram seus trabalhos ao Congresso, aos revisores pela criteriosa avaliação das contribuições, aos palestrantes, moderadores e coordenadores de sessões, às Comissões Técnicas da ABMS, às instituições parceiras, às empresas patrocinadoras e expositoras, às equipes de apoio e a todos aqueles que dedicaram tempo, conhecimento e trabalho para tornar possível a realização do COBRAMSEG 2026.

Agradecemos especialmente à **Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica – ABMS**, cuja história se confunde com o próprio desenvolvimento da Geotecnia brasileira e cuja atuação continua sendo fundamental para aproximar academia e prática profissional, formar novas gerações e projetar internacionalmente a Engenharia Geotécnica produzida no Brasil.

Aos participantes, nosso reconhecimento por transformarem o Congresso em um verdadeiro espaço de encontro, aprendizado e construção coletiva.

Esperamos que estes Anais ultrapassem os limites temporais do evento e permaneçam como registro do conhecimento, das ideias e das inquietações que mobilizaram a comunidade geotécnica brasileira em 2026. Que os trabalhos aqui reunidos inspirem novas pesquisas, projetos, soluções e parcerias e contribuam para uma Engenharia Geotécnica cada vez mais inovadora, sustentável e comprometida com a sociedade.

Que o COBRAMSEG 2026 seja lembrado não apenas pelo conhecimento que compartilhamos, mas também pelas conexões que construímos e pela visão de futuro que reafirmamos juntos.

André Luís Brasil Cavalcante
Presidente do COBRAMSEG 2026

Sumário

A ARTE COMO INSTRUMENTO DE EDUCAÇÃO E POPULARIZAÇÃO DA CIÊNCIA.....19

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MODELOS ANALÍTICOS, COMPUTACIONAIS E FÍSICOS EM ESCALA REDUZIDA, APLICADOS À ENGENHARIA GEOTÉCNICA.....27

APLICAÇÃO DA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS: CONFECÇÃO DE PROTÓTIPO DE BARRAGEM DE TERRA COMO FERRAMENTA DE ENSINO-APRENDIZAGEM.....35

APRIMORANDO O ENSINO DE GEOTECNIA COM O JOGO “SOLOS TROPICAIS”: DA VERSÃO FÍSICA À PLATAFORMA DIGITAL INTERATIVA E AUTOMATIZADA.....42

CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA E AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DAS MARGENS DO CÓRREGO VILA NOVA, COLOMBO (PR).....50

DESENVOLVIMENTO DE MATERIAL DIDÁTICO UTILIZANDO IMPRESSÃO 3D PARA ENSINO DA GEOTECNIA.....58

DESENVOLVIMENTO DE VÍDEOS EDUCATIVOS RELACIONADOS À REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS EM SISTEMA DE COBERTURA DE ATERRO SANITÁRIO.....64

DIVERSIDADE COMO VETOR DE INOVAÇÃO E PRODUÇÃO CIENTÍFICA: UMA INICIATIVA DO LABORATÓRIO DE GEOFÍSICA APLICADA DA UFV.....69

DO DESASTRE À APRENDIZAGEM: ESTUDOS DE CASO COMO ESTRATÉGIA DIDÁTICA NO ENSINO DE GEOLOGIA NA ENGENHARIA CIVIL.....77

EFETIVIDADE DA POPULARIZAÇÃO DA CIÊNCIA NA ÁREA GEOTÉCNICA.....85

ENGENHARIA CIVIL E EVASÃO ESTUDANTIL: ANÁLISE DE CAUSAS E PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO.....93

ESTRATÉGIAS DE GAMIFICAÇÃO NO ENSINO DE ENGENHARIA: ESTUDO DE CASO APLICADO À GEOTECNIA.....101

ESTUDO DA RIGIDEZ RELATIVA NA DISTRIBUIÇÃO DE TENSÕES DE FUNDAÇÕES, UTILIZANDO SENSORES TÁTEIS (*TACTILE PRESSURE SENSOR* – TPS).....109

GAMIFICAÇÃO NO ENSINO DE GEOTECNIA: GEODETETIVE E GEOMESTRE PARA O DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES TÉCNICAS E TRANSVERSAIS.....117

INCLUSÃO DE JOGOS DIDÁTICOS NO PROCESSO ENSINO APRENDIZAGEM NA ÁREA DE GEOTECNIA.....123

INCLUSÃO OPERACIONAL: TRANSFORMANDO CONHECIMENTO TÁCITO EM CAPACITAÇÃO DE OPERADORES REMOTOS COM DEFICIÊNCIA NA DESCARACTERIZAÇÃO DE BARRAGENS.....131

INTEGRANDO MÉTODOS TEÓRICO, NUMÉRICO E EXPERIMENTAL NO ENSINO DA PERCOLAÇÃO DE ÁGUA EM BARRAGENS: ABORDAGEM PARA EDUCAÇÃO INCLUSIVA EM GEOENGENHARIA.....139

LUDICIDADE EM ENSAIOS TÉCNICOS DE MECÂNICA DOS SOLOS E CONCEITOS DE GEOTECNIA APLICADOS PARA ALUNOS DA EDUCAÇÃO BÁSICA.....148

MAPEAMENTO DE RISCO PARTICIPATIVO: ESTUDO DE CASO EM UMA COMUNIDADE DE JABOATÃO DOS GUARARAPES (PE).....156

MAQUETE DE BARRAGEM: MODELO DIDÁTICO DO PROCESSO DE PERCOLAÇÃO DE ÁGUA EM SISTEMA DE FILTROS EM BARRAMENTO DE SOLO.....164

METODOLOGIAS ATIVAS APLICADAS A CONCEITOS GEOTÉCNICOS PARA ALUNOS DA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS (EJA).....172

MODELOS REDUZIDOS DE BARRAGENS COMO FERRAMENTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE HIDRÁULICA E GEOTECNIA.....180

MULHERES NA ENGENHARIA: INTERVENÇÕES DIDÁTICAS DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E COMUNICAÇÃO DIGITAL COMO CAMINHOS PARA INCLUSÃO, EQUIDADE E DIVERSIDADE.....186

O IMPACTO DA APRENDIZAGEM PRÁTICA NO DESEMPENHO E ENGAJAMENTO DOS ESTUDANTES DA ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO.....194

PROPOSTA DE ATIVIDADES ESCOLARES COM USO DE CONCEITOS MATEMÁTICOS E GEOTÉCNICOS PARA EDUCAÇÃO E INCLUSÃO SOCIAL.....202

PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DE FERRAMENTAS DIGITAIS PARA O ENSINO E APLICAÇÃO DE GEOSSINTÉTICOS EM MUROS DE SOLO REFORÇADO.....209

PROTÓTIPO DIDÁTICO DE BARRAGEM DE TERRA ZONEADA: SEQUÊNCIA DE FALHA POR GALGAMENTO PARA FINS DIDÁTICOS.....217

REPRESENTAÇÕES DO ESPAÇO E CIDADANIA: UM OLHAR FEMININO SOBRE O TERRITÓRIO E O MEIO AMBIENTE.....225

SABERES SOBRE OS SOLOS NO DISTRITO FEDERAL - AÇÕES DO NÚCLEO REGIONAL IFB/UNB DO PROJETO CONVERSA ENTRE MENINAS E ENGENHEIRAS, CONSTRUINDO REDES.....232

SALA DE AULA INVERTIDA NO ENSINO DE PAVIMENTAÇÃO: UMA PROPOSTA PRÁTICA DE AVALIAÇÃO FUNCIONAL COM ESTUDANTES DE ENGENHARIA CIVIL.....240

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/1

A Arte como Instrumento de Educação e Popularização da Ciência

Ana Cláudia Lelis
Arquiteta, Profissional Liberal, Brasília, Brasil, claudialelis.arq@gmail.com

Ana Patrícia Nunes Bandeira
Professora Universitária, UFCA, Juazeiro do Norte, Brasil, ana.bandeira@ufca.edu.br

Andrelisa Santos de Jesus
Professora Universitária, UFG, Goiânia, Brasil, andrelisajesus@ufg.br

Emiliano Lobo de Godoi
Professor Universitário, UFG, Goiânia, Brasil, emiliano@ufg.br

José Camapum de Carvalho
Profissional Liberal, Brasília, Brasil, camapumdecarvalho@gmail.com

Márcia Maria dos Anjos Mascarenha
Professora Universitária, UFG, Goiânia, Brasil, marciamascarenha@ufg.br

Maurício Martines Sales
Professor Universitário, UFG, Goiânia, Brasil, mmartines@ufg.br

Yasmin Cavalcante da Silva
Discente, UFG, Goiânia, Brasil, yasmin.yasmin@discente.ufg.br

RESUMO: Informalmente, a popularização da ciência no Brasil remonta ao início do século XIX, mas só ganhou destaque a partir de 2003, por meio de iniciativas e programas governamentais. Em 2023 foi publicado o Decreto nº 11.754 instituindo o Programa Nacional de Popularização da Ciência - Pop Ciência com o objetivo de desenvolver a cultura científica e estimular a prática da ciência, tecnologia e inovação para promover a inclusão social e reduzir as desigualdades sociais. Por vezes, os projetos de pesquisa são dotados de complexidade requerendo adaptações na linguagem e no modo de levar o assunto ao conhecimento da sociedade como um todo. Além da diversidade cultural presente na sociedade tem-se ainda a questão da faixa etária uma vez que no processo de popularização da ciência faz-se relevante alcançar o público infantil, juvenil e adultos. Uma forma de facilitar o alcance desses públicos é a apresentação de resultados de pesquisas por meio de conexões com a arte. Como exemplo, tem-se cartilhas plenas de arte gráfica, que abrem espaços para que os alunos e alunas participem ativamente do processo de educação e autoeducação, por meio da elaboração de pinturas, desenhos e jogos. Tem-se também os livros literários, que integram linguagem de poema e são ricos em arte gráfica dando aos temas técnicos, em especial na área geotécnica, uma linguagem literária que facilita o aprendizado. Este artigo usa exemplos realçando a relevância das artes na popularização da ciência, quando se coloca em prática a educação ativa em que o estudante participa da construção do próprio conhecimento.

PALAVRAS-CHAVE: Arte Gráfica, Educação Ativa, Literatura, Música, Poemas.

ABSTRACT: Informally, the popularization of science in Brazil dates back to the beginning of the 19th century, but only gained prominence from 2003 onwards, through government initiatives and programs. In 2023, Decree No. 11,754 was published, establishing the National Program for the Popularization of Science - Pop Ciência, with the objective of developing scientific culture and stimulating the practice of science, technology, and innovation to promote social inclusion and reduce social inequalities. Sometimes, research

projects are complex, requiring adaptations in language and in the way the subject is presented to society as a whole. In addition to the cultural diversity present in society, there is also the issue of age range, since in the process of popularizing science it is relevant to reach children, young people, and adults. One way to facilitate reaching these audiences is to present research results through connections with art. For example, there are textbooks full of graphic art, allowing students to actively participate in the education and self-education process through the creation of paintings, drawings, and games, and literary books that integrate poetic language and are rich in graphic art, giving technical subjects a literary language that facilitates learning. This article uses examples highlighting the relevance of the arts in the popularization of science when active education is put into practice, in which the student participates in the construction of their own knowledge.

KEYWORDS: Graphic Arts, Active Learning, Literature, Music, Poems.

1 INTRODUÇÃO

A alínea a inciso I, artigo 2º do Decreto nº 11.754 publicado em 2023 (Brasil, 2023) que institui o Programa Nacional de Popularização da Ciência - Pop Ciência, estabelece como um dos seus objetivos promover "a alfabetização e o letramento científicos da sociedade brasileira", constituindo-se como instrumento relevante, conforme se busca mostrar neste artigo, o uso da arte.

A popularização da ciência constitui-se em instrumento relevante para o desenvolvimento e conscientização da sociedade, contribuindo para a redução das desigualdades sociais e para o desenvolvimento econômico sustentável. Para isso, faz-se necessário a adoção de linguagem e instrumentos apropriados e adaptados às diferentes faixas etárias, sendo relevante a integração dos(as) alunos(as) nos mecanismos de educação, abrindo espaço para a educação ativa.

No processo de educação ativa, envolvendo a educação e a autoeducação, a arte constitui-se em instrumento capaz de auxiliar, atraindo o interesse e a efetiva participação dos(as) alunos(as). A arte envolve diferentes campos como pinturas, desenhos, música e literatura abrindo espaço para a criatividade voltada para a construção e consolidação dos conhecimentos.

Dada a diversidade dos temas abordados e dos campos das artes que podem ser utilizados no processo de educação e popularização da ciência, torna-se relevante a disciplinaridade, interdisciplinaridade, multidisciplinaridade e transdisciplinaridade, devendo o(a) educador(a), manter-se aberto(a) a interligação com diferentes áreas do conhecimento. Nesse sentido, as artes tornam-se ferramentas importantes de interligação e aprendizagem.

Buscando abrir espaço para discussões e reflexões sobre popularização da ciência, o presente artigo realça, por meio de exemplos, aspectos ligados aos meios de comunicação utilizados, às artes e à multidisciplinaridade em especial na área geotécnica.

2 MEIOS DE COMUNICAÇÃO

São meios de comunicação tradicionalmente usados o oral e o impresso em formato de cartilhas e livros. Hoje, porém, instrumentos como vídeos e jogos vêm se tornando comuns. Destaca-se que o Decreto nº 11.754 (Brasil, 2023) estabelece no inciso II, alínea a que se deve incentivar e apoiar "iniciativas de popularização da ciência que estimulem o uso de tecnologias digitais, com vistas a promover a inclusão digital e a inovação na divulgação da ciência" e no inciso III, alínea c, abre espaço para o uso da arte ao apresentar que se deve estimular "o desenvolvimento de processos inovadores de comunicação pública da ciência que promovam o engajamento do público nesse campo". Destaca-se que o público se constitui de diferentes seguimentos requerendo tratamentos específicos isentos, porém, de discriminações. Por exemplo, a popularização da ciência pode voltar-se em etapas distintas para o público infantil, infanto-juvenil ou de adultos.

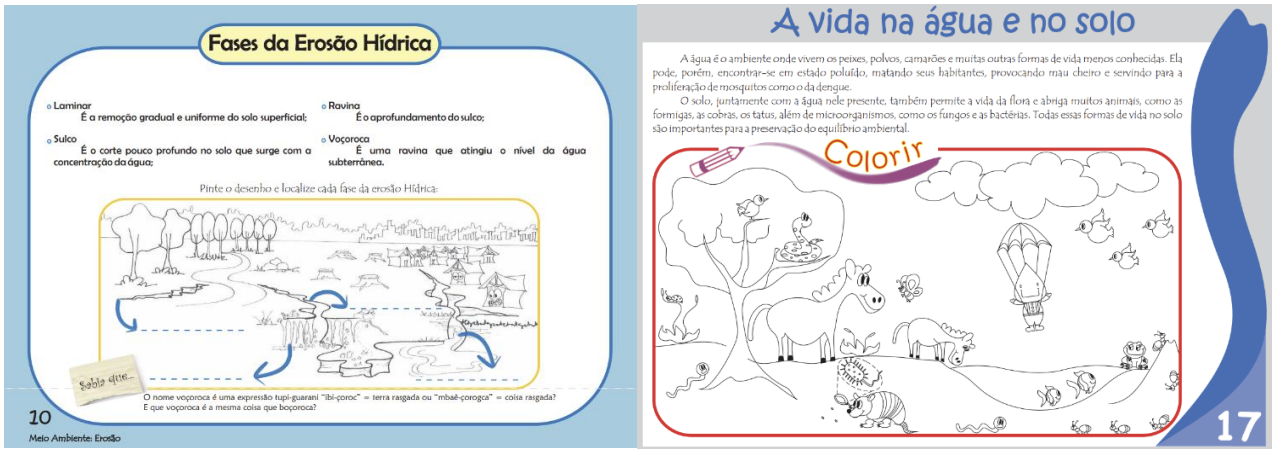
O Decreto supracitado traz ampla abordagem sobre a popularização da ciência e, embora não apresente explicitamente a arte como uma ferramenta a ser usada, implicitamente ela constitui-se em elemento relevante para que a ciência e seus valores se disseminem na sociedade ao se estabelecer como meio de comunicação.

Ao longo deste artigo serão abordados de modo exemplificativo o uso da arte em cartilhas, livros literários e técnicos realçando a relevância da arte como meio de popularização da ciência na área geotécnica.

3 USO DA ARTE EM CARTILHAS VOLTADAS PARA A POPULARIZAÇÃO DA CIÊNCIA

A inclusão da arte em cartilhas voltadas para a popularização da ciência contribui para que se gere atividades que estimulem a inovação, a criatividade, a investigação científica e a interdisciplinaridade no ensino e na aprendizagem da ciência refletindo a alínea b do inciso II do artigo 2º do Decreto nº 11.754 (Brasil, 2023). Além de facilitar e contribuir para a alfabetização e o letramento científico da sociedade, o uso da arte nas cartilhas vai ao encontro do inciso I, artigo 3º deste mesmo Decreto, por contribuir para a construção de uma reflexão crítico-criativa que parte da realidade concreta, temas das cartilhas, para a transformação do mundo abrindo espaço para bons convívios entre o homem e a natureza.

Exemplificando com cartilhas voltadas a educação não formal e crianças matriculadas na 1ª à 5ª série do ensino fundamental da educação formal, a Figura 1a apresenta a atividade constante da página 10 da cartilha "Meio Ambiente: Erosão" (Camapum de Carvalho e Lelis, 2006). A criança ao mesmo tempo em que poderá aprender conceitos sobre erosão dos solos, podendo desenvolver ou aprimorar a arte da pintura, o que certamente contribuirá para que consolide os conhecimentos e amplie-os com outras percepções. Na página seguinte da mesma cartilha a criança pode trabalhar a arte de desenhar abordando o tema de como a erosão pode prejudicar o meio ambiente, a qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável. Ainda com foco no desenvolvimento da arte de pintar, mas agora abrindo espaço para a interdisciplinaridade da engenharia com a biologia, a página 17 (Figura 1b) da cartilha "Meio Ambiente: Infiltração (Lelis e Camapum de Carvalho, 2011) coloca, por meio da pintura, a criança em contato com várias formas de vida na água, no solo e sobre o solo. Já a cartilha "Meio Ambiente: Erosão em Borda de Reservatório" (Ribeiro *et al*., 2016), além de colocar como personagens crianças de diferentes origens raciais e deficientes físicos, trabalha temas multidisciplinares e incentiva a arte de pintar.



(a) (b)

Figura 1. Exemplos das cartilhas: a) Cartilha Meio Ambiente: Erosão; b) Cartilha Meio Ambiente: Infiltração.

4 A ARTE PARA POPULARIZAÇÃO DA CIÊNCIA EM AMBIENTES HOSPITALARES

A arte é a representação da vida e um recurso mediador de interação entre pessoas e, através dela, o homem pode se aproximar dos demais, criar e recriar por meio da linguagem e da emoção. O ensino da cultura e da arte como recurso terapêutico fundamenta vários programas para desenvolvimento da criatividade e da livre expressão de medos e ansiedades relacionados à doença, à hospitalização e aos efeitos colaterais do tratamento por meio de atividades culturais. A arte se funda naquilo que tange a sensibilidade humana, constituindo um dos maiores feitos culturais justamente por simbolizar o que é exclusivo do humano: a criação simbólica (Deus Junior; Rocha; Godoi, 2023). Além disso, permite a troca de vivência entre pacientes, médicos e familiares, levando a um melhor enfrentamento da situação vivida.

Os ambientes hospitalares, tradicionalmente associados à dor, à ansiedade e à tecnicidade biomédica, configuram-se como espaços desafiadores, mas ao mesmo tempo potentes, para a construção de práticas inovadoras de divulgação científica voltadas ao público leigo (Vogt, 2006; Massarani, Moreira, 2018). Nesse contexto, a arte emerge como uma estratégia mediadora capaz de aproximar o conhecimento científico da experiência cotidiana dos indivíduos.

Linguagens artísticas como teatro, música, artes visuais, literatura e contação de histórias permitem traduzir conceitos científicos complexos em narrativas sensíveis, acessíveis e emocionalmente envolventes, favorecendo a compreensão, a curiosidade e o engajamento do público (Dewey, 2010; Barbosa, 2014). Em ambientes hospitalares, essa mediação artística assume papel ainda mais relevante, ao contribuir para a humanização do cuidado e para a ressignificação do espaço hospitalar como lugar de aprendizado e reflexão.

Diversos estudos indicam que práticas artísticas em hospitais promovem benefícios não apenas no bem-estar emocional de pacientes e acompanhantes, mas também no fortalecimento da comunicação entre profissionais de saúde e o público, criando oportunidades para a disseminação de informações científicas relacionadas à saúde, ao corpo humano, às doenças e à prevenção (Staricoff, 2004; Clift; Camic, 2016). Ao integrar ciência e arte, essas iniciativas rompem com o modelo tradicional de divulgação científica verticalizada, adotando uma abordagem dialógica, na qual o conhecimento é compartilhado de forma horizontal e contextualizada (Freire, 1987).

Além disso, a utilização da arte como ferramenta de popularização da ciência em hospitais dialoga diretamente com os princípios da educação não formal, caracterizada pela flexibilidade metodológica, pela valorização da experiência do sujeito e pela aprendizagem significativa (Gohn, 2010). Nessa perspectiva, o hospital deixa de ser apenas um espaço de intervenção clínica e passa a ser reconhecido como um ambiente educativo, no qual a ciência pode ser comunicada de maneira ética, sensível e socialmente comprometida.
Assim, o uso da arte para a popularização da ciência em ambientes hospitalares configura-se como uma estratégia interdisciplinar que articula saúde, educação e cultura, contribuindo para a construção de uma ciência mais próxima da sociedade, capaz de dialogar com diferentes públicos e de promover não apenas informação, mas também acolhimento, reflexão crítica e cidadania científica.

5 LITERATURA COMO INSTRUMENTO DE POPULARIZAÇÃO DA CIÊNCIA

Com o intuito de popularizar a ciência, o Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção (EECA/UFG) e o Programa de Pós-Graduação em Geotecnia (FT/UnB) têm atuado em parceria com o Projeto de Extensão Multiplicando Saberes sobre os solos, utilizando a literatura como meio de disseminar o conhecimento geotécnico para o público de professores e estudantes do Ensino Infantil, Fundamental e Médio. Apesar de destinada a educação formal, básica, essa estratégia da utilização da literatura também se aplica a educação não formal.

Toda produção deste grupo, para fins, educativos tem disponibilização gratuita, reforçando a intenção em fazer com que a pesquisa atinja a sociedade como um todo. Mascarenha *et al*. (2023) discutem sobre o uso das cartilhas Meio Ambiente: Erosão (Camapum de Carvalho e Lelis, 2006), Meio Ambiente: Infiltração (Lelis e Camapum de Carvalho, 2011) e Meio Ambiente: Erosão em Borda de Reservatório (Ribeiro *et al*., 2016) para levarem conteúdos e conceitos geotécnicos mais aplicados ao nível de linguagem dos ensinos fundamental e médio (ambas as cartilhas e outras estão disponíveis em www.geotecnia.unb.br, Produção Acadêmica, Livros). Tal estratégia, além de contribuir para a redução de problemas ambientais e de engenharia, facilita em seguida o ensino e aprendizagem em nível universitário. Os(As) autores(as) deste artigo enfatizam que os conteúdos geotécnicos a serem trabalhados com a sociedade, em sentido amplo, devem levar em conta os saberes populares estabelecidos, ampliando a construção de saber em fundamentos do conhecimento científico consolidado por meio de pesquisas, experiências e observações. Esse processo, exige que as linguagens e formas de comunicação sejam constantemente revisitadas para que seja estabelecido um vínculo de aprendizado junto aos diferentes públicos pretendidos em cada momento.

Seguindo estes princípios, no ano de 2024, foi elaborada uma coleção literária composta por dois livros em formatos impresso e digital. Os livros “De grão em grão, onde está o torrão” (Villas Boas *et al*., 2024) e “De montante à jusante o sedimento andou bastante” (Rodrigues *et al*., 2024), constituem uma coleção literária de divulgação científica voltada para a popularização da ciência. De modo a facilitar a aplicação e uso destes livros nos âmbitos escolar e comunitário foram publicados e disponibilizados em PDF dois guias de apoio à leitura com os mesmos títulos (Oliveira *et al*., 2024a, 2024b).

Esta coleção foi concebida e desenvolvida no âmbito do projeto de pesquisa P&D “Modelagem em Diversas Escalas da Geração de Sedimentos em Erosões e o Aporte em Reservatórios de UHES”, em parceria com o projeto de extensão Multiplicando Saberes Sobre Solos. Deste modo, foi formada, dentro do P&D uma equipe específica para produção de materiais com conteúdo voltados para a educação infantil e infanto-juvenil

por meio de textos literários, ilustrados, buscando inserir o(a) leitor(a) no cenário de ocorrência dos problemas de erosão e assoreamento e destacando belezas naturais de importante bacias hidrográficas, tais como a do rio Araguaia e protagonizando a diversidade social, a exemplo da cultura indígena. A opção por trilhar o caminho da literatura e da arte para fins educativos e de divulgação científica é inovadora e potencializa a transferência e construção de conhecimentos gerados para e com a sociedade desde a infância. As obras colocam em evidência a relevância da multidisciplinaridade de formações como Geografia, Geologia, Engenharias, Ciências Ambientais e Arquitetura ao envolverem, na elaboração, estudantes e profissionais destas diferentes formações, ampliando a linguagem e a abrangência dos temas tratados.

Outra ação com foco na popularização da ciência, desenvolvida no Âmbito Escola de Engenharia Civil e Ambiental da UFG, foi o Projeto Enveredando pelos laboratórios da Escola de Engenharia Civil e Ambiental, que visava abrir as portas dos laboratórios de pesquisa dessa unidade acadêmica para estudantes de ensino médio de escolas públicas de Goiás (Mascarenha *et al*. ,2024). Para facilitar a comunicação com o público, foi desenvolvido um material didático com o nome do Projeto, com informações sobre as práticas laboratoriais, mas em uma linguagem acessível, ilustrado por uma estudante de graduação, e utilizando elementos de identificação com a unidade acadêmica, como por exemplo um bem-te-vi, pássaro comum em seus jardins.

Vejam, portanto, que conhecer o público para o qual se está escrevendo e fazer as adequações de linguagens necessárias para acessar esse público é relevante para estabelecer uma comunicação por meio da literatura, sendo assim é comum mentalizar, a prioridade da escrita considerando se esse público será crianças, jovens ou adultos e qual sua faixa etária. Mas será que livro tem, de fato, necessidade de uma classificação de idade? O quanto um adulto pode aprender com um livro classificado como infantil ou o quanto alguns livros destinados ao público infantil ou juvenil escorregam no excesso de reducionismo subestimando a capacidade intelectual deste público? Os guias de apoio a leitura dos livros “De grão em grão, onde está o torrão?” e “De montante a jusante, o sedimento andou bastante” possui capítulos específicos com orientações para os mediadores de leitura. Estes mediadores podem ser pais, tios, irmãos mais velhos e professores. Nos guias são apresentadas várias estratégias de mediação da leitura que podem enriquecer a leitura como momento de lazer, de aprendizado e de construção de vínculo, afinal, os seres humanos são seres sociais e todo conhecimento acumulado pela humanidade foi feito de forma coletiva.

Exemplificam ainda ações voltadas para a popularização da ciência, buscando alcançar o público que mora em áreas de riscos de erosões e deslizamentos de encostas na região metropolitana do Cariri, interior do Ceará, foram elaboradas duas cartilhas (cartilha: Riscos em encostas e Cartilha: Saúde ambiental), através do Programa de Extensão “Ações de Gerenciamento de Áreas de Risco em Assentamentos Precários da Região Metropolitana do Cariri”, aprovado em Edital do MEC/PROEXT 2013 e desenvolvido na Universidade Federal do Cariri (UFCA). As cartilhas foram elaboradas utilizando artes visuais, especificamente fotografias locais, além de ilustrações com desenhos e propostas de atividades para o público-alvo. As cartilhas foram impressas e distribuídas aos moradores de áreas de riscos e em escolas públicas da região, popularizando a ciência e contribuindo com a prevenção de acidentes e doenças (Bandeira *et al*., 2016).

6 USO DA ARTE E DO ESTILO LITERÁRIO EM PUBLICAÇÕES GEOTÉCNICAS

A arte pode ser usada em publicações geotécnicas abrindo espaço para a reflexão como ilustram as pinturas e fotografias que integram as capas dos livros disponíveis dentre outros em www.geotecnia.unb.br (Produção Acadêmica, Livros).

Buscando maior elo com a sociedade em prol da popularização da ciência, tem sido publicados artigos e organizado um livro em formato de diálogo (Camapum de Carvalho – organizador, 2023) e têm sido publicados artigos em eventos geotécnicos usando poemas como forma de redação, como ilustram as publicações no COBRAMSEG 2018 (Camapum de Carvalho *et al*., 2018) e no GEOJOVEM 2024 (Pinto *et al*., 2024).

7 A EXPOSIÇÃO DA ARTE COMO MEIO DE POPULARIZAÇÃO DA CIENCIA

Só se pode conservar aquilo que se conhece, logo, acredita-se que é preciso conhecer o espaço geográfico habitado com todas as suas complexidades ambientais, incluindo os processos geotécnicos. Esse

conhecimento é o caminho que permite sensibilizar as pessoas para o contexto ambiental. Numa sociedade cada vez mais tecnicista e urbanizada, onde as infâncias e juventudes se afastam cada vez mais dos ciclos da natureza, é urgente resgatar tais conhecimentos, outrora vivenciados no cotidiano com valorização dos saberes ancestrais. Como demonstrado nos tópicos anteriores a arte e a literatura, por sua capacidade de tocar as emoções humanas, podem ser excelentes aliadas na sensibilização e educação para conservação ambiental.

Schulz (2021) aponta numa publicação no Jornal da Unicamp que a ciência sempre precisou da arte. Na referida publicação o autor destaca históricas e bem-sucedidas relações entre arte e ciência e em contrapartida também aponta sua sensação de que arte e ciência foram se afastando. Araújo (2018) analisou o contato de estudantes da educação básica com a arte por meio de visitação em museus e constatou que esse tipo de atividade possibilita ao estudante a ampliação do conhecimento de mundo, enriquecimento a formação cultural, além de melhorar a capacidade de expressão e interação com o meio social.

No âmbito da divulgação científica utilizando a arte como instrumento de comunicação, se destaca na Universidade Federal de Goiás o projeto "Matizes da terra: o solo sob nossos pés" coordenado por professores do Instituto de Estudos Socioambientais e da Faculdade de Artes Visuais e integrado por professores e estudantes de diversas outras unidades acadêmicas, abrangendo diversos cursos de graduação (artes, geografia, ciências ambientais, ecologia, agronomia, engenharia florestal, engenharia civil, engenharia ambiental e arquitetura, dentre outros). Neste projeto o solo é o elo integrador entre arte e ciência e são promovidas exposições de arte e ciência, o que vai ao encontro do Decreto 11.754, onde todas as obras são produzidas com solo, em cerâmica e em pigmentos para diversos tipos de tinta utilizada com técnicas distintas. Entre 2023 e 2025 foram realizadas na Universidade Federal de Goiás 5 exposições de arte e ciência.

Ao todo foram oficializadas cerca de 2000 mil visitas a estas exposições, conforme livro de assinaturas de cada exposição, no entanto é sabido que muitos visitantes nem sempre assinam o livro. O acervo destas exposições é composto por diversos tipos de arte, seja em técnica ou formato, muitas inéditas e produzidas por professores, estudantes e comunidade. Além disso, também são expostos objetos de teor mais científico, como carta de cores de solo, peneiras de avaliação granulométrica, fragmentos de estrutura de solo, biblioteca de cores, biblioteca de granulometria, réplicas de perfis de solo, dentre outros, conforme o plano expográfico de cada exposição. A expografia de cada exposição é pensada para adaptar as obras ao espaço e, também, para estabelecer a melhor interação dos visitantes com as obras. Em todas as exposições são disponibilizadas tintas produzidas com pigmentos de solo e espaço para relação ativa do visitante com o contexto expositivo.

8 LITERATURA DE CORDEL VOLTADOS PARA A POPULARIZAÇÃO DA CIÊNCIA

A literatura de cordel chegou no Brasil no século XVII via Portugal, sendo conhecida apenas pelo público intelectualizado que tinha acesso às manifestações literárias e culturais ibéricas. No ambiente acadêmico passou a ser denominado de literatura de folhetos, entre 1960 e 1970. No Brasil, os versos traziam temas locais nordestinos e eram declamados em feiras, retratando a memória do povo (Lelis, 2016). Atualmente, a literatura de cordel tem se mostrado um importante instrumento pedagógico capaz de facilitar o processo de ensino-aprendizado de jovens e crianças.

O Projeto Engenharia Cordel e Cariri, desenvolvido na Universidade Federal do Cariri (UFCA) desde 2019, busca associar o saber da ciência com a cultura popular, por meio da literatura de cordel. Através deste projeto foram realizadas apresentações de cordéis em praças públicas e desenvolvidas oficinas de elaboração de cordéis, em diversos temas da engenharia civil. Cita-se títulos dos cordéis produzidos: Cabras criativos na construção, Cerâmica no lixo não é lixo!, Com entulho se faz construção, Saco de cimento! Eu aproveito e Scheelita: O minério que virou areia; Tijolo de solo-cimento. Artigos científicos em formas de cordéis, também foram apresentados em eventos de engenharia civil, a exemplo do Congresso Brasileiro do Concreto, conforme o cordel a seguir (Soares *et al*, 2024):

No artigo mostro em verso
Pra a vocês apresentar
Pois testamos um concreto
Lá no sul do Ceará
Com uma pedra diferente
Explorada amplamente
De forma rudimentar

O jeito de fazer lá
Não tem como controlar
Impacta o ambiente
Que vive o tempo a chorar
O resíduo vira um monte
É um mundo de desmonte
E meu verso é pra mudar

Outros trabalhos científicos foram desenvolvidos, neste formato, em outras instituições, para a popularização da ciência, tais como no ramo da Física e Química. Os versos a seguir apresentam um exemplo de uma estrofe do cordel "Um Olhar sobre a Química que não se Vê", de Araújo (2021), aplicados para uma turma de licenciandos em Química da Universidade Federal de Alagoas (Araújo, 2022):

Tensão superficial
Dessa então monocamada
É gerada por moléculas,
De álcool ela é formada,
Que ficam na superfície
Muito bem agregadas.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo coloca em evidência o fato da arte em diferentes formatos constituir-se em elemento relevante para a popularização da ciência. Consolidando este entendimento o acrostico "A Engenharia em Poesia" que integra as considerações finais do capítulo 1 do livro "Erosão Hídrica e Dinâmica dos Sedimentos em Reservatórios" (Camapum de Carvalho *et al*., 2024) e que se utiliza da arte em formato de poema para colocar em destaque aspectos técnico-científicos da engenharia é apresentado nestas considerações finais.

A Engenharia em Poesia

A engenharia é bela, beleza que a poesia ajuda a desabrochar.

Envolta em linguagem poética,
Narrativas de conhecimentos e de problemas auxiliam no despertar.
Gestará a compreensão de situações complexas,
Envolvendo, na poesia, realidades diversas.
Nasce então esta proposição da engenharia em versos,
Harmoniosa e agradável ao abordar temas diversos,
Aguçadora de reflexão,
Rimas apontando para a solução,
Inspirando no entendimento,
Amor à profissão.

Erosões antrópicas serão mitigadas, quiçá, não mais ocorrerão,
Mudando este cenário, os assoreamentos desaparecerão.

Poemas outros virão,
Ostentando harmonia,
Em rimas que brotam do saber, saber que é a força da engenharia.
Semeia esta forma de expressão,
Inspiração, conhecimento, reflexão,
Amor à profissão.

Vale ressaltar que envolver a arte na popularização das ciências pode ser extremamente poderoso, porque conecta razão e emoção, informação e experiência. No entanto, é necessário cuidado para não distorcer conteúdos científicos por meio de simplificações excessivas.

REFERÊNCIAS

Araújo, G. C. de. (2018) Arte, escola e museu: análise de uma experiência em arte/educação no Museu Universitário de Arte -MUnA. Educ. Pesqui. São Paulo, v. 44, e174612.

Araújo, P. D. S. (2022). Literatura de Cordel dom Ciência: Uma Investigação a Partir da Leitura e das Representações Produzidas por Licenciandos em Química. Dissertação. Universidade Federal de Alagoas Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

Bandeira, A. P. N.; Nunes, P. H. S.; Lima, M. G. (2016) Gerenciamento de Riscos Ambientais em Municípios da Região Metropolitana do Cariri (Ceará). Ambiente & Sociedade (Campinas). v.19, p.81 - 100.Barbosa, A.M. (2014) *Arte-educação no Brasil*. 7. ed. São Paulo: Perspectiva.

Brasil (2023) *Programa Nacional de Popularização da Ciência - Pop Ciência*. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/D11754.htm. Acesso em: 10 fev. 2026.

Camapum de Carvalho, J., Lelis, A.C. (2006) *Cartilha Meio Ambiente: Erosão*. 1. ed. Brasília: FINATEC. v. 1. 28p.

Clift, S., Camic, P.M. (2016) *Oxford textbook of creative arts, health, and wellbeing*. Oxford: Oxford University Press.

Deus Junior, G. A.; Rocha, C., Godoi, E.L. (2023) Caminhos para uma Sociedade Sustentável: Arte Contemporânea. In: Getúlio Antero de Deus Júnior; Marcos Lemos Afonso; Ana Júlia Batista Vilarinho; Ana Paula Rodrigues de Oliveira. (Org.). *Conexões de saberes na Engenharia: caminhos para uma sociedade sustentável.* 1ª ed. Goiânia: Cegraf – UFG.

Dewey, J. (2010) *Arte como experiência*. São Paulo: Martins Fontes.

Freire, P. (1987) *Pedagogia do oprimido*. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra.

Gohn, M.G. (2010) *Educação não formal e cultura política*. São Paulo: Cortez.

Lelis, A. C., Camapum de Carvalho, J. (2011) *Cartilha Meio Ambiente: Infiltração*. 1. ed. Brasília: Faculdade de Tecnologia. v. 1. 47p.

Mascarenha, M. M. A., Camapum de Carvalho, J., Jesus, A. S., Rezende, L. R., Sales, M. M., Luz, M. P. (2023) Interaction of geotechnics with society through education. *Soils & Rocks*, v. 47, p. e2024004023

Mascarenha, M. M. A., Almeida, S. R. M., Silva, Y. C. (2024) A experiência do projeto enveredando pelos laboratórios da Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás. In: Brasilian Congress of Engineering Education. *Proceedings of the LII Brasilian Congress of Engineering Education*. Vitória. Associação Brasileira de Educação em Engenharia, v. 1.

Massarani, L., Moreira, I. C. (2018) Divulgação científica no Brasil: alguns desafios. In: Massarani, L.; Castro, I. (org.). *Ciência e público: caminhos da divulgação científica no Brasil*. Rio de Janeiro: Casa de Oswaldo Cruz.

Oliveira, K. T., Jesus, A. S., Villas Boas, S. M., Sales, A. L. L., Rodrigues, N. B., Camapum de Carvalho, J., Ferreira, L. C. B., Sales, M. M., Luz, M. P., Mascarenha, M. M. A. (2024a) *De grão em grão, onde está o torrão? Guia de apoio a leitura*. 1. ed. Goiânia. Ed. dos Autores. v. 1. 40p.

Oliveira, K. T., Jesus, A. S., Rodrigues, N. B., Villas Boas, S. M., Sales, A. L. L., Camapum de Carvalho, J., Ferreira, L. C. B., Sales, M. M., Mascarenha, M. M. A., Luz, M. P. (2024b) *De montante à jusante o sedimento andou bastante - Guia de Apoio a Leitura*. 1. ed. Goiânia. Ed. dos Autores. v. 1. 40p.

Ribeiro, P. A., Cruz, J. S., Camapum de Carvalho, J., Sales, M. M., Mascarenha, M. M. A., Luz, M. P., Angelim, R. R. (2016) *Cartilha - Meio Ambiente: Erosão em Borda de Reservatório*. 1. ed. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, GECON. v. 1. 33p.

Rodrigues, N. B., Jesus, A. S., Camapum de Carvalho, J., Sales, A. L. L., Oliveira, K. T., Villas Boas, S. M., Ferreira, L. C. B., Sales, M. M., Luz, M. P., Mascarenha, M. M. A. (2024) *De montante à jusante o sedimento andou bastante*. 1. ed. Goiânia. Ed. dos Autores. v. 1. 80p.

Soares, Ana Beatriz Oliveira, et al. Análise da Resistência à compressão do Concreto com substituição de agregado graúdo por minério de calcário (Pedra Cariri). 65º Congresso Brasileiro do Concreto. IBRACON, Anais, Maceió, 2024.

Schulz, P. (2021). A ciência sempre precisou da arte. Jornal da Unicamp. São Paulo.

Staricoff, R. L. (2004) Arts in health: a review of the medical literature. London: Arts Council England.

Villas Boas, S. M., Sales, A. L. L., Jesus, A. S., Camapum de Carvalho, J., Oliveira, K. T., Rodrigues, N. B., Ferreira, L. C. B., Sales, M. M., Mascarenha, M. M. A., Luz, M. P. (2024) *De grão em grão, onde está o torrão?*. 1. ed. Goiânia. Ed. dos Autores. v. 1. 60p.

Vogt, C. (2006) *A espiral da cultura científica*. Com Ciência, Campinas, n. 82.

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/2

Análise Comparativa entre Modelos Analíticos, Computacionais e Físicos em Escala Reduzida, Aplicados à Engenharia Geotécnica

Maria Gabriela Cogo Fanela
Discente, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Brasil, maria.gabriela1@uel.br

Pedro Henrique Lopes Dal-Cól
Docente, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Brasil, eng.pedro.dalcol@uel.br

Raquel Souza Teixeira
Docente, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Brasil, raquel@uel.br

Carlos José Marques da Costa Branco
Docente, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Brasil, costabranco@uel.br

RESUMO: Os modelos físicos reduzidos e computacionais têm se consolidado como ferramentas complementares aos métodos analíticos tradicionais na geotecnia, permitindo a análise de fenômenos complexos e a verificação da coerência entre teoria e prática, garantindo a segurança de estruturas e a redução de custos em projetos. Justifica-se, portanto, o estudo de diferentes métodos de cálculo, que também contribui para o aprimoramento do ensino, possibilitando a compreensão prática dos conceitos teóricos e desenvolvimento crítico dos estudantes. Esta pesquisa busca analisar resultados obtidos por autores da Universidade Estadual de Londrina (UEL) sobre: contenções, fundações rasas e percolação de água em maciços de solo de barragens, com o objetivo de comparar os resultados e limitações de modelos analíticos, computacionais e experimentais em escala reduzida. Cada um utilizou modelos analíticos clássicos juntos a experimentos em escala reduzida em laboratório, por meio de um tanque, desenvolvido para essa finalidade e simulações numéricas com softwares geotécnicos como; GeoStudio SEEP/W e SIGMA/W. As comparações evidenciaram boa correspondência entre as previsões teóricas e os resultados experimentais, embora diferenças significativas tenham sido observadas quando a representação física foi limitada pela impossibilidade de reproduzir com exatidão as condições de campo e de escala. No caso das cortinas de estacas, as discrepâncias entre resultados analíticos e físicos chegaram a 66%, enquanto para os modelos de fundações e percolação as variações foram inferiores a 26%. Tais diferenças são atribuídas às simplificações geométricas e às restrições de similitude física relacionadas aos modelos reduzidos, por exemplo a cortina de estacas é um modelo reduzido 1g (com condições normais de gravidade), esse modelo possibilita observar fenômenos reais e compreender mecanismos de instabilidade, mas apresentam limitações de escala, como a correta representação e distribuição das tensões reais. Os resultados reforçam que, embora os modelos teóricos forneçam previsões conservadoras, a combinação de métodos analíticos, físicos e computacionais é essencial para aprimorar a confiabilidade dos projetos e compreender a interação solo-estrutura de forma mais realista. A análise integrada permite validar coeficientes empíricos, ajustar parâmetros de simulação e compreender fenômenos como plastificação, redistribuição de tensões e comportamento não linear do solo. Dessa maneira o uso conjunto desses métodos constitui uma abordagem didática e técnica eficaz, especialmente para o ensino e o desenvolvimento de pesquisas experimentais.

PALAVRAS-CHAVE: Modelos, Reduzido, Analítico, Computacional, Comparação, Avaliação.

ABSTRACT: Reduced-scale physical and computational models have become consolidated as complementary tools to traditional analytical methods in geotechnical engineering, enabling the analysis of complex phenomena and the verification of consistency between theory and practice, thus ensuring structural safety and cost reduction in projects. Therefore, the study of different calculation methods is justified, as it also contributes to the improvement of engineering education by promoting a practical understanding of theoretical concepts and fostering students' critical thinking. This research aims to analyze results obtained by authors from the State University of Londrina (UEL) regarding retaining structures, shallow foundations, and water

seepage through dam soil embankments, with the objective of comparing the results and limitations of analytical, computational, and reduced-scale experimental models. Each study employed classical analytical models combined with reduced-scale laboratory experiments conducted in a testing tank specifically developed for this purpose, as well as numerical simulations using geotechnical software such as GeoStudio SEEP/W and SIGMA/W. The comparisons demonstrated good agreement between theoretical predictions and experimental results, although significant differences were observed when physical modeling was limited by the inability to accurately reproduce field and scaling conditions. In the case of sheet pile walls, discrepancies between analytical and physical results reached 66%, whereas for foundation and seepage models the variations were below 15%. These differences are attributed to geometric simplifications and physical similitude constraints inherent to reduced-scale models. For example, the sheet pile wall was tested under a 1g reduced-scale condition (normal gravity), which allows the observation of real phenomena and the understanding of instability mechanisms but presents scale limitations, particularly regarding the accurate representation and distribution of in situ stresses. The results reinforce that although theoretical models provide conservative predictions, the combination of analytical, physical, and computational methods is essential to enhance project reliability and to better understand soil–structure interaction in a more realistic manner. The integrated analysis allows the validation of empirical coefficients, calibration of simulation parameters, and improved understanding of phenomena such as plasticization, stress redistribution, and nonlinear soil behavior. Thus, the combined use of these methods constitutes an effective technical and educational approach, especially for teaching purposes and the development of experimental research.

KEYWORDS: Models, Reduced-Scale, Analytical, Computational, Comparison, Evaluation.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Mendonça (2005), historicamente, o processo de desenvolvimento da ciência e, portanto, da sociedade, tem-se confundido com o advento de novas descobertas e com a evolução permanente do conhecimento. Com base na sua capacidade de observação, experimentação e análise, o ser humano vem desenvolvendo teorias e modelos cada vez mais complexos para representação dos mais diversos fenômenos e comportamentos.

Nesse contexto, a engenharia geotécnica está inserida em uma área que acompanha essa evolução científica, baseando-se em métodos de cálculo para predizer o comportamento dos solos e suas interações com estruturas. Tradicionalmente, a análise de problemas geotécnicos esteve apoiada nos conceitos da Mecânica dos Solos, na Teoria da Elasticidade e nas teorias de análise limite, sendo que os primeiros modelos desenvolvidos eram relativamente simples e de fácil aplicação, embora apresentassem limitações na representação de situações reais (Mendonça, 2005). Dessa forma, embora fundamentais para o dimensionamento inicial de obras geotécnicas, tais formulações apresentam restrições quando aplicadas a problemas reais, especialmente em situações que envolvem comportamento não linear do solo, efeitos de drenagem e condições de contorno complexas.

Diante dessas limitações, os métodos computacionais passaram a desempenhar papel cada vez mais relevante na geotecnia. A evolução do conhecimento científico, associada ao avanço dos recursos computacionais, tem permitido o desenvolvimento de modelos mais sofisticados e capazes de representar fenômenos complexos com maior precisão, ampliando a capacidade de análise dos engenheiros (Mendonça, 2005). Por meio de métodos como o Método dos Elementos Finitos (MEF), é possível resolver equações de equilíbrio com maior nível de detalhamento, como ocorre em softwares especializados. A aplicação desses métodos tem sido amplamente reconhecida na literatura, pois possibilita simular fenômenos complexos, como plastificação, redistribuição de tensões, heterogeneidade, anisotropia e interação solo-estrutura, que dificilmente são capturados por modelos analíticos tradicionais (Neves, 1993).

Complementarmente às abordagens analíticas e numéricas, os modelos físicos em escala reduzida também têm sido empregados como ferramentas experimentais para investigar o comportamento de sistemas geotécnicos em laboratório. Esses modelos possibilitam a observação direta de diversos mecanismos da geotecnia, entretanto, sua aplicação apresenta limitações associadas à imposição de condições de gravidade normal (modelos 1g) e às dificuldades de atender aos critérios de similitude física. Nesse sentido, ressalta-se

que, para que as análises numéricas sejam confiáveis, é fundamental que seus resultados sejam comparados e validados com dados experimentais ou observações de campo (Neves, 1993).

Em vista disso, a integração entre modelos analíticos, computacionais e físicos se mostra essencial, uma vez que tais abordagens se complementam e são capazes de reduzir as limitações causadas pelo uso isolado de cada método, permitindo validar previsões teóricas com observações experimentais, além de aproveitar os avanços proporcionados pelas ferramentas computacionais.

Estudos anteriores realizados na Universidade Estadual de Londrina (UEL) investigaram casos relacionados a contenções, fundações rasas e percolação de água em maciços de barragens, evidenciando diferenças entre as metodologias e a necessidade de análises comparativas mais abrangentes.

Nesse contexto, este estudo busca comparar modelos analíticos, computacionais e físicos em escala reduzida aplicados à geotecnia, com o objetivo de discutir as contribuições e limitações de cada abordagem na representação do comportamento solo–estrutura e demonstrar como a utilização integrada desses métodos pode proporcionar uma compreensão mais abrangente dos fenômenos geotécnicos, contribuindo para o aprimoramento dos projetos. Além disso, contribui para a formação crítica dos estudantes ao evidenciar as limitações de cada método, sendo uma abordagem eficaz para o ensino e a pesquisa experimental.

2 METODOLOGIA

2.1 Descrição Geral dos Estudos Avaliados

O presente trabalho baseia-se na análise comparativa de três estudos desenvolvidos na Universidade Estadual de Londrina (UEL), cujos dados experimentais de modelos físicos reduzidos, analíticos e numéricos foram utilizados como referência. Os casos selecionados representam problemas clássicos da engenharia geotécnica e permitem avaliar diferentes mecanismos de interação solo–estrutura.

- Estudo 1: O primeiro estudo refere-se a análise e dimensionamento da ficha de uma cortina de estacas em balanço utilizando modelos analíticos e modelo físico em escala reduzida (Luz, 2025).
- Estudo 2: O segundo aborda o a avaliação do comportamento de fundações rasas assentadas sobre areia fofa, com ênfase na capacidade de carga e nos recalques obtidos por meio de modelos analíticos, físicos e numéricos (Santos, 2016).
- Estudo 3: O terceiro estudo investiga a percolação de água em maciços de solo, avaliando as vazões e cargas hidráulicas em qualquer ponto do maciço à partir de métodos analíticos, modelos reduzidos e simulações computacionais (Souza, 2014).

Esses casos foram selecionados por contemplarem diferentes estados de tensões e mecanismos de comportamento do solo, possibilitando a análise comparativa, a partir de dados consolidados na literatura produzida pela UEL.

2.2 Modelos Analíticos Utilizados

Para os três casos analisados, foram empregados modelos analíticos clássicos amplamente utilizados na geotecnia, conforme descrito nos estudos desenvolvidos na UEL.

- Estudo 1: No caso da cortina de estacas em balanço, a determinação dos empuxos foi realizada por meio do desenvolvimento de uma planilha do Excel, utilizando o método simplificado, que substitui o empuxo passivo na base da ficha por uma força equivalente, baseado no método convencional, que calcula o diagrama simplificado conforme as equações de Rankine, descrito por Gerscovich, Saramago e Danziger (2016) e no método de dimensionamento apresentado por Alonso em seu livro Exercícios de Fundações (3ª ed., 2019).
- Estudo 2: Para as fundações rasas em areia fofa, a capacidade de carga foi estimada a partir da formulação clássica de Terzaghi (1943) com a utilização das tabelas de Vésic (1975) para simplificação dos cálculos, enquanto os recalques foram avaliados com base no método proposto por Schmertmann (1978).

- Estudo 3: Já para o estudo de percolação em maciço de barragem, adotou-se a teoria do fluxo em meios porosos, fundamentada na Lei de Darcy (1856), a solução analítica para determinação da linha freática foi baseada em soluções gráficas dos estudos de Arthur Casagrande (1937).

De modo geral, os estudos assumem hipóteses simplificadoras, como solo homogêneo e isotrópico, comportamento elastoplástico (quando aplicável), condições bidimensionais, ausência de efeitos tridimensionais e distribuição idealizada de tensões.

Destaca-se que tais formulações, embora fundamentais para o dimensionamento preliminar, envolvem simplificações que podem não representar integralmente o comportamento real do solo, principalmente em situações que envolvem não linearidade, redistribuição de tensões e efeitos de escala.

2.3 Modelos Físicos em Escala Reduzida

Os modelos físicos analisados foram desenvolvidos no laboratório de Geotecnia da UEL (Luz, 2025; Santos, 2016; Souza, 2014), utilizando um tanque experimental com dimensões internas de 150x20x60 cm (Figura 1), para simular problemas de contenção, fundações e percolação. A instrumentação utilizada em conjunto com o tanque metálico incluiu, extensômetros, anel dinamométrico e piezômetros para medir deslocamentos, cargas e pressão neutra.



Figura 1. Tanque metálico

A Tabela 1 apresenta as características do solo empregado nos experimentos dos modelos reduzidos, incluindo os parâmetros físicos e mecânicos adotados nos Estudos 1, 2 e 3.

Estudo	Peso específico do solo - γ (kN/m³)	Ângulo de atrito - φ (°)	Coesão - C (kPa)	Classificação do solo quanto a granulometria	Permeabilidade - k (cm/s)
1	12,00	27,80	0,00	Areia fina a média	-
2	12,00	27,80	0,00	Areia fina a média	-
3	-	26,60	0,00	Areia média a fina	1,20E-02

Tabela 1. Características do solo empregado nos experimentos dos modelos reduzidos

Além disso, cada estudo contempla configurações específicas dos modelos físicos reduzidos, conforme descrito a seguir e ilustrado na Figura 2, com um exemplo representativo de cada estudo:

- Estudo 1: Foram elaborados dois modelos reduzidos denominados de Cortina 1 (Rígida) e Cortina 2 (flexível). Na análise dos resultados deste trabalho considerou-se somente a Cortina 2.
- Estudo 2: Três modelos físicos semelhantes foram elaborados em escala reduzida e ensaiados sob as mesmas condições, para comprovar se os modelos teóricos, apresentavam boa aproximação com valores reais obtidos através dos experimentos e do resultado oriundo de modelagem computacional.
- Estudo 3: Para está análise, três modelos distintos foram elaborados, denominados de Modelo 1 (Maciço de solo homogêneo), Modelo 2 (Maciço de solo homogêneo com dreno horizontal) e Modelo 3 (Maciço de solo homogêneo com dreno de pé de talude).



(a) Estudo 1 – Cortina 2 (flexível); (b) Estudo 2 – Modelos físicos semelhantes; (c) Estudo 3 – Modelo 3 (maciço homogêneo com dreno no pé do talude).

Figura 2. Modelos físicos reduzidos

2.4 Modelos Computacionais

As análises numéricas foram realizadas com o Software GeoStudio, utilizando os módulos SIGMA/W para análises tensão–deformação (Estudo 2), ilustrado pela Figura 3 e SEEP/W para simulações de rede de fluxo (Estudo 3), representado pela Figura 4.

Os parâmetros de entrada foram obtidos a partir da caracterização do solo utilizada nos modelos físicos (Tabela 1). Entre os principais parâmetros de entrada destacam-se peso específico, ângulo de atrito, coesão (quando aplicável) e coeficiente de permeabilidade.

Conforme descrito nos estudos de (Santos, 2016; Souza, 2014), as condições de contorno mecânicas e hidráulicas foram definidas de forma compatível com os ensaios experimentais, buscando garantir coerência entre os modelos físico e computacional. Dessa forma, os parâmetros empregados nas simulações foram mantidos consistentes com aqueles determinados nos ensaios laboratoriais.

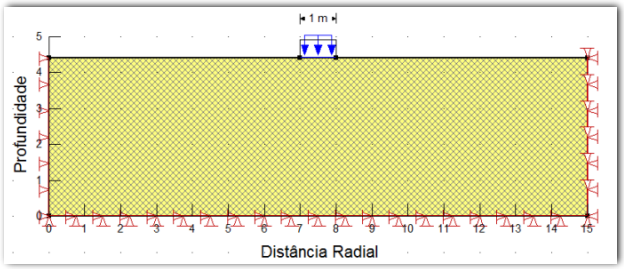


Figura 3. Análise tensão-deformação SIGMA/W (Estudo 2)

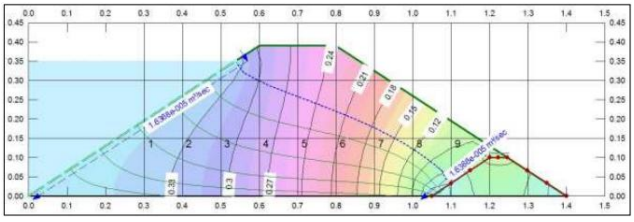


Figura 4. Simulações de rede de fluxo (Estudo 3)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comparação entre os modelos analíticos, físicos e computacionais foi realizada com base em grandezas representativas de cada problema: Comprimento da ficha (Estudo 1), recalques e capacidade de carga (Estudo 2), vazões, cargas hidráulicas e piezométricas (Estudo 3).

3.1 Cortina de Estaca em Balanço

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos por dois métodos: analítico e físico (modelo reduzido), para Cortina 2 (Flexível), bem como a diferença percentual entre os métodos.

Profundidade escavada (cm) [I]	Ficha modelo reduzido (cm) [II]	Ficha teoríca (cm) [III]	Ficha base (cm) [IV] = [III] -20%	Comprimento da estaca (cm) [V] = [I] + [IV]	Δ Ficha modelo reduzido e ficha base (%)
30,00	10,00	37,00	29,60	59,60	66,22

Tabela 2. Resultado Cortina 2 (Flexível)

A análise indicou uma diferença de 66,22% em relação à ficha observada no modelo físico reduzido e a ficha base, evidenciando caráter conservador dos métodos analíticos. Ressalta-se que o ensaio foi realizado em modelo físico reduzido do tipo 1g, desenvolvido com finalidade didática para a observação dos mecanismos de instabilidade. Embora esse tipo de modelo seja adequado para análises qualitativas do comportamento e dos modos de ruptura, a escala reduzida de tensões e a baixa tensão confinante podem limitar a representação fiel do campo geostático real.

A diferença observada entre os resultados experimentais e teóricos pode estar associada a efeitos de escala, simplificações adotadas nos métodos analíticos clássicos e condicionantes experimentais, como imperfeições de montagem, atrito lateral, interação do modelo com o material do tanque e à limitação do modelo físico quanto a similitude de tensões.

Assim, embora os métodos analíticos sejam fundamentais no dimensionamento inicial de cortinas de estacas, a validação experimental contribui para melhor compreensão do comportamento estrutural e para o ajuste das previsões teóricas.

Destaca-se ainda que, para simplificação da análise, foram desconsiderados efeitos de água subterrânea, adotando-se um solo homogêneo, sem coesão, sobrecargas ou nível d'água. Em condições reais, entretanto, a presença de água e as condições de drenagem podem alterar significativamente as pressões atuantes, influenciando diretamente a estabilidade da estrutura.

Os resultados indicam que, embora as tendências sejam coerentes entre os métodos, a magnitude das respostas depende fortemente das hipóteses e condições de modelagem adotadas.

3.2 Fundações rasas

A Tabela 3 exibe os resultados de capacidade de carga e recalques obtidos por formulações teóricas clássicas, ensaios com os modelo reduzidos e simulação numérica por elementos finitos.

Método de Cálculo	Cálculo Analítico	Modelo Computacional	1° Ensaio Modelo Físico	2° Ensaio Modelo Físico	3° Ensaio Modelo Físico	Desvio Padão	Coef. Variabilidade (%)
Tensão (kPa)	28,10	28,10	29,00	28,50	30,00	0,61	2,12
Recalque normal (mm/m)	30,00	25,00	26,00	25,00	22,00	1,92	7,50

Tabela 3. Resultados de capacidade de carga e recalques em fundações rasas

Os resultados indicaram boa concordância entre os métodos analíticos, computacionais e os modelos físicos, porem nota-se melhor desempenho do modelo numérico na representação do comportamento do solo. Para a tensão, os valores obtidos nos ensaios físicos apresentaram elevada proximidade com os valores previstos pelos métodos analítico e computacional, com baixo desvio padrão (0,61) e coeficiente de variabilidade de 2,12%, indicando pequena dispersão dos resultados.

Para o recalque, os valores experimentais também apresentaram boa aproximação com as previsões analíticas e computacionais, com desvio padrão de 1,92 e coeficiente de variabilidade de 7,50%.

Esses resultados demonstram que as formulações de Terzaghi (1943) com as proposições de Vésic (1975) para capacidade de carga e o método de Schmertmann (1978) para recalque apresentaram desempenho satisfatório. Além disso, o modelo numérico SIGMA/W (GeoStudio) mostrou boa capacidade de previsão de recalques. A análise visual dos ensaios indicou modo de ruptura por puncionamento, em concordância com os mecanismos teóricos propostos por Vésic (1975) para solos de baixa resistência.

Valores baixos de desvio padrão e coeficiente de variabilidade indicam baixa dispersão dos resultados em relação à média, demonstrando maior consistência e repetibilidade dos ensaios. Isso significa que os modelos físicos apresentaram comportamentos semelhantes, reduzindo a influência de erros experimentais ou

variações nas condições do ensaio. Dessa forma, a baixa variabilidade observada aumenta a confiabilidade dos resultados e reforça a boa concordância entre os modelos experimentais, analíticos e computacionais.

3.3 Percolação em Barragens

A Tabela 4 apresenta os resultados das cargas hidráulicas totais e piezométricas, bem como das vazões, obtidos pelos métodos experimental, computacional e teórico, além das diferenças percentuais observadas entre as metodologias. Ressalta-se que esses resultados poderiam ser avaliados em diversos pontos do maciço analisado, contudo, foram selecionados os pontos mais representativos de cada modelo, correspondentes àqueles que apresentaram maiores diferenças percentuais, a fim de permitir uma comparação mais clara e significativa entre os métodos.

Cargas totais (H), cargas piezométricas (P) e vazão (Q)												
Modelo	Ponto	Experimental		Computacional			Teórico			Diferença de Carga Máx (m)	Diferença de Carga Máx (%)	Diferença de Vazão (%)
		H (m)	P (m)	H (m)	P (m)	Q (cm³/s.m)	H (m)	P (m)	Q (cm³/s.m)			
1	8	0,150	0,000	0,176	0,026	0,088	0,150	0,000	0,096	0,026	15,00	8,33
2	3	0,283	0,133	0,258	0,108	0,347	0,350	0,200	0,330	0,092	26,00	4,90
3	8	0,150	0,000	0,130	-0,020*	0,164	0,150	0,000	0,162	0,020	13,00	1,22
*Nota-se que o ponto 8 do Modelo 3 fornece uma carga piezométrica negativa, isto ocorre, pois, este ponto está localizado acima da linha freática na análise computacional												

Tabela 4. Resultados das cargas hidráulicas totais, piezométricas e vazões

A comparação entre os métodos mostra boa concordância geral entre os resultados de carga hidráulica, piezométrica e vazão. As diferenças máximas de carga variaram entre 0,020 m e 0,092 m, correspondendo a discrepâncias de 13% a 26%, sendo a maior observada no Modelo 2 (ponto 3). Essas variações podem ser associadas principalmente às simplificações do método teórico, já que pequenas alterações no traçado da rede de fluxo podem influenciar diretamente os valores estimados.

Para as vazões, a concordância entre os métodos foi ainda mais significativa, com diferenças de 8,33%, 4,90% e 1,22% para os Modelos 1, 2 e 3, respectivamente, indicando que tanto a modelagem computacional quanto a solução teórica representam adequadamente o comportamento do sistema quando comparadas aos resultados experimentais obtidos no tanque de permeabilidade.

De modo geral, cada método apresenta vantagens e limitações. O método experimental exige maior esforço na execução dos ensaios, o método computacional é mais rápido e detalhado, porém requer domínio do software, enquanto o método teórico é o mais simples e adequado para estimativas preliminares, pois fornece resultados satisfatórios de ordem de grandeza.

4 CONCLUSÃO

De modo geral, as análises comparativas apresentaram resultados satisfatórios, com boa correspondência entre as previsões teóricas, os resultados experimentais e as simulações computacionais. Nos Estudos 2 e 3, as diferenças observadas foram relativamente pequenas, em geral inferiores a 26%, indicando coerência entre os métodos e confirmando a aplicabilidade das abordagens utilizadas.

Entretanto, verificou-se maior discrepância no caso do modelo de cortina de estacas, em que as diferenças chegaram a aproximadamente 66%. Essa variação está associada principalmente às limitações aos modelos físicos reduzidos executados em condições de gravidade normal (1g). Nessas condições, embora seja possível observar qualitativamente os mecanismos de deformação, ruptura e fluxo, torna-se difícil reproduzir o estado de tensões presente em campo, devido aos efeitos de escala e às restrições de similitude física. Além disso, simplificações geométricas e limitações construtivas durante a execução dos ensaios laboratoriais também podem ter influenciado os resultados obtidos.

Observa-se ainda que os modelos analíticos clássicos tendem a fornecer estimativas mais conservadoras, uma vez que se baseiam em hipóteses simplificadoras, como homogeneidade do solo e comportamento linear.

Apesar dessas limitações, tais métodos continuam sendo fundamentais para o dimensionamento preliminar e para a verificação inicial de projetos geotécnicos.

Nesse contexto, os modelos computacionais demonstraram grande utilidade por possibilitarem análises mais refinadas, considerando comportamentos não lineares e interações solo-estrutura de forma mais detalhada, desde que devidamente calibrados com parâmetros representativos e validados por resultados experimentais.

Por fim, conclui-se que a utilização conjunta dessas ferramentas permite validar hipóteses teóricas, compreender fenômenos geotécnicos de forma mais realista e desenvolver uma visão crítica sobre os resultados obtidos. Dessa forma, além de contribuir para análises e projetos mais confiáveis, essa abordagem integrada possui grande relevância no ensino, pois favorece a aprendizagem prática dos conceitos e o desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Estadual de Londrina (UEL) pela infraestrutura disponibilizada, bem como aos pesquisadores que contribuíram para o desenvolvimento do material utilizado neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alonso, U. R. (2019) *Exercícios de fundações.* 3. ed. São Paulo: Blucher. E-book. Disponível em: https://plataforma.bvirtual.com.br. Acesso em: 27 jan. 2026.

Casagrande, A. (1937) *Seepage Through Dams*. 2 ed., v. 51, Cambridge: Journal of New England Water Works Association.

Gerscovich, D.; Saramago, R.; Danziger, B. R. (2016) *Contenções: teoria e aplicações em obras.* Oficina de Textos.

Luz, H. M. (2025) *Análise e dimensionamento da ficha de uma cortina de estacas utilizando modelos analíticos e modelo físico em escala reduzida.* Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia e Urbanismo, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 95 p.

Mendoça, H. M. X. (2005) *Sobre a modelagem de problemas da engenharia geotécnica pelo método dos elementos finitos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 174 p.

Neves, M. (1993) *Análise elastoplástica pelo método dos elementos finitos de estacas escavadas*. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 332 p.

Santos, R. P. (2016) *Avaliação do comportamento de fundações rasas em areia fofa: cálculo analítico, modelo físico reduzido e modelo computacional*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 71 p.

Schmertmann, J. H.; Hartman, J. P.; Brown, P. R. (1978) "Improved Strain Influence Factor Diagrams", *Journal of Geotechnical Engng*. Div., ASCE.

Souza, V. M. C. (2014) *Estudo da percolação de água em maciços de solo, uma análise comparativa entre modelos teóricos, experimentais e computacionais.* Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 93 p.

Terzaghi, K. (1943) *Theoretical Soil Mechanics*, New York: John Wiley & Sons, 510 p.

Vesic, A. S. (1975) *Principles of pile foundation design. Soil Mechanics Series*, n. 38, School of Engineering, Duke University.

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/3

Aplicação da Aprendizagem Baseada em Projetos: confecção de protótipo de barragem de terra como ferramenta de ensino-aprendizagem

Ester da Silva Mangueira
Estudante, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil, esm@poli.br

Dayrla Mayrla Mendes de Paiva
Estudante, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil, dmmp@poli.br

Kalinny Patrícia Vaz Lafayette
Docente de Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil, klafayette@poli.br

Anna Elis Paz Soares
Docente de Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil, anna.soares@poli.br

Jonas da Silva Bezerra
Docente de Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil, jonas.bezerra@poli.br

RESUMO: No curso de Engenharia Civil, as disciplinas demandam compreensão aprofundada dos conceitos para posterior aplicação em contextos reais, especialmente nas áreas de Geotecnia e Barragens. Nesse cenário, destaca-se a adoção de metodologias que favoreçam o protagonismo discente e o desenvolvimento de competências práticas. Diante disso, este estudo teve como objetivo analisar a aplicação da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), por meio da confecção de protótipos na disciplina de Barragens, ofertada no curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica de Pernambuco (POLI/UPE). A atividade consistiu na elaboração de projetos de miniaturas de barragens de terra, construídas com base nos conhecimentos teóricos adquiridos em sala de aula. Os protótipos foram executados em recipientes retangulares, utilizando materiais como areia, argila e brita, sendo os projetos definidos pelas equipes sob orientação dos docentes e critérios previamente estabelecidos. Após a construção, as barragens foram submetidas a ensaios de enchimento, simulando o represamento de água, com o objetivo de verificar os conceitos de impermeabilidade, percolação e estabilidade. Os resultados indicaram que a utilização da ABP favoreceu a consolidação dos conhecimentos teóricos, estimulou o engajamento dos estudantes e promoveu discussões técnicas, além de contribuir para o desenvolvimento de habilidades como trabalho em equipe, comunicação, pensamento crítico e resolução de problemas, ampliando o protagonismo discente.

PALAVRAS-CHAVE: Engenharia, Barragens, Mecânica dos solos, Metodologia Ativa.

ABSTRACT: In Civil Engineering courses, subjects demand a deep understanding of concepts for later application in real-world contexts, especially in the areas of Geotechnics and Dams. In this scenario, the adoption of methodologies that favor student protagonism and the development of practical skills is highlighted. Therefore, this study aimed to analyze the application of Project-Based Learning (PBL) through the creation of prototypes in the Dams course, offered in the Civil Engineering program at the Polytechnic School of Pernambuco (POLI/UPE). The activity consisted of developing miniature earth dam designs, built based on theoretical knowledge acquired in the classroom. The prototypes were constructed in rectangular containers, using materials such as sand, clay, and gravel, with the designs defined by the teams under the guidance of professors and according to pre-established criteria. After construction, the dams were subjected to filling tests, simulating water impoundment, in order to verify the concepts of impermeability, percolation, and stability. The results indicated that the use of PBL favored the consolidation of theoretical knowledge, stimulated student engagement, and promoted technical discussions, in addition to contributing to the

development of skills such as teamwork, communication, critical thinking, and problem-solving, thus increasing student protagonism.

KEYWORDS: Engineering, Dams, Soil Mechanics, Active Methodology.

1 INTRODUÇÃO

As universidades têm como objetivo promover a aprendizagem de conceitos e teorias, bem como o desenvolvimento de capacidades, habilidades, atitudes e valores fundamentais à formação profissional do estudante. Para que esse processo se concretize, a qualidade do ensino assume papel central, especialmente no âmbito do ensino de engenharia. Nesse contexto, torna-se essencial que as instituições de ensino sejam capazes de avaliar se os discentes estão, de fato, assimilando e incorporando as competências necessárias à sua formação (Castro, 2015).

Entretanto, muitos cursos de Engenharia ainda apresentam currículos estruturados em disciplinas estanques, frequentemente ministradas de forma isolada e fragmentada. Essa organização limita a integração entre os componentes curriculares e favorece a construção de um conhecimento compartimentado, gerando conflitos conceituais que precisam ser reorganizados ao longo da formação acadêmica, o que pode acarretar prejuízos ao processo de aprendizagem (Cunha, 2015).

Paralelamente, o perfil dos estudantes tem se transformado em função das constantes inovações tecnológicas, o que desperta maior curiosidade e demanda práticas educacionais que extrapolem os limites do ensino tradicional. Embora uma base teórica sólida seja indispensável ao processo de ensino-aprendizagem, a elevada carga teórica das disciplinas pode se tornar um entrave à aprendizagem eficiente. Essa dualidade evidencia a necessidade de atualização dos métodos de ensino, ampliando o conceito de aprendizagem para além da simples transmissão de conteúdos (Silva *et al.,* 2020).

Nesse contexto, as metodologias ativas destacam-se como estratégias pedagógicas capazes de promover maior engajamento discente ao longo do processo educacional, favorecendo o desenvolvimento de capacidades críticas e reflexivas. Tais metodologias estimulam a proatividade dos alunos por meio do comprometimento contínuo com a aprendizagem, da vinculação do conhecimento a aspectos significativos da realidade e do incentivo à colaboração e à cooperação entre os participantes (Lima, 2017).

De forma complementar, competições, desafios, concursos e experimentos didáticos desenvolvidos no ambiente acadêmico assumem papel relevante no desenvolvimento educacional e profissional dos discentes de engenharia civil. As mudanças no perfil dos estudantes, aliadas aos avanços tecnológicos e à crescente complexidade dos desafios enfrentados pela engenharia geotécnica, exigem abordagens inovadoras no processo de ensino-aprendizagem, que extrapolem o uso exclusivo de aulas expositivas (García *et al.,* 2024).

Entre as metodologias ativas, a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) está associada às teorias construtivistas, nas quais o conhecimento não é compreendido como absoluto, mas construído pelo discente a partir de seus conhecimentos prévios e de sua percepção global da realidade. Sua eficácia pode ser verificada por meio da assimilação de conceitos durante atividades práticas, especialmente na área das Engenharias, em que se observa maior efetividade da aprendizagem quando comparada ao ensino exclusivamente teórico. Para que a ABP alcance êxito, é fundamental a adequada gestão do processo de aprendizagem, sobretudo no desenvolvimento de projetos de engenharia, os quais envolvem processos complexos que exigem a consideração de múltiplas variáveis, como limitações de tempo e recursos, além do desenvolvimento de competências e habilidades específicas (Masson *et al.,* 2012).

Diante da necessidade de aprimorar os métodos de ensino utilizados na formação do engenheiro civil, especialmente em disciplinas da área de geotecnia, nas quais a compreensão dos fenômenos físicos e mecânicos é essencial para a atuação profissional, a utilização da Aprendizagem Baseada em Projetos, associada à construção de protótipos físicos, configura-se como uma estratégia pedagógica capaz de promover a integração entre teoria e prática, além de estimular o protagonismo discente, o trabalho em equipe e o pensamento crítico (Queiroz; Cardoso, 2025).

Fundamentada nos princípios da Aprendizagem Ativa, a ABP incentiva a autonomia do educando por meio de desafios e da participação ativa no processo de aprendizagem, sendo a interdisciplinaridade e o trabalho em equipe elementos centrais na construção do conhecimento (Silva; Salgado, 2019).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar a aplicação da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), por meio da confecção de protótipos físicos de barragens de terra, na disciplina de barragens do curso de engenharia civil da Escola Politécnica de Pernambuco (POLI/UPE), avaliando sua contribuição para a consolidação dos conhecimentos teóricos relacionados à impermeabilidade, percolação e estabilidade, bem como para o desenvolvimento de competências práticas e habilidades complementares, como trabalho em equipe, comunicação, pensamento crítico e resolução de problemas, além do impacto dessa metodologia no engajamento discente

2 METODOLOGIA

A atividade foi desenvolvida no âmbito da disciplina de Barragens, integrante da matriz curricular do curso de engenharia civil da Escola Politécnica de Pernambuco (POLI/UPE). A aplicação ocorreu após a abordagem dos conteúdos teóricos relacionados às barragens de terra, incluindo conceitos de impermeabilidade, percolação e estabilidade. Os estudantes foram organizados em equipes para o desenvolvimento das atividades propostas.

A metodologia adotada consistiu na aplicação da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), por meio da elaboração e execução de protótipos físicos de barragens de terra em escala reduzida, visando à aplicação prática dos conceitos discutidos em sala de aula. Tal abordagem apresenta elevado potencial como método de aprendizagem, uma vez que favorece o aumento do envolvimento do graduando com o desenvolvimento do projeto (Cruz; Gomes, 2018). O processo metodológico seguiu as etapas sistematizadas no fluxograma apresentado na Figura 1.



Figura 1. Sintetização dos procedimentos metodológicos aplicados no estudo.

2.1 Estruturação da Atividade

A atividade foi estruturada em etapas sequenciais, compreendendo a concepção do projeto, a construção do protótipo e a realização de ensaios de enchimento. As equipes ficaram responsáveis pela definição do projeto da barragem, incluindo dimensões, geometria, inclinação dos taludes e método construtivo, respeitando critérios previamente estabelecidos pelos docentes, tais como altura máxima da estrutura e tempo disponível para execução.

Durante essa etapa, os alunos tiveram acesso ao laboratório, onde puderam desenvolver e ajustar seus projetos, planejando as soluções técnicas a serem adotadas com base nos princípios da mecânica dos solos e da engenharia de barragens, sob acompanhamento e orientação dos docentes ao longo do processo.

2.2 Construção dos Protótipos de Barragens de Terra

Os protótipos de barragens de terra foram construídos em recipientes retangulares transparentes, com dimensões de 45 cm de comprimento, 20 cm de largura e 30 cm de altura, de forma a permitir a visualização do comportamento interno do maciço, conforme representado na Figura 2. Foram utilizados materiais de fácil obtenção, como areia, argila, brita e água, além de ferramentas e equipamentos básicos, como régua, colher de pedreiro, bandeja, marcador para quadro branco e bloco de madeira pequeno disponíveis em laboratório.



Figura 2. Protótipo de barragem desenvolvida pelos alunos.

A execução ocorreu de forma manual e em etapas. Os discentes, separados em grupos, realizaram a preparação dos materiais, a conformação do maciço, a construção dos taludes e a definição do sistema de impermeabilização, conforme o projeto previamente elaborado por cada equipe. Tendo em vista o formato de competição adotado para estimular os alunos, cada equipe teve três horas para finalizar a miniatura.

2.3 Ensaios de Enchimento

Após a conclusão da construção, os protótipos foram submetidos a ensaios de enchimento gradativo, simulando o represamento de água a montante, sendo posteriormente extravasado para a jusante das barragens, como indica a Figura 3. Esses ensaios tiveram como finalidade permitir a observação qualitativa dos fenômenos de percolação, impermeabilidade e estabilidade dos taludes, bem como a identificação de eventuais falhas construtivas ou comportamentos indesejáveis das estruturas.

Durante os ensaios, as equipes acompanharam o comportamento dos protótipos, realizando registros das principais observações para posterior análise. A competição consistiu em observar a barragem com maior resistência à percolação da água pelo maciço e maior estabilidade após o *overtopping* (ou galgamento), que ocorre quando o nível da água supera a crista da estrutura e transborda.

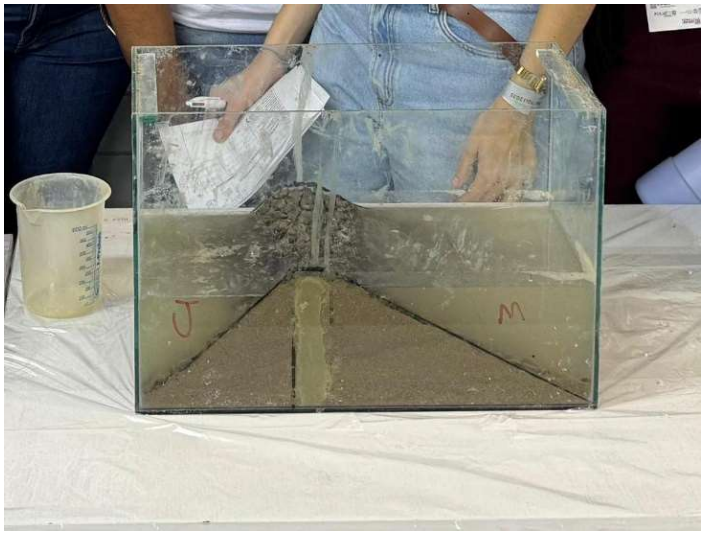


Figura 3. Ensaio de Enchimento.

2.4 Avaliação da Atividade

A avaliação da atividade foi realizada de forma qualitativa, considerando o desempenho das equipes ao longo das diferentes etapas do projeto, o envolvimento dos discentes e a capacidade de aplicação prática dos conceitos teóricos abordados na disciplina. As discussões técnicas realizadas possibilitaram a comparação entre os projetos desenvolvidos.

3 RESULTADOS

Os resultados obtidos a partir da aplicação da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), associada à construção de protótipos físicos de barragens de terra, indicaram que essa abordagem possibilitou a consolidação dos conhecimentos teóricos abordados em sala de aula, especialmente aqueles relacionados à impermeabilidade, percolação e estabilidade das estruturas geotécnicas.

A realização da atividade em formato de projeto favoreceu a criação de um ambiente de competição saudável entre as equipes, o que se refletiu em maior envolvimento dos estudantes durante as diferentes etapas do processo (Figura 4). Observou-se que essa dinâmica estimulou a participação ativa dos discentes, tanto na execução dos protótipos quanto nas análises e discussões técnicas realizadas após os ensaios de enchimento.



Figura 4. Equipes desenvolvendo seus projetos.

Os ensaios permitiram ainda a identificação de diferenças de comportamento entre os protótipos, associadas às soluções de projeto e aos métodos construtivos adotados pelas equipes. Esse aspecto contribuiu para a ampliação das discussões técnicas relacionadas às etapas de projeto, construção e operação de barragens de terra, favorecendo a compreensão do impacto das decisões técnicas no desempenho das estruturas.

Além dos aspectos técnicos, foram observados efeitos positivos no desenvolvimento de habilidades complementares relevantes à formação do engenheiro civil, tais como pensamento crítico, comunicação, trabalho em equipe e resolução de problemas. Os estudantes demonstraram elevado engajamento ao longo de todas as etapas da atividade, relatando maior motivação e interesse em compreender o comportamento real das estruturas geotécnicas quando comparado às abordagens exclusivamente teóricas. Ademais, o enchimento das barragens ocorreu durante a semana universitária e pôde ser acompanhado por alunos em diferentes fases do curso de engenharia civil, estimulando o interesse pela área e o entrosamento com os colegas de curso.

Os feedbacks coletados junto aos participantes indicaram elevada satisfação com a experiência, sendo recorrentes os relatos de que a atividade tornou o processo de aprendizagem mais dinâmico, atrativo e significativo. Os estudantes destacaram, ainda, que a abordagem prática adotada favoreceu a compreensão dos conteúdos teóricos, contribuindo para uma aprendizagem mais efetiva e próxima da realidade profissional.

4 CONCLUSÃO

A aplicação da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), por meio da construção de protótipos físicos de barragens de terra na disciplina de Barragens do curso de Engenharia Civil da POLI/UPE, evidenciou o potencial dessa metodologia como ferramenta de apoio ao ensino da Engenharia Geotécnica. A abordagem adotada permitiu integrar de forma efetiva os conteúdos teóricos às atividades práticas, favorecendo a compreensão dos fenômenos físicos e mecânicos envolvidos no comportamento das barragens de terra.

Os resultados observados indicam que a utilização de protótipos físicos contribui para o fortalecimento do processo de aprendizagem, ao estimular o protagonismo discente, o engajamento contínuo e a participação ativa dos estudantes. A dinâmica proposta também favoreceu a criação de um espaço propício para discussões técnicas, permitindo a análise crítica das soluções de projeto, construção e operação adotadas.

Adicionalmente, a metodologia mostrou-se relevante para o desenvolvimento de competências complementares essenciais à formação do engenheiro civil, como trabalho em equipe, comunicação efetiva, pensamento crítico e resolução de problemas. Dessa forma, conclui-se que a aplicação da ABP associada a protótipos físicos representa uma alternativa viável e eficaz para o aprimoramento dos métodos tradicionais de ensino, ampliando o protagonismo discente e contribuindo para uma formação mais integrada e alinhada às demandas da prática profissional, especialmente em disciplinas da área de Geotecnia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a todos os amigos que colaboraram para a construção deste projeto. Agradecem, acima de tudo, a Deus, que os fortaleceu e os guiou ao longo de todas as etapas do trabalho, sendo a sua fortaleza. Agradecem aos pais, por todo o apoio, incentivo e pelas orações constantes, que constituem a sua base. A todos os amigos e familiares que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, os autores expressam sua sincera gratidão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Castro, R. N. A. de. A Teoria da Prática: A Aula de Engenharia. *Revista Eletrônica Engenharia Viva,* Goiânia, v. 2, n. 1, p. 15-20, jan./jun. 2015. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/ijaeedu/article/view/27114/24456>. Acesso em: 9 fev. 2026.

Cruz, D. M., Gomes, A. C. F. Metodologia Ativa Baseada em Projeto (ABPj) no ensino de engenharia: relato de experiência na disciplina de Sistemas de Controle I no Instituto de Engenharia da UFMT. *Research, Society and Development,* v. 8, n. 2, p. e3882732, 2018. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/732/640>. Acesso em: 9 fev. 2026.

Cunha, F. M. Ensino de engenharia: abordagem pela complexidade. *Revista de Ensino de Engenharia,* v. 34, n. 1, p. 3-16, 2015. Disponível em: <https://revista.abenge.org.br/index.php/abenge/article/view/387/239>. Acesso em: 9 fev. 2026.

García, J. A. B., Heideman, M., Vargas, J. V. T., Figueiredo, L. F., Sell, B. Competições acadêmicas e experimentos didáticos na área geotécnica como ferramenta de aprendizado. In: *XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica,* 2024, Balneário Camboriú. Anais... Balneário Camboriú: ABMS, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.47094/COBRAMSEG2024/125>. Acesso em: 9 fev. 2026.

Lima, V. V. Espiral construtivista: uma metodologia ativa de ensino-aprendizagem. *Interface (Botucatu)*, v. 21, n. 61, p. 421-434, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/icse/a/736VVYw4p3MvtCHNvbnvHrL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 9 fev. 2026.

Masson, T. J., Miranda, L. F., Munhoz Jr, A. H., Castanheira, A. M. P. Metodologia de ensino: aprendizagem baseada em projetos (PBL). In: *XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia,* 2012, Belém. Anais... Belém: ABENGE, 2012. Disponível em: <https://abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/7/artigos/104325.pdf>. Acesso em: 9 fev. 2026.

Queiroz, T. J., Cardoso, J. M. O. de C. Construção de protótipos didáticos: um exercício de iniciação à docência. *Revista Elite*, v. 1, n. 7, p. 48-69, 2025. Disponível em: <https://www.revistas.uneb.br/elite/article/view/26885/16791>. Acesso em: 9 fev. 2026.

Silva, I. de S., Martins, C. de P., Jeronymo, L. L. Ensino da Geotecnia: Uma Proposta de Concurso para Compactação dos Solos. In: *XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica,* 2020, Campinas. Anais... Campinas: ABMS, 2020. Disponível em: <https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/cobramseg.2022.0049.pdf>. Acesso em: 9 fev. 2026.

Silva, R. M. R., Salgado, T. D. M. Aprendizagem baseada em projetos (ABP) em curso de engenharia de materiais: o que dizem os discentes? *Revista de Ensino de Engenharia,* v. 38, n. 1, p. 23-33, 2019. Disponível em: <https://revista.abenge.org.br/index.php/abenge/article/view/1475/871>. Acesso em: 9 fev. 2026.

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/4

Aprimorando o Ensino de Geotecnia com o Jogo "Solos Tropicais": Da Versão Física à Plataforma Digital Interativa e Automatizada

Larissa Andrade de Aguiar
Docente, Instituto Federal de Brasília (IFB), Coordenação de Construção Civil, Brasília, DF, Brasil, larissa.aguiar@ifb.edu.br

Márcia Maria dos Anjos Mascarenha
Docente, Universidade Federal de Goiás (UFG), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Goiânia, GO, Brasil, marcia.mascarenha@ufg.br

Renato Resende Angelim
Docente, Universidade Federal de Goiás (UFG), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Goiânia, GO, Brasil, angelim@ufg.br

Andrelisa Santos de Jesus
Docente, Universidade Federal de Goiás (UFG), Instituto de Estudos Socioambientais, Goiânia, GO, Brasil, andrelisajesus@ufg.br

RESUMO: A transposição de jogos didáticos analógicos para o ambiente digital oferece oportunidades para superar limitações de acessibilidade e escalabilidade, ao mesmo tempo em que potencializa o engajamento e a aprendizagem. Este artigo descreve a adaptação e a avaliação do jogo “Solos Tropicais”, originalmente concebido como tabuleiro físico, para uma plataforma web interativa. O processo foi guiado por uma abordagem metodológica dupla: as Sequências de Ensino-Aprendizagem (SEA), como arcabouço pedagógico, e a heurística Sentimento–Experiência–Audiência (SEA), como diretriz de design centrado no usuário. A aplicação da versão digital com estudantes de pós-graduação em Geotecnia foi avaliada qualitativamente por meio de grupo focal e escalas rápidas de percepção. Os resultados indicam eficácia na consolidação conceitual e no estímulo à colaboração, ao mesmo tempo em que apontam oportunidades de aprimoramento relacionadas à interface e ao feedback pedagógico. O estudo contribui com um protocolo replicável para digitalização de jogos didáticos em Engenharia.

PALAVRAS-CHAVE: Jogo didático; Aprendizagem ativa; Ensino de Geotecnia; Design educacional; Gamificação.

ABSTRACT: The transposition of analog didactic games into digital environments offers opportunities to overcome accessibility and scalability limitations while enhancing engagement and learning. This article presents the adaptation and evaluation of the “Solos Tropicais” game, originally designed as a physical board game, into an interactive web-based platform. The process was guided by a dual methodological approach: Teaching-Learning Sequences (TLS) as a pedagogical framework and the Sentiment–Experience–Audience (SEA) heuristic as a user-centered design guideline. The digital version was applied to graduate students in Geotechnics and evaluated through a focus group and perception scales. Results indicate effectiveness in reinforcing conceptual understanding and promoting collaboration, while also highlighting opportunities for interface and feedback improvements. The study proposes a replicable protocol for digitalizing didactic games in Engineering education.

KEYWORDS: Didactic games; Active learning; Geotechnical education; Educational design; Game-based learning

1 INTRODUÇÃO

A busca por abordagens ativas e baseadas em evidências no ensino de Geotecnia tem impulsionado a criação de recursos didáticos que conciliam precisão conceitual e engajamento estudantil. Nesse contexto, jogos educacionais vêm se consolidando como estratégias potentes para promover participação, *feedback* imediato e conexão significativa entre conceitos e situações-problema (WHITTON, 2010; CONTRERAS-ESPINOSA; EGUÍA-GÓMEZ, 2017). A avaliação de tais recursos é fundamental para garantir sua eficácia pedagógica e aprimoramento contínuo (PACHECO, 2023; CASAMAXIMO et al., 2024).

Em 2023, foi criado o jogo didático "Solos Tropicais" (Mascarenha *et al*, 2024), desenvolvido no âmbito da disciplina homônima do Programa de Pós-graduação em Geotecnia, Estrutura e Construção Civil (PPGGECON), em parceria com o Projeto Multiplicando Saberes Sobre Solos, ambos da Universidade Federal de Goiás (UFG). O protótipo físico (tabuleiro e cartas) mostrou-se eficaz para trabalhar conteúdos como formação, classificação e interpretação de fenômenos em solos tropicais, porém com limitações práticas de acessibilidade, escalabilidade e automação (p.ex., gerenciamento de perguntas, registro de acertos/erros e geração de *feedback*).

A adaptação para o meio digital justifica-se pela ampliação do alcance, pelo potencial de monitoramento da aprendizagem e pela integração com ambientes virtuais. A digitalização possibilita automação do sorteio de questões, registro de desempenho, geração de feedback imediato e armazenamento de dados para análise posterior. Além disso, permite incorporação de recursos multimídia que enriquecem a experiência formativa.

O presente artigo tem como objetivo apresentar e avaliar o jogo "Solos Tropicais", originalmente proposto para um tabuleiro físico e, posteriormente transposto para uma plataforma web. Como objetivos específicos: (i) documentar o processo de transposição; (ii) relatar a aplicação com estudantes e sua avaliação inicial; e (iii) propor um protocolo replicável para adaptação de jogos analógicos em Geotecnia.

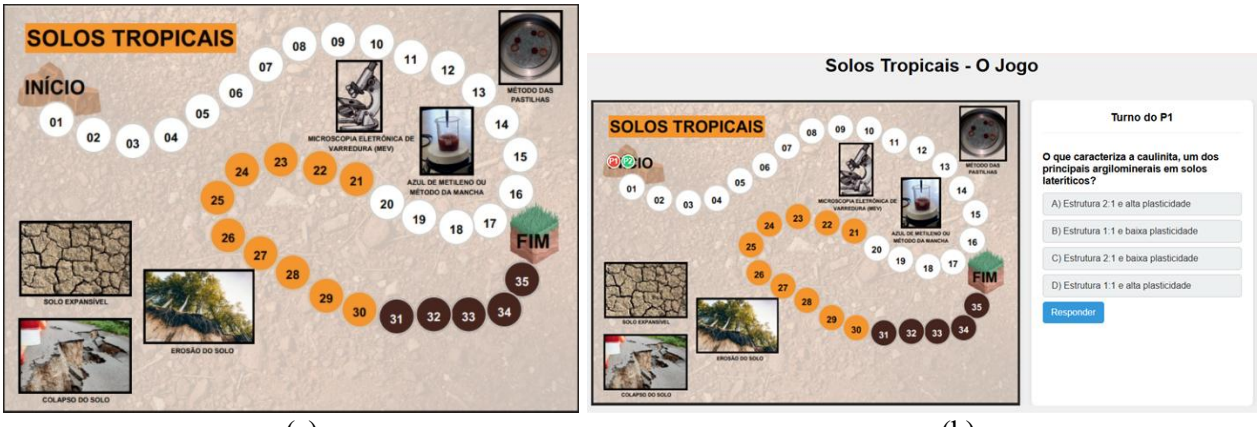
2 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DIGITAL

A transposição do jogo para o ambiente digital seguiu metodologia de desenvolvimento web estruturada em quatro etapas: preparação de ativos, estruturação em HTML, estilização com CSS e implementação da lógica em JavaScript.

O desenvolvimento foi orientado por duas abordagens complementares:

- Sequências de Ensino-Aprendizagem (SEA): estruturam o jogo como artefato didático inserido em ciclo iterativo de implementação, avaliação e refinamento.
- Heurística Sentimento–Experiência–Audiência: orienta decisões de design considerando motivação, usabilidade, carga cognitiva e perfil do público.

A integração dessas abordagens assegurou alinhamento entre objetivos pedagógicos e decisões técnicas. A Figura 1a ilustra o tabuleiro do jogo físico e a Figura 1b ilustra a tela do jogo em formato digital.



(a) (b)

Figura 1. Visual do jogo: a)Tabuleiro do jogo físico, b) Tela do jogo em formato digital.

2.1 Preparação de Ativos Digitais

Esta etapa consistiu na digitalização e otimização de todos os elementos visuais e textuais do jogo analógico. Incluiu a criação de imagens para o tabuleiro, cartas de perguntas e respostas, marcadores de jogadores e outros elementos gráficos. Os ativos foram otimizados para web, visando carregamento rápido e boa qualidade visual em diferentes resoluções.

2.2 Estrutura Base (HTML)

A estrutura fundamental do jogo foi construída utilizando HTML (*HyperText Markup Language*). Isso envolveu a criação dos elementos que compõem o tabuleiro, as áreas de exibição de perguntas, as opções de resposta, os indicadores de pontuação e progresso dos jogadores, e os controles de interação. A semântica do HTML foi utilizada para garantir uma base sólida e acessível para a aplicação.

2.3 Estilização e Responsividade (CSS)

A aparência visual do jogo foi definida por meio de CSS (*Cascading Style Sheets*). Foram aplicados estilos para cores, fontes, layout e posicionamento dos elementos, buscando replicar a estética do jogo original e garantir uma interface agradável. A responsividade foi uma preocupação central, utilizando técnicas de CSS para adaptar o layout e a interação do jogo a diferentes tamanhos de tela, desde desktops até dispositivos móveis.

2.4 Lógica de Jogo (JavaScript)

A interatividade e as regras do jogo foram implementadas com linguagem de programação JavaScript. Isso incluiu a gestão do fluxo da partida, o sorteio aleatório de perguntas, a validação de respostas, a atualização da pontuação dos jogadores, a movimentação dos marcadores no tabuleiro e a exibição de *feedback*. A lógica foi desenvolvida para ser modular, facilitando futuras expansões e manutenções.

2.5 Desafios enfrentados e soluções implementadas

A transposição do jogo “Solos Tropicais” para o ambiente digital apresentou desafios inerentes à adaptação de mecânicas analógicas para uma plataforma interativa. Um dos principais desafios foi a replicação da dinâmica do tabuleiro físico, que exige movimentação e interação visual. A solução envolveu o uso de bibliotecas JavaScript para manipulação do DOM (*Document Object Model*) e animações, permitindo uma representação fluida do tabuleiro e dos marcadores.

Outro desafio significativo foi a gestão do banco de perguntas e respostas, que no formato físico era manual. No ambiente digital, foi implementado um sistema de carregamento dinâmico de perguntas a partir de um arquivo JSON (*JavaScript Object Notation*), facilitando a expansão e a categorização do conteúdo. A automação do *feedback* e da pontuação também representou um avanço, eliminando a necessidade de intervenção humana e proporcionando retorno imediato aos jogadores.

A responsividade da interface para diferentes dispositivos foi um ponto crítico. Inicialmente, o layout foi concebido para telas maiores, mas a necessidade de uso em smartphones exigiu ajustes substanciais no CSS e na lógica de exibição, garantindo que o jogo fosse utilizável e visualmente agradável tanto em modo paisagem quanto retrato. A otimização de desempenho para garantir fluidez em conexões e dispositivos variados também foi uma constante preocupação, considerando que no público estantil o uso de smartfones é maior que o de microcomputadores.

O jogo foi implementado e disponibilizado gratuitamente através do *GitHub Pages*, tornando-o acessível globalmente via uma URL simples https://laryaguiar.github.io/solos-tropicais-jogo/). É importante

ressaltar que, em sua arquitetura atual, o jogo é projetado para uma experiência local/compartilhada em um único dispositivo, não suportando multijogador em tempo real através da internet.

4 APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO DO JOGO

4.1 Contexto e participantes

A aplicação da versão digital do jogo "Solos Tropicais" foi realizada em uma disciplina do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil, na Universidade Federal de Goiás. Os participantes foram estudantes regularmente matriculados na disciplina, que utilizaram o jogo em duplas ou pequenos grupos, acessando-o por meio de computadores disponíveis em sala de aula. Todos os participantes foram informados sobre os objetivos da pesquisa e concederam consentimento para o uso de suas falas e percepções para fins científicos, garantindo a ética na coleta de dados.

4.2 Procedimento

O procedimento de aplicação e avaliação foi estruturado em duas etapas principais:

- Jogo: Os participantes jogaram uma partida completa da versão digital. Durante o jogo, as perguntas eram sorteadas automaticamente por categoria, os marcadores dos jogadores eram movimentados no tabuleiro digital e o sistema registrava localmente os acertos e erros.
- Pós-jogo (grupo focal semiestruturado e escalas rápidas): Após a conclusão da partida, foi conduzido um grupo focal semiestruturado. Complementarmente, os participantes responderam a escalas rápidas de 1 a 5 (sendo 1 o pior e 5 o melhor) sobre diversos aspectos, incluindo facilidade de acesso e início da partida, intuitividade da navegação, nível de engajamento e motivação, alinhamento do conteúdo com a teoria, utilidade do *feedback* fornecido pelo jogo, adequação do nível de dificuldade e satisfação geral com a experiência.

4.3 Instrumentos e construtos avaliados

Os instrumentos de avaliação foram desenhados para coletar dados qualitativos e percepções dos usuários, alinhados com a heurística Sentimento–Experiência–Audiência (SEA) utilizada no *design*:

- Escalas rápidas (1–5): Acesso e início da partida: Avaliou a facilidade de encontrar e começar a jogar.
- Navegação/intuitividade: Mediu a clareza e simplicidade da interface.
- Engajamento/motivação: Refletiu o interesse e a vontade de continuar jogando.
- Conexão teoria–prática: Avaliou o quão bem o jogo ligava os conceitos teóricos à aplicação prática.
- Utilidade do *feedback*: Percepção sobre a eficácia do retorno do jogo (correto/incorreto) para a aprendizagem.
- Adequação da dificuldade: Avaliou se o nível de desafio era apropriado.
- Satisfação geral: Medida global da experiência do usuário.
- Grupo focal semiestruturado: O roteiro do grupo focal abordou os seguintes tópicos, mapeados aos eixos da heurística SEA: Sentimento: Perguntas sobre o que mais contribuiu para o interesse/motivação, e o que causou frustração ou desinteresse.
- Experiência: Discussão sobre a colaboração e a efetividade da troca de conhecimentos entre os participantes, clareza das regras e desafios, qualidade da interface (cores, layout, responsividade), funcionalidades (placar, feedback imediato, indicadores de progresso) e problemas técnicos enfrentados.
- Audiência: Perguntas sobre a relevância do conteúdo abordado, o nível de dificuldade adequado para o conhecimento dos estudantes, e sugestões de melhoria considerando o perfil do público-alvo e os cenários de uso.

4.4 Análise de dados

A análise dos dados coletados focou predominantemente na abordagem qualitativa temática. As respostas das escalas rápidas foram consideradas como indicadores de percepção geral, sem tratamento estatístico aprofundado nesta fase, mas servindo como balizadores para a discussão qualitativa. A transcrição integral do grupo focal foi submetida a uma análise temática indutiva, onde os depoimentos foram codificados e agrupados em categorias emergentes. Essas categorias foram então interpretadas à luz dos construtos da heurística Sentimento–Experiência–Audiência (SEA) e dos princípios das Sequências de Ensino-Aprendizagem (SEA) de Méheut e Psillos (2004), buscando identificar padrões, pontos fortes, fragilidades e oportunidades de *redesign.*

4.5 Achados qualitativos preliminares do grupo focal

A síntese dos achados qualitativos, baseada na transcrição do grupo focal, revelou os seguintes pontos:

- Acesso e navegação: Os participantes consideraram o acesso inicial ao jogo e o início da partida como fáceis. A navegação dentro do jogo foi, em geral, percebida como intuitiva.
- Engajamento: A maioria dos estudantes relatou que o jogo conseguiu manter seu interesse e motivação durante a partida. Contudo, foi apontado que o número ainda limitado de perguntas disponíveis pode diminuir a expectativa pela "próxima rodada" em partidas mais longas.
- *Feedback* pedagógico: Houve uma demanda recorrente por um *feedback* mais robusto. Os estudantes sugeriram que, em caso de resposta incorreta, o jogo deveria indicar a alternativa correta e, idealmente, fornecer uma breve justificativa explicativa. Essa funcionalidade foi percebida como crítica para transformar o erro em uma oportunidade de aprendizagem efetiva.
- Colaboração e discussão: O jogo estimulou a colaboração efetiva entre os participantes. A necessidade de chegar a um consenso entre respostas diferentes e a discussão sobre "por que está errado?" foram destacadas como elementos que promoveram a troca de conhecimentos e o aprofundamento conceitual.
- Alinhamento com a teoria e conexão com a prática: O conteúdo abordado no jogo foi considerado relevante e bem alinhado com as aulas teóricas da disciplina. No entanto, a conexão com situações práticas foi percebida como moderada, com sugestões para incluir mais itens ou estudos de caso aplicados.
- Dificuldade: O nível de dificuldade do jogo foi considerado adequado para o contexto da disciplina. Foi ressalvado, contudo, que um jogador sem o conhecimento prévio da disciplina poderia se beneficiar de "resuminhos" ou materiais de apoio para conceitos específicos.
- Interface e usabilidade: O *design* visual do jogo foi avaliado como simples e funcional. Entretanto, foram identificadas diversas oportunidades de melhoria, especialmente em dispositivos móveis: o marcador de etapa/casa apresentou comportamento instável, a responsividade para o modo vertical foi inadequada, e o tabuleiro se redimensionava de forma indesejada, interferindo na leitura das perguntas. Além disso, funcionalidades como placar, *feedback* imediato e indicadores de progresso foram percebidas como ausentes ou insuficientes. Houve também o desejo por uma dinâmica mais próxima de um "jogo de tabuleiro" em duplas, com movimentação individualizada.
- Satisfação geral: A satisfação geral com a experiência de jogar "Solos Tropicais" foi positiva, com relatos equivalentes a uma pontuação de aproximadamente 4 em 5. Os estudantes recomendariam o jogo a colegas, mas com a ressalva de que o jogador deveria ter pré-requisitos de conhecimento na área. Os pontos mais positivos incluíram o reforço do conteúdo, a colaboração e a competitividade moderada. Os pontos negativos foram o tempo de jogo e a quantidade limitada de perguntas.

4.6 Considerações éticas

Todos os participantes foram devidamente informados sobre a natureza da pesquisa e os objetivos da coleta de dados. O consentimento informado foi obtido verbalmente e registrado ao término da sessão de grupo focal, com a autorização explícita para o uso de seus depoimentos no artigo científico, garantindo a privacidade e a voluntariedade da participação.

5 DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto culminou na criação de uma ferramenta didática digital robusta e interativa, que aprimora significativamente a experiência de aprendizado em geotecnia. A transposição do formato físico para o digital, com automação completa das mecânicas do jogo, permitiu maior dinamismo imediato e uma gestão eficiente das perguntas. A capacidade de personalizar o número de jogadores, a movimentação fluida dos marcadores, o sorteio inteligente de cartas por categoria e as camadas de *feedback* audiovisual contribuem para um ambiente de aprendizagem envolvente e eficaz. Este desenvolvimento demonstra o potencial das tecnologias web abertas e gratuitas na criação de soluções inovadoras para o ensino de Engenharia, oferecendo um modelo para a adaptação de outros jogos didáticos e promovendo uma educação mais acessível e interativa.

5.1 Discussão dos achados

A avaliação qualitativa do jogo "Solos Tropicais" em sua versão digital, guiada pelos princípios das Sequências de Ensino-Aprendizagem (SEA) de Méheut e Psillos (2004) e pela heurística Sentimento–Experiência–Audiência (SEA), revelou *insights* valiosos para o aprimoramento do recurso didático. A percepção geral dos estudantes foi positiva, destacando o potencial do jogo para reforçar o conteúdo de geotecnia e estimular a colaboração, alinhando-se com a proposta de jogos didáticos como ferramentas de engajamento e aprendizagem ativa (WHITTON, 2010).

A distinção entre as duas abordagens de SEA mostrou-se frutífera. A SEA de Méheut e Psillos (2004) forneceu o arcabouço para entender o jogo como parte de um ciclo de pesquisa-intervenção pedagógica, onde o *feedback* dos alunos é crucial para a reformulação. A heurística Sentimento–Experiência–Audiência (SEA) permitiu mapear as percepções dos usuários diretamente para elementos de design, como a necessidade de *feedback* explicativo (melhorando o Sentimento de aprendizado e a Experiência de uso) e a otimização da interface móvel (atendendo à Audiência).

A demanda por *feedback* pedagógico mais robusto, com indicação da resposta correta e justificativa, é um ponto crítico. Isso corrobora a importância do *feedback* formativo em ambientes de aprendizagem digital, transformando o erro em uma oportunidade construtiva, conforme preconizado pelas SEA (MÉHEUT; PSILLOS, 2004). A colaboração e a discussão entre os estudantes, evidenciadas no grupo focal, reforçam o valor do jogo como ferramenta para o desenvolvimento de habilidades interpessoais e de construção coletiva do conhecimento.

As questões relacionadas à interface e usabilidade, especialmente em dispositivos móveis, são necessárias para a escalabilidade e acessibilidade do jogo. A instabilidade do marcador e a falta de responsividade vertical comprometem a experiência do usuário e limitam o alcance da audiência, que frequentemente utiliza smartphones. A implementação de funcionalidades como placar e indicadores de progresso, além de uma dinâmica mais fiel aos jogos de tabuleiro em duplas, pode enriquecer o sentimento de competitividade e a experiência de jogo.

A Tabela 1 sumariza os achados qualitativos e as ações de *redesign* propostas, articulando as evidências do grupo focal com as melhorias direcionadas pela heurística Sentimento–Experiência–Audiência.

Tabela 1 - Síntese dos achados qualitativos e ações de *redesign*

Tema	Evidências do grupo focal	Ação de *redesign*
Engajamento	Número limitado de perguntas diminui a motivação em partidas longas.	Ampliar banco de itens para maior variedade e longevidade.
Feedback pedagógico	Demanda por indicação da resposta correta após erro, com breve justificativa.	Implementar *feedback* imediato com explicação curta para respostas incorretas.
Interface mobile/responsividade	Marcador instável em mobile; falta de responsividade vertical; tabuleiro redimensiona-se.	Estabilizar marcador em mobile; desenvolver *layout* responsivo vertical; fixar área de perguntas para evitar redimensionamentos.

Dificuldade e pré-requisitos	Adequado para disciplina; sugestão de "resuminhos" para quem não cursou o conteúdo.	Incluir resumos/pistas ou glossário para conceitos específicos, ou um modo "iniciante".
Alinhamento teoria–prática	Alinhado com teoria; conexão com prática percebida como moderada.	Explorar a inclusão de mais estudos de caso práticos e itens aplicados.
Funcionalidades (placar/indicadores)	Placar e indicadores de progresso percebidos como ausentes/insuficientes.	Adicionar placar visível e indicadores de progresso claros.
Dinâmica em duplas	Desejo por dinâmica mais "jogo de tabuleiro" em duplas (movimentação individualizada).	Implementar modo duplas com movimentação independente e interação mais rica.
Banco de perguntas	Quantidade limitada de perguntas; sugestão de mais perguntas do tipo "VF".	Ampliar o banco de perguntas, diversificando os tipos.

5.2 Discussão dos achados

Este estudo apresenta algumas limitações importantes. A amostra de participantes foi restrita a uma única turma de pós-graduação, o que pode limitar a generalização dos achados. O contexto de aplicação foi específico, e a ausência de uma medida objetiva de aprendizagem (como um pré/pós-teste formal) impede conclusões diretas sobre o impacto do jogo no desempenho acadêmico. A análise baseou-se predominantemente em dados qualitativos, que, embora ricos em detalhes, podem estar sujeitos a vieses de desejabilidade social nas falas dos participantes. Além disso, a versão digital do jogo ainda está em fase de evolução técnica, e as percepções podem mudar à medida que as melhorias são implementadas.

5.3 Considerações Finais

Com base nos achados e discussões, os próximos passos para o desenvolvimento do jogo “Solos Tropicais” e para a pesquisa futura incluem:

- Aprimoramento técnico: Priorizar a implementação das ações de *redesign* identificadas na Tabela 1, com foco na estabilização do marcador em dispositivos móveis, desenvolvimento de um *layout* responsivo vertical, fixação da área de perguntas e adição de funcionalidades como placar e indicadores de progresso.
- Expansão de conteúdo: Ampliar significativamente o banco de itens, incluindo uma maior diversidade de perguntas e a incorporação de mais estudos de caso práticos para fortalecer a conexão teoria-prática.
- *Feedback* pedagógico: Desenvolver e integrar um sistema de feedback explicativo imediato para respostas incorretas, fornecendo justificativas concisas e direcionadas.
- Modos de jogo: Explorar a implementação de um modo de jogo para duplas com movimentação individualizada e interação mais rica, além de considerar a inclusão de “resuminhos” ou pistas para diferentes níveis de conhecimento.
- Nova iteração de avaliação: Planejar uma nova iteração de aplicação e avaliação, utilizando uma abordagem mista que combine a análise qualitativa aprofundada com instrumentos padronizados de usabilidade (e.g., *System Usability Scale* - SUS) e engajamento, além de, se possível, medidas objetivas de aprendizagem para validar o impacto pedagógico do jogo.

Logo, a adaptação do jogo “Solos Tropicais” para o meio digital, guiada pelas SEA de Méheut e Psillos (2004) e pela heurística Sentimento–Experiência–Audiência, demonstra um caminho promissor para o desenvolvimento de recursos didáticos inovadores em Geotecnia. A avaliação qualitativa inicial forneceu um roteiro claro para o aprimoramento contínuo, reforçando o caráter iterativo e baseado em evidências da metodologia adotada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASAMAXIMO, R. F.; SILVA, P. Z.; MICHELS, J. F. P.; BARBOSA, C. R. S. C. Avaliação de Jogos Digitais no Ensino de Linguagens Formais e Autômatos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (SBIE), 35., 2024, Rio de Janeiro. *Anais* [...]. Porto Alegre: SBC, 2024. p. 538–550. DOI: 10.5753/sbie.2024.241798.

CONTRERAS-ESPINOSA, R. S.; EGUÍA-GÓMEZ, J. L. (orgs.). Experiencias de gamificación en aulas. Bellaterra: InCom-UAB, 2017. E-book. Disponível em: <https://incom.uab.cat/download/e-book-experiencias-de-gamificacion-en-aulas/>. Acesso em: 09 fev. 2026.

MASCARENHA, M. M. A.; JESUS, ANDRELISA SANTOS DE ; GONZAGA, C. M. O. ; SILVA, T. J. L. ; LOPES, B. C. F. L. . Elaboração de jogo didático para fins de ensino e aprendizagem em solos tropicais na pós-graduação. In: XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2024, Camboriú. *Anais* ... São Paulo: ABMS, 2024. v. 1. p. 1-6.

MÉHEUT, M.; PSILLOS, D. Teaching–learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, v. 26, n. 5, p. 515–535, 2004. https://doi.org/10.1080/09500690310001614762.

PACHECO, A. C. R. Pressupostos de avaliação na aplicação de jogos digitais no ensino de Química: uma análise a partir da revisão sistemática da literatura. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, v. 25, e40202, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172022240144.>. Acesso em: 09 fev. 2026.

WHITTON, N. *Learning with Digital Games: A Practical Guide to Engaging Students in Higher Education*. Abingdon: Routledge, 2010.

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/5

Caracterização Geotécnica E Avaliação Da Estabilidade Das Margens Do Córrego Vila Nova, Colombo (PR)

Isabelli Weber Gazola
Discente, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, isabelligazola@ufpr.br

Liamara Paglia Sestrem
Professora do Magistério Superior, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, liamara@ufpr.br

Wesley Fermino Da Silva Almeida
Discente, Universidade Federal do Paraná, Cambará, Brasil, wesley.fermino@ufpr.br

Natalia Cardoso Monteiro
Discente, Universidade Federal do Paraná, Macapá, Brasil, nataliamonteiro@ufpr.br

Ana Carolina Almeida Silva
Discente, Universidade Federal do Paraná, Campo Largo, Brasil, anaalmeida2@ufpr.br

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo realizar a caracterização geotécnica e identificar qualitativamente os condicionantes geotécnicos associados aos processos de instabilidade observados nas margens do córrego Vila Nova, situado no município de Colombo (PR). O local apresenta histórico de instabilidade associado à ocupação informal da área, à presença de aterros heterogêneos não planejados e à ausência de manejo adequado das águas pluviais. Foram executadas sondagens a trado e coletadas seis amostras representativas de três setores da área de estudo. Os ensaios laboratoriais compreenderam granulometria, limites de Atterberg, massa específica dos grãos, teor de umidade, pH e matéria orgânica, complementados por determinações de permeabilidade *in situ*. Os resultados confirmaram forte heterogeneidade dos materiais superficiais, com predominância de solos de aterro composto por fragmentos de resíduos domésticos e de construção civil nas áreas próximas ao córrego. Tais solos apresentaram texturas variando entre areia silto-argilosa e silte areno-argiloso, elevados teores de umidade natural e pH ácido. Nas cotas mais altas, foram identificados solos residuais derivados do Complexo Gnáissico-Migmatítico, com menor teor de umidade. Inspeções geotécnicas das margens do córrego evidenciaram erosões superficiais, processos de escorregamentos superficiais e degradação acelerada associada ao escoamento concentrado e à ausência de cobertura vegetal. A caracterização realizada confirmou um cenário de elevada vulnerabilidade geotécnica, no qual a interação entre solos heterogêneos, alta umidade, aporte constante de água e ocupação irregular favorecem a evolução dos processos erosivos. Os resultados obtidos constituem base para a elaboração de estratégias de estabilização, incluindo técnicas de engenharia natural, restauração da mata ciliar e intervenções de baixo impacto adequadas às condições físicas e sociais da comunidade.

PALAVRAS-CHAVE: Caracterização geotécnica, Instabilidade de margens, Erosão e processos superficiais, Permeabilidade do solo, Áreas urbanas vulneráveis.

ABSTRACT: The present study aimed to perform the geotechnical characterization and qualitatively identify the geotechnical conditioning factors associated with the instability processes observed along the banks of the Vila Nova Stream, located in the municipality of Colombo, Paraná, Brazil. The area presents a history of instability associated with informal occupation, the presence of unplanned heterogeneous fills, and the lack of adequate stormwater management. Hand auger soundings were performed and six representative samples were collected from three sectors of the study area. Laboratory tests included grain size analysis, Atterberg limits, specific gravity of soil particles, moisture content, pH, and organic matter content, complemented by in situ permeability tests. The results confirmed a strong heterogeneity of the superficial materials, with predominance of fill soils composed of fragments of domestic waste and construction debris in areas close to the stream. These soils exhibited textures ranging from silty-clayey sand to sandy-clayey silt, high natural

moisture contents, and acidic pH. At higher elevations, residual soils derived from the Gneissic-Migmatitic Complex were identified, presenting lower moisture content. Geotechnical inspections of the stream banks revealed superficial erosion, shallow landslide processes, and accelerated degradation associated with concentrated runoff and the absence of vegetation cover. The performed characterization indicated a scenario of high geotechnical vulnerability, in which the interaction between heterogeneous soils, high moisture content, constant water input, and irregular occupation favors the development of erosive processes. The results obtained provide a basis for the development of stabilization strategies, including bioengineering techniques, riparian forest restoration, and low-impact interventions suitable to the physical and social conditions of the community.

KEYWORDS: Geotechnical characterization, Margin instability, Erosion and surface processes, Soil permeability, Vulnerable urban areas.

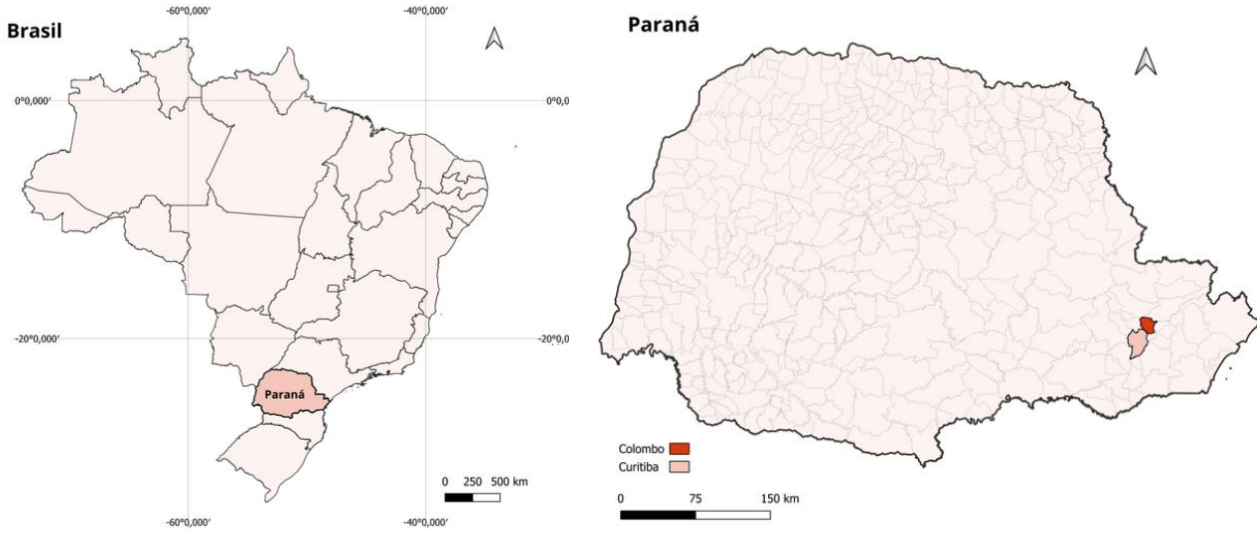
1. INTRODUÇÃO

A urbanização acelerada e desordenada observada nas últimas décadas tem instigado a ocupação de várzeas de rios. Quando associada à deficiência no gerenciamento de resíduos sólidos e ausência de um sistema de esgotamento sanitário, tal processo ocasiona não somente a degradação de áreas de preservação, mas também provoca na comunidade instalada nesses locais riscos sanitários, de inundação e de deslizamento.

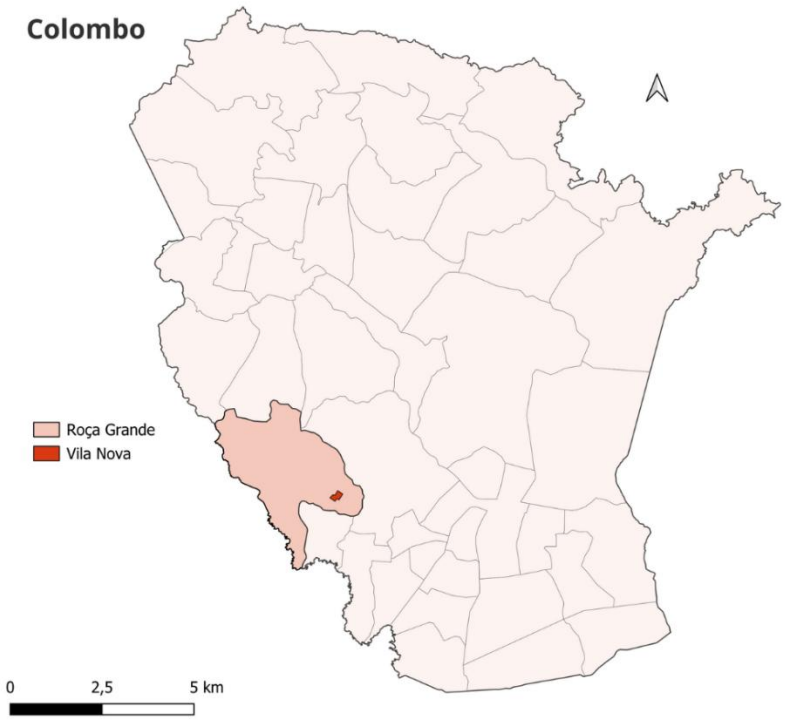
De acordo com os resultados do Censo Demográfico de 2022 (IBGE, 2022), aproximadamente 8,07% da população brasileira reside em áreas de ocupação irregular, situação relacionada ao déficit habitacional e à segregação socioespacial. Dentre esses assentamentos, cerca de 38,61% dos domicílios não dispõem de sistemas adequados de coleta e tratamento de esgoto, o que intensifica os problemas ambientais e de saúde pública. No estado do Paraná, 37 municípios apresentam áreas suscetíveis a desastres naturais, como deslizamentos, enchentes e alagamentos, segundo dados do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), incluindo-se, nesse contexto, o município de Colombo.

A comunidade Vila Nova, localizada no município de Colombo (PR) (**Figura 1**), exemplifica esse cenário. Implantada às margens de um curso d'água, popularmente conhecido como Córrego Vila Nova, afluente do córrego Monjolo, a área apresenta histórico recorrente de inundações, erosões superficiais e deslizamentos, intensificados pela ocupação informal em Área de Preservação Permanente, ausência de sistemas adequados de drenagem pluvial e lançamento irregular de efluentes. Estudos prévios na região (PONTES, 2019) indicam elevada vulnerabilidade geotécnica e ambiental, reforçando a necessidade de investigações técnicas que subsidiem intervenções compatíveis com as condições físicas e socioeconômicas locais.

Figura 1. Mapeamento: (a) Localização Paraná; (b) Localização Colombo; (c) Localização Vila Nova.



(a) **(b)**



(c)

Nesse contexto, a caracterização geotécnica dos solos constitui etapa fundamental para a compreensão dos mecanismos de instabilidade e para a definição de estratégias de estabilização das margens. A identificação dos tipos de solo, seus parâmetros físicos, hidráulicos e químicos, bem como a distinção entre solos residuais e materiais de aterro, permite avaliar o comportamento do terreno frente à ação da água e às solicitações impostas pelo uso e ocupação do solo.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo realizar a caracterização geotécnica dos solos da comunidade Vila Nova e identificar qualitativamente os condicionantes geotécnicos associados aos processos de instabilidade observados, a partir de investigações de campo e ensaios laboratoriais. Os resultados obtidos visam fornecer subsídios técnicos para o desenvolvimento de soluções de estabilização e recuperação ambiental, com ênfase em intervenções de baixo impacto e soluções baseadas na natureza, adequadas à realidade da comunidade estudada.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A comunidade Vila Nova, localiza-se na Região Metropolitana de Curitiba, no município de Colombo (PR), bairro Roça Grande. A área é delimitada pelas ruas Rio Araguaia, Rio Iguaçu, Rio Guaporé, Rio Grande do Norte, Felipe Soppa, Santa Bárbara e Rio Capivari (**Figura 2**). Segundo levantamento realizado pela organização TETO (2017), a comunidade compreende aproximadamente 300 unidades habitacionais distribuídas em uma área de cerca de 600.000 m², inserida em um contexto de relevo acidentado.

Figura 2. Identificação dos limites de Vila Nova e dos setores de coleta das amostras



Fonte: Pontes, modificado (2019)

A ocupação teve início há mais de três décadas, ocorrendo de forma espontânea e sem planejamento urbano, sobre área originalmente recoberta por vegetação nativa. Ao longo dos anos, o assentamento foi se consolidando informalmente, resultando em um espaço urbano desorganizado e vulnerável, potencializando os riscos geotécnicos e ambientais.

Observa-se a presença de edificações implantadas sobre taludes e, em alguns trechos (**Figura 3**), em proximidade imediata ao leito do córrego, o que contribui para a intensificação de processos erosivos e instabilidade das margens. A ausência de infraestrutura adequada de saneamento básico resulta no lançamento direto de efluentes no curso d'água, agravando a degradação ambiental e interferindo na dinâmica hidráulica local.

A comunidade é também frequentemente afetada por eventos de inundação durante períodos de precipitação intensa (**Figura 4**), em função da baixa capacidade de escoamento do curso d'água, da ocupação das áreas de várzea e da ausência de sistemas adequados de drenagem pluvial. Esses eventos promovem a elevação temporária do nível d'água, favorecendo a saturação dos solos das margens e o solapamento da base dos taludes.

Figura 3. Trecho do Córrego Vila Nova com presença de resíduos sólidos e ocupação irregular das margens



Figura 4. Condições das margens do Córrego Vila Nova: (a) situação em período sem chuva; (b) situação durante evento de inundação.



(a)



(b)

A topografia da área é caracterizada por relevo acentuado, com taludes em ambas as margens do córrego que atravessa a comunidade. As cotas altimétricas variam entre 916,5 m e 957 m, e o relevo pode ser classificado como um vale encaixado em "V", configurando um ambiente suscetível à instabilidade quando associado à ocupação irregular e à inexistência de sistemas adequados de drenagem e proteção superficial.

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada compreendeu etapas de investigação de campo, amostragem de solos, ensaios laboratoriais e inspeção geotécnica das margens do curso d'água, com o objetivo de caracterizar os materiais presentes e avaliar preliminarmente as condições de estabilidade da área estudada.

Inicialmente, foi realizada a delimitação dos setores de estudo ao longo do córrego que atravessa a comunidade Vila Nova, considerando critérios de acessibilidade, representatividade dos materiais superficiais e ocorrência de processos erosivos e instabilidades aparentes. A área foi subdividida em três setores (**Figura 2**), nos quais foram executadas investigações geotécnicas de campo.

As investigações consistiram na execução de sondagens a trado manual para identificação estratigráfica dos solos e coleta de amostras. Ao todo, foram coletadas seis amostras de solo, distribuídas entre os três setores definidos, abrangendo tanto áreas próximas ao leito do córrego quanto porções situadas em cotas mais elevadas. No setor A, foram obtidas as amostras 1 e 2, nas profundidades de 0,5 m e 1,0 m; no setor B, as amostras 3 e 4, também nas profundidades de 0,5 m e 1,0 m; e no setor C, correspondente às áreas mais elevadas, as amostras 5 e 6, nas profundidades de 2,70 m e 2,50 m, respectivamente. Paralelamente, realizou-se inspeção visual das margens, com registro fotográfico e mapeamento de feições de erosão superficial, deslizamentos e cotas de inundação.

Os ensaios laboratoriais foram conduzidos com o objetivo de determinar os principais parâmetros físicos, granulométricos e químicos dos solos. As amostras foram submetidas a ensaios de análise granulométrica, determinação dos limites de Atterberg, massa específica dos grãos, teor de umidade natural, pH e teor de matéria orgânica, seguindo procedimentos e recomendações de normas técnicas vigentes. Esses ensaios permitiram a classificação dos solos e a avaliação de seu comportamento geotécnico preliminar.

Complementarmente, foram realizadas determinações de permeabilidade in situ, com o intuito de avaliar o comportamento hidráulico dos materiais superficiais e sua influência nos processos de instabilidade observados. Os resultados obtidos foram analisados de forma integrada, considerando as características do relevo, o padrão de ocupação urbana e a dinâmica de escoamento superficial da área.

A avaliação preliminar da estabilidade das margens foi baseada na interpretação conjunta dos dados de campo, dos parâmetros geotécnicos obtidos em laboratório e da observação dos processos erosivos e de instabilidade existentes, permitindo a identificação dos principais condicionantes geotécnicos responsáveis pela degradação das margens do córrego.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos ensaios geotécnicos evidenciam a heterogeneidade dos solos presentes na área de estudo, típica de ambientes submetidos à ocupação informal e à presença de materiais de aterro. A **Tabela 1** apresenta a composição granulométrica, teores de umidade natural, e de matéria orgânica, massa específica dos grãos das amostras analisadas, além de sintetizar os parâmetros de plasticidade e liquidez.

Tabela 1. Parâmetros físicos, químicos e origem dos solos nos setores analisados.

	SETOR A		SETOR B		SETOR C	
	Amostra 1	**Amostra 2**	**Amostra 3**	**Amostra 4**	**Amostra 5**	**Amostra 6**
Composição granulométrica	Areia Silto Argilosa		Silte Areno Argiloso		Silte Areno Argiloso	Silte Argilo Arenoso
Umidade natural (%)	39,45	33,13	40,28	38,37	28,92	31,69
Índice de plasticidade (%)	12	12	13	8	NP	16
Limite de plasticidade (%)	26	22	31	35	NP	28
Limite de liquidez (%)	38	34	44	43	40	44
Massa específica (g/cm³)	2,70	2,83	2,77	2,75	2,83	2,69
Matéria orgânica (%)	9,0	5,8	4,6	3,9	2,1	4,0
Principais mecanismos de instabilidade	Erosão superficial, solapamento de base e saturação frequente.		Erosão superficial, escoamento concentrado e instabilidade superficial		Escorregamentos superficiais em períodos	

			chuvosos e erosão concentrada
Observações de Campo	Margem baixa próxima ao leito. Solo de aterro heterogêneo com resíduos domésticos e de construção civil.	Porção central da comunidade, margem direta do córrego. Solo de aterro altamente heterogêneo, sem cobertura vegetal.	Cotas altimétricas mais elevadas. Solo residual derivado do Complexo Gnáissico-Migmatítico.

A análise granulométrica indicou predominância de solos classificados como areia silto-argilosa e silte areno-argiloso, com ocorrência pontual de silte argilo-arenoso. Nos setores A e B, a presença de aterros heterogêneos contendo resíduos domésticos e de construção civil favorece a formação de caminhos preferenciais de fluxo, aumentando a infiltração, a saturação e a suscetibilidade à erosão e ao solapamento das margens. Já no setor C predominam solos residuais derivados do Complexo Gnáissico-Migmatítico, mais homogêneos e com menor influência antrópica. Essa distinção é relevante porque os aterros apresentam estrutura mais heterogênea e permeabilidade mais elevada, enquanto os solos residuais tendem a apresentar comportamento mais uniforme.

Os teores de umidade natural variaram entre 28,92% e 40,28%, com os maiores valores registrados nos setores próximos ao córrego, indicando condições frequentes de elevada saturação associadas à deficiência de drenagem, ao escoamento superficial concentrado e à recorrência de inundações. Os valores de massa específica dos grãos situaram-se entre 2,69 g/cm³ e 2,83 g/cm³, enquanto os limites de Atterberg indicaram materiais de baixa a média plasticidade, com índices de plasticidade entre 8% e 16%. Os teores de matéria orgânica variaram entre 2,1% e 9,0%, e o pH apresentou caráter predominantemente ácido (4 a 5), condição compatível com solos da região e potencialmente intensificada pela decomposição de resíduos orgânicos. Em conjunto, essas características favorecem a redução da resistência ao cisalhamento em condições próximas à saturação, aumentando a suscetibilidade à erosão e a deformações dos taludes.

Complementando a caracterização física, os ensaios de permeabilidade in situ revelaram coeficientes elevados para os materiais superficiais. No Ponto 1 (Setor A), obteve-se $k = 3{,}4 \times 10^{-2}$ cm/s, caracterizando permeabilidade média a alta, enquanto no Ponto 2 o valor foi de aproximadamente $1{,}75 \times 10^{-2}$ cm/s, indicando permeabilidade média. Esses valores, considerados elevados para matrizes predominantemente silto-argilosas, são atribuídos à natureza antrópica dos depósitos, cuja heterogeneidade favorece a formação de macro poros e caminhos preferenciais de fluxo. Como consequência, ocorre rápida infiltração das águas pluviais e saturação das margens durante eventos de cheia, reduzindo a resistência ao cisalhamento e favorecendo processos erosivos e instabilidades localizadas.

A integração dos resultados laboratoriais e das observações de campo evidencia que os trechos compostos por solos de aterro e solos residuais, associados a elevados teores de umidade, plasticidade média, presença de matéria orgânica e deficiência de drenagem, apresentam maior suscetibilidade ao desenvolvimento de processos erosivos. Esses processos são potencializados pela ausência de cobertura vegetal, pelo escoamento superficial concentrado e pela ocupação direta das margens. De modo geral, os resultados obtidos permitem caracterizar as condições geotécnicas das margens do córrego Vila Nova e fornecem subsídios para avaliações futuras mais detalhadas da estabilidade local.

5. CONCLUSÃO

A caracterização geotécnica realizada na comunidade Vila Nova evidenciou a elevada vulnerabilidade das margens do córrego, associada à heterogeneidade dos solos de aterro, aos altos teores de umidade natural e às condições químicas desfavoráveis. Os resultados indicam que esses materiais apresentam características geotécnicas que, associadas às condições de drenagem e ocupação existentes, favorecem a ocorrência dos processos de instabilidade observados. A falta de drenagem pluvial, a ausência de vegetação e a ocorrência de inundações potencializam a evolução contínua de escorregamentos e processos erosivos.

Diante da consolidação da ocupação urbana e da inviabilidade técnica e social de remoção das moradias, intervenções pontuais e isoladas tendem a apresentar baixa eficácia. Torna-se indispensável a adoção de

estratégias integradas que conciliem a estabilização das margens ao manejo adequado das águas pluviais, garantindo a permanência segura da população.

Nesse contexto, propõem-se, em caráter de diretrizes preliminares, soluções de baixo impacto e técnicas de engenharia natural, tais como a implantação de *wetlands* construídos para o tratamento descentralizado de efluentes, o uso de poços de infiltração para o controle do escoamento superficial e a recuperação da mata ciliar para a proteção superficial dos taludes. Ressalta-se, contudo, que a viabilidade técnica, a eficácia e o dimensionamento definitivo dessas estruturas são estritamente dependentes da execução de estudos hidráulicos, hidrológicos e geotécnicos complementares.

Por fim, a caracterização qualitativa apresentada cumpre o papel de fornecer os subsídios técnicos iniciais sobre as condições físicas locais, servindo como base de dados preliminar para orientar essas futuras investigações detalhadas e análises numéricas quantitativas de estabilidade.

6. REFERÊNCIA

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. *Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.* Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 58–63, 18 mar. 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. *Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.*

G1 PARANÁ. Levantamento indica que 37 municípios do Paraná têm áreas com risco de desastres ambientais; veja lista. 31 mar. 2023. Disponível em: https://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2023/03/31/levantamento-indica-que-37-municipios-do-parana-tem-areas-com-risco-de-desastres-ambientais-veja-lista.ghtml. Acesso em: 5 fev. 2026.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Demográfico 2022: indicadores – domicílios.* Disponível em: https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/indicadores.html?localidade=BR&tema=7. Acesso em: 5 fev. 2026.

PONTES, Carla Vieira. *Análise da susceptibilidade a movimentos gravitacionais de massa da comunidade de Vila Nova, Colombo/PR.* 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

RODRIGUES, Michelle de Lima. *Estudo de caso: inundações urbanas na comunidade de Vila Nova, Colombo – PR.* 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2021. Orientador: Prof. Dr. André Luiz Tonso Fabiani.

TETO. *Relatório socioeconômico Eco1709 – Vila Nova.* TETO, 2017. Disponível em: https://issuu.com/tetopr/docs/relatorio_socioecon_mico_eco1709_-_vila_nova. Acesso em: 31 jan. 2026

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/6

Desenvolvimento de Material Didático Utilizando Impressão 3D para Ensino da Geotecnia

João Eduardo Pacheco Marques
Estudante, IF GOIANO, Rio Verde, Brasil, joaoeduardo.pachecomarques@gmail.com

Charles Pereira Chaves
Professor, IF GOIANO, Rio Verde, Brasil, charles.chaves@ifgoiano.edu.br

André Luís Brasil Cavalcante
Professor, UnB, Brasília, Brasil, abrasil@unb.br

RESUMO:

O ensino da Geotecnia ainda enfrenta desafios quanto à compreensão prática dos fenômenos que envolvem o comportamento dos solos. Conceitos como ruptura, interação entre partículas e estabilidade de taludes exigem do estudante um elevado nível de abstração, o que muitas vezes dificulta o processo de aprendizagem. Nesse contexto, o uso de modelos didáticos tridimensionais desenvolvidos por meio da impressão 3D surge como uma ferramenta inovadora capaz de aproximar a teoria da prática, tornando o ensino mais interativo e acessível.

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de três modelos didáticos tridimensionais: (i) o modelo de ruptura de Terzaghi, que demonstra visualmente o comportamento do solo sob fundações rasas; (ii) o modelo de estabilidade de taludes pelo método de Bishop; e (iii) o modelo de estabilidade de taludes pelo método de Fellenius, que permite compreender o equilíbrio de fatias e o cálculo do fator de segurança. Todos os modelos foram elaborados no software Autodesk Fusion 360 e posteriormente fabricados por impressão 3D, utilizando materiais de baixo custo e de fácil reprodução.

A proposta tem como objetivo facilitar o entendimento dos princípios da Geotecnia, promovendo uma aprendizagem mais visual, prática e participativa. Além disso, o trabalho busca estimular o uso de tecnologias digitais e metodologias ativas de ensino na formação do engenheiro civil, em consonância com as diretrizes contemporâneas da educação em engenharia.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Geotecnia, Impressão 3D, Materiais Didáticos, Metodologias Ativas, Aprendizagem Prática.

ABSTRACT:

The teaching of Geotechnical Engineering still faces challenges regarding the practical understanding of soil behavior phenomena. Concepts such as soil failure, particle interaction and slope stability require a high level of abstraction from students, which often makes the learning process difficult. In this context, the use of three-dimensional didactic models developed through 3D printing emerges as an innovative tool capable of bringing theory closer to practice, making teaching more interactive and accessible.

This study presents the development of three didactic 3D models: (i) the Terzaghi bearing capacity failure model, which visually demonstrates soil behavior under shallow foundations; (ii) a slope stability model based on the Bishop method; and (iii) a slope stability model based on the Fellenius method, allowing the visualization of slice equilibrium and the calculation of the factor of safety. All models were designed using Autodesk Fusion 360 and subsequently manufactured through 3D printing using low-cost and easily reproducible materials.

The proposal aims to facilitate the understanding of fundamental geotechnical principles by promoting a more visual, practical and participatory learning experience. Furthermore, the work encourages the use of digital technologies and active learning methodologies in the education of civil engineering students, aligned with modern engineering education guidelines.

KEYWORDS: Geotechnical Education, 3D Printing, Didactic Models, Active Learning, Soil Mechanics.

1 INTRODUÇÃO

O ensino da Geotecnia possui papel essencial na formação do engenheiro civil, pois envolve o estudo do comportamento dos solos e de sua interação com as estruturas. Entretanto, a compreensão de fenômenos como ruptura do solo, comportamento das partículas e estabilidade de taludes ainda representa um desafio para muitos estudantes. A abstração necessária para entender processos que não são diretamente observáveis, aliada à limitação de atividades práticas acessíveis, pode tornar o aprendizado teórico distante da realidade profissional.

Diante desse cenário, torna-se necessário buscar novas abordagens didáticas que tornem o ensino mais envolvente e significativo. O avanço das tecnologias digitais e da manufatura aditiva, especialmente a impressão 3D, apresenta-se como uma alternativa promissora para o desenvolvimento de recursos didáticos que possibilitem visualizar e manipular conceitos geotécnicos de forma tangível. A impressão 3D tem se destacado não apenas por sua capacidade de prototipagem rápida, mas também como uma ferramenta educacional relevante, permitindo a criação de modelos físicos de baixo custo que facilitam o aprendizado por meio da observação e da interação.

Estudos recentes têm explorado o desenvolvimento de materiais didáticos alternativos para o ensino de conceitos da mecânica dos solos. Ribeiro e Dantas (2021), por exemplo, apresentaram um dispositivo didático de baixo custo para o ensino do fenômeno de permeabilidade dos solos. De forma semelhante, Almeida (2025) investigou a utilização da impressão 3D na fabricação de geogrelhas aplicadas ao reforço de pavimentos. Além disso, iniciativas voltadas à inclusão educacional, como as discutidas por Silva (2023), destacam a importância de tornar o conhecimento geocientífico mais acessível por meio de recursos visuais e táteis.

Nesse contexto, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de modelos didáticos tridimensionais voltados ao ensino da Geotecnia, utilizando ferramentas de modelagem digital e tecnologias de impressão 3D. Foram desenvolvidos três modelos: o modelo de ruptura de Terzaghi, o modelo de estabilidade de talude pelo método de Bishop e o modelo de estabilidade de talude pelo método de Fellenius. Esses modelos foram elaborados no software Autodesk Fusion 360 com o objetivo de serem posteriormente fabricados por impressão 3D e utilizados em atividades didáticas no ensino superior.

A criação desses modelos tem como objetivo aproximar o estudante da realidade prática da Geotecnia, permitindo visualizar de forma concreta os conceitos que fundamentam os cálculos e análises realizados em sala de aula. Além de favorecer o processo de aprendizagem, a proposta contribui para democratizar o acesso a materiais didáticos experimentais, uma vez que os modelos podem ser reproduzidos em diferentes instituições de ensino com baixo custo e mínima infraestrutura.

Dessa forma, o trabalho busca integrar criatividade, tecnologia e ensino de engenharia, promovendo uma nova abordagem para a compreensão dos fundamentos do comportamento dos solos por meio de recursos visuais, práticos e acessíveis.

2 METODOLOGIA

O desenvolvimento dos materiais didáticos propostos neste trabalho foi realizado a partir da integração entre modelagem computacional tridimensional e prototipagem digital, com foco na representação visual de fenômenos geotécnicos relevantes para o ensino da Engenharia Civil.

Inicialmente, foram definidos os temas geotécnicos com maior potencial didático e aplicação nas disciplinas de Mecânica dos Solos e Fundações. A seleção considerou conceitos fundamentais frequentemente abordados na formação do engenheiro civil, tais como a ruptura do solo sob fundações rasas e a estabilidade de taludes.

Com base em referências teóricas clássicas da geotecnia, como Terzaghi e Peck (1996) e Das (2019), foram desenvolvidos três modelos didáticos tridimensionais: o modelo de ruptura de Terzaghi, o modelo de estabilidade de talude pelo método de Bishop e o modelo de estabilidade de talude pelo método de Fellenius. Esses modelos buscam representar, de forma simplificada e visual, os princípios mecânicos envolvidos nos fenômenos analisados.

A modelagem tridimensional foi realizada no software Autodesk Fusion 360, permitindo a construção precisa da geometria dos modelos e a organização dos elementos que representam as diferentes partes dos fenômenos geotécnicos. Durante o processo de modelagem, buscou-se manter um equilíbrio entre fidelidade

técnica e simplicidade visual, de modo que os modelos pudessem ser facilmente compreendidos por estudantes de graduação.

Após a etapa de modelagem, os protótipos digitais foram fabricados por meio de impressão 3D utilizando a tecnologia FDM (Fused Deposition Modeling). Para isso, os modelos foram dimensionados considerando parâmetros adequados de impressão, como espessura das paredes, escala geométrica e resistência estrutural das peças.

O material utilizado na fabricação foi o filamento PLA (ácido polilático), devido ao seu baixo custo, facilidade de impressão e menor impacto ambiental.

Cada modelo foi projetado com componentes móveis ou desmontáveis, permitindo que os estudantes possam manipular as peças durante atividades em sala de aula ou laboratório. Essa característica possibilita observar de forma dinâmica aspectos como superfícies de ruptura, divisão em fatias nos métodos de estabilidade de taludes e distribuição das forças atuantes.

O processo de desenvolvimento dos modelos foi dividido em três etapas principais:

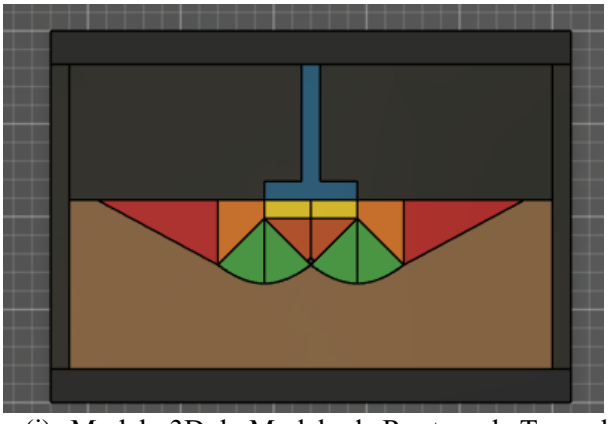
1. Modelagem conceitual: elaboração da geometria tridimensional representativa dos fenômenos geotécnicos estudados.
2. Validação didática: análise dos modelos por docentes da área de Geotecnia, garantindo que as representações estejam de acordo com os conceitos teóricos.
3. Impressão e validação física: fabricação dos modelos por impressão 3D, seguida da verificação dimensional e funcional das peças produzidas.

Essa metodologia segue a linha de pesquisa voltada ao desenvolvimento de materiais didáticos alternativos de baixo custo, buscando integrar inovação tecnológica, aplicabilidade prática e melhoria no processo de ensino-aprendizagem no ensino superior em Engenharia Civil.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os modelos tridimensionais desenvolvidos apresentaram elevado potencial didático e versatilidade de aplicação em disciplinas como Mecânica dos Solos, Fundações e Estabilidade de Taludes. A utilização de modelos físicos permite transformar conceitos abstratos da geotecnia em representações visuais e manipuláveis, facilitando a compreensão dos fenômenos mecânicos envolvidos no comportamento dos solos.

O modelo de ruptura de Terzaghi possibilita visualizar as superfícies de ruptura associadas a fundações rasas, contribuindo para o entendimento do conceito de capacidade de carga do solo e das condições de colapso.



(i) Modelo 3D do Modelo de Ruptura de Terzaghi.

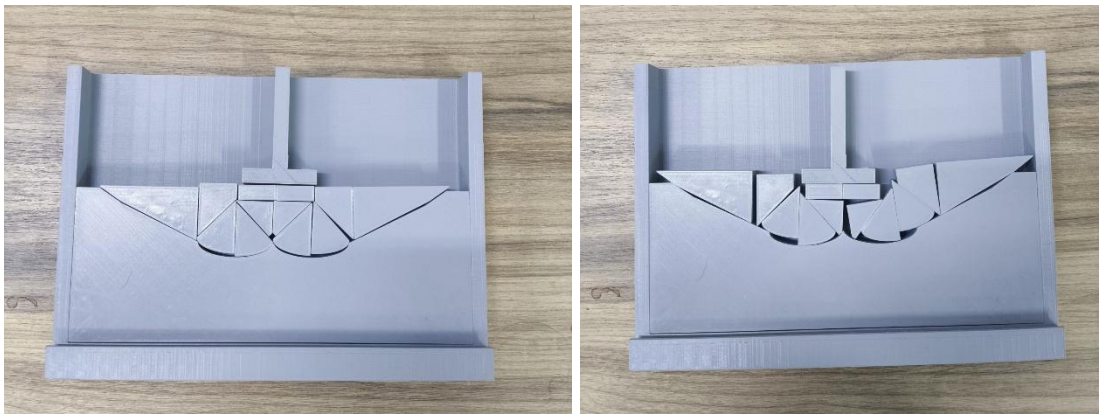


Figura 1. Modelo de Ruptura de Terzaghi impresso e testado (280 mm x 200 mm x 25 mm).

A representação tridimensional permite discutir, de forma didática, os diferentes mecanismos de ruptura, ruptura geral, ruptura local e ruptura por punção tornando o aprendizado mais intuitivo e aproximando os estudantes da interpretação física dos fenômenos descritos teoricamente.

O modelo de estabilidade de talude pelo método de Bishop permite visualizar o equilíbrio das fatias considerando a interação entre as forças normais e de cisalhamento atuantes em cada segmento do talude. O modelo representa graficamente as forças envolvidas no sistema, bem como o processo iterativo utilizado para a determinação do fator de segurança. Dessa forma, possibilita ao estudante compreender de maneira prática um dos métodos mais utilizados e precisos na análise de estabilidade de taludes, fortalecendo a relação entre os conceitos teóricos e sua aplicação na engenharia geotécnica.

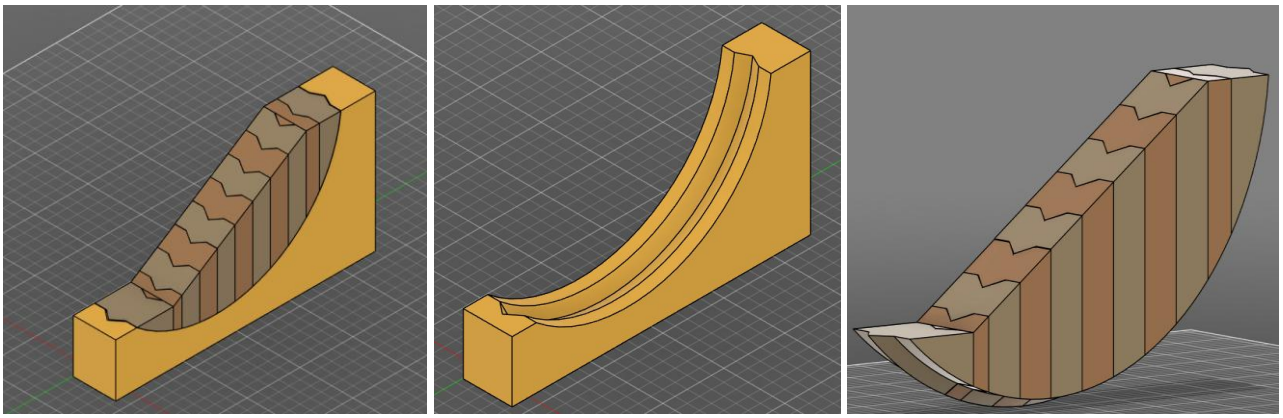


Figura 2. Modelo 3D de estabilidade de Talude pelo método de Bishop.

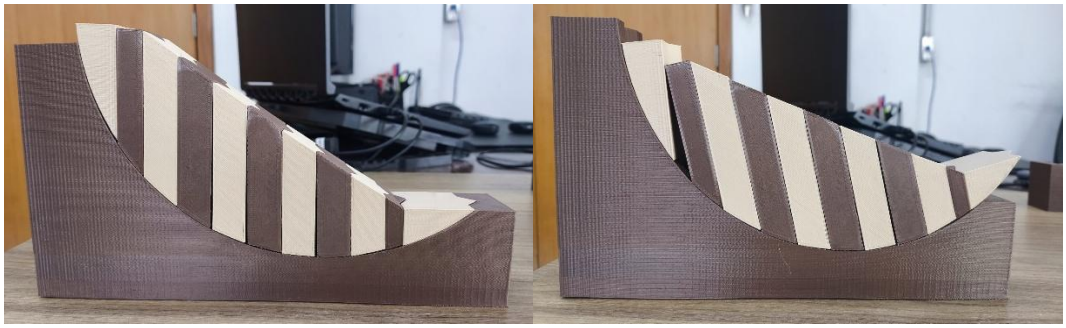


Figura 3. Modelo Impresso de estabilidade de talude pelo método de Bishop (245 mm x 131 mm x 40 mm).

Já o modelo de estabilidade de talude pelo método de Fellenius demonstra o conceito de equilíbrio de fatias, representando graficamente as forças atuantes, o momento resistente e o cálculo do fator de segurança. Por apresentar uma formulação mais simplificada, esse método é amplamente utilizado para introdução ao estudo da estabilidade de taludes. A visualização física do modelo permite compreender de forma mais clara a distribuição das forças atuantes nas fatias e o papel das resistências mobilizadas ao longo da superfície de ruptura.

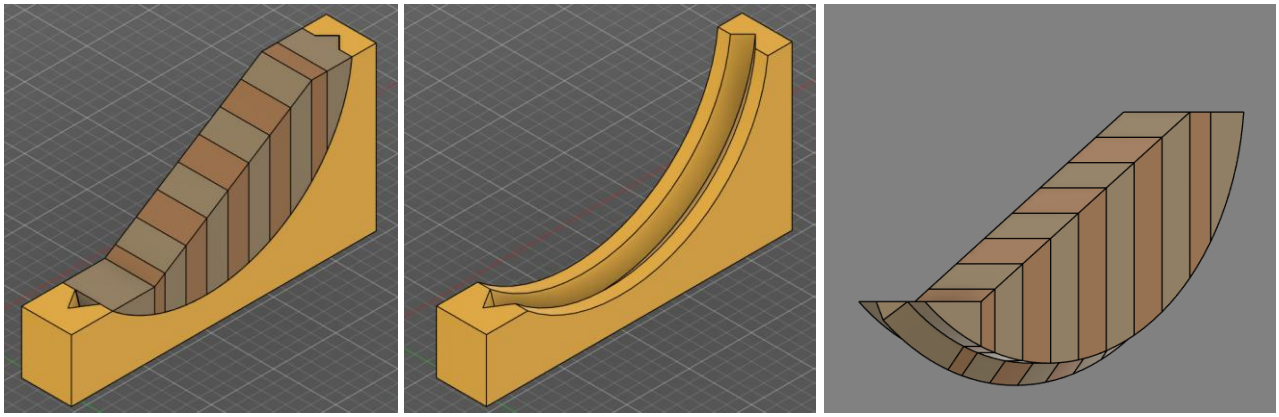


Figura 4. Modelo 3D de estabilidade de taludes pelo método de Fellenius.

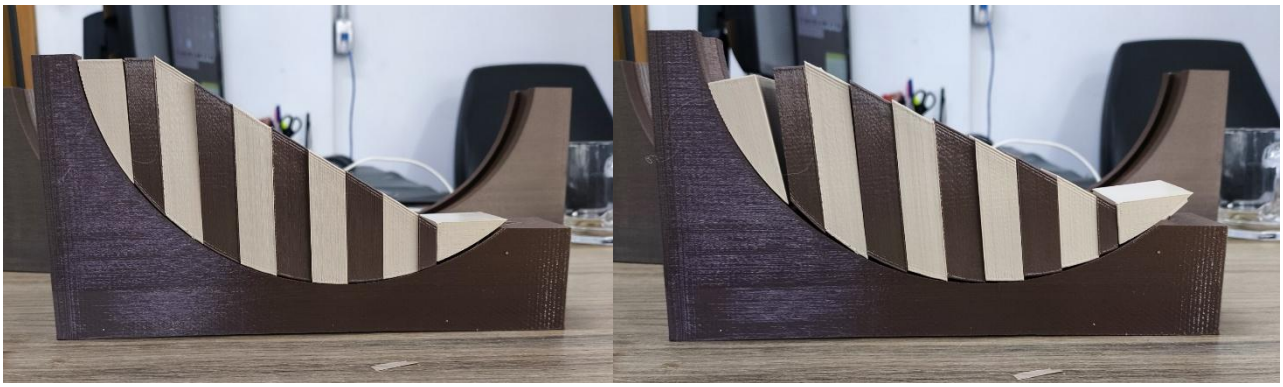


Figura 5. Modelo Impresso de estabilidade de talude pelo método de Fellenius (245 mm x 131 mm x 40 mm).

A utilização conjunta dos modelos baseados nos métodos de Bishop e Fellenius também permite discutir, em ambiente didático, as diferenças conceituais entre os métodos de análise de estabilidade. Enquanto o método de Fellenius considera simplificações no equilíbrio das forças entre as fatias, o método de Bishop incorpora de forma mais rigorosa a interação entre as forças normais e de cisalhamento, resultando em estimativas mais precisas do fator de segurança.

Além da contribuição didática, os resultados evidenciam a viabilidade da impressão 3D como ferramenta educacional no ensino da geotecnia. Os arquivos digitais desenvolvidos podem ser facilmente replicados por outras instituições de ensino, reduzindo custos e ampliando o acesso a recursos laboratoriais. Essa possibilidade fortalece o caráter inclusivo da proposta, alinhando-se às Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs), que incentivam o uso de metodologias ativas, criatividade e inovação tecnológica na formação em engenharia.

4 CONCLUSÕES

O desenvolvimento de materiais didáticos tridimensionais para o ensino da Geotecnia mostrou-se uma alternativa viável, criativa e eficaz para aprimorar o processo de ensino-aprendizagem. A utilização de ferramentas de modelagem digital, como o Autodesk Fusion 360, associada à fabricação por impressão 3D, possibilitou transformar conceitos geotécnicos abstratos em representações físicas que estimulam o raciocínio visual e a compreensão técnica dos fenômenos relacionados ao comportamento dos solos.

Os modelos desenvolvidos — ruptura de Terzaghi, estabilidade de taludes pelo método de Bishop e estabilidade de taludes pelo método de Fellenius — demonstraram potencial para aplicação em aulas teóricas, atividades práticas e ações de extensão universitária. A utilização desses recursos didáticos favorece a integração entre teoria e prática, permitindo que os estudantes compreendam de forma mais intuitiva conceitos fundamentais da mecânica dos solos.

Além do impacto pedagógico, o projeto destaca a importância da utilização de tecnologias acessíveis no desenvolvimento de materiais didáticos, especialmente em instituições públicas que enfrentam limitações de infraestrutura laboratorial. A possibilidade de reprodução dos modelos em diferentes instituições, utilizando equipamentos de baixo custo, contribui para ampliar o acesso a recursos experimentais no ensino da engenharia civil.

Dessa forma, a proposta apresentada contribui para a modernização das estratégias de ensino em Geotecnia, incentivando o uso de tecnologias digitais e metodologias ativas de aprendizagem na formação de engenheiros civis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, D.D. (2025) *Análise do comportamento mecânico de solo reforçado com geogrelhas fabricadas por impressão 3D para potencial aplicação em pavimentos*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil.

Bishop, A.W. (1955) *The use of the slip circle in the stability analysis of slopes*. Géotechnique, 5(1), p. 7-17.

Caputo, H.P. (2011) *Mecânica dos Solos e Suas Aplicações*. 6ª ed., LTC, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Das, B.M. (2019) *Fundamentos de Engenharia Geotécnica*. 8ª ed., Cengage Learning, São Paulo, SP, Brasil.

Gomes, R.C. (2022) *Metodologias de ensino para Mecânica dos Solos e Geotecnia – visão tradicional e contemporânea: estudo de caso a partir de uma pesquisa exploratória*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, RJ, Brasil.

Ribeiro, L.F.S., Dantas, A.A.N. (2021) Desenvolvimento de dispositivo didático alternativo de baixo custo para o ensino do fenômeno de permeabilidade. *Revista de Ensino de Engenharia*, 40, p. 202-208.

Silva, V.C.S. (2023) *Inclusão na educação aplicada ao ensino de geociências e geografia para deficientes visuais no ensino superior*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, Brasil.

Terzaghi, K., Peck, R.B. (1996) *Soil Mechanics in Engineering Practice*. 3rd ed., John Wiley & Sons, New York, NY, USA.

Velloso, D.A., Lopes, F.R. (2010) *Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo e exemplos de cálculo*. 2ª ed., Oficina de Textos, São Paulo, SP, Brasil.

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/7

Desenvolvimento de Vídeos Educativos Relacionados à Reutilização de Resíduos em Sistema de Cobertura de Aterro Sanitário

Gabriela Barbosa Ferreira
Graduanda, Instituto de Estudos Socioambientais/UFG, Goiânia, Brasil,
gabrielabarbosa2@discente.ufg.br

Andrelisa Santos de Jesus
Docente, Instituto de Estudos Socioambientais/UFG, Goiânia, Brasil, andrelisajesus@ufg.br

Márcia Maria dos Anjos Mascarenha
Professora, Escola de Engenharia Civil e Ambiental/UFG, Goiânia, Brasil,
marciamascarenha@ufg.br

RESUMO: Estratégias de divulgação científica em formatos acessíveis tornam-se essenciais para ampliar o alcance do conhecimento produzido na universidade. Entre essas estratégias, os conteúdos audiovisuais destacam-se por sua capacidade de síntese, atratividade e potencial de engajamento de públicos não especializados. Este trabalho teve como objetivo desenvolver e divulgar vídeos educativos sobre aterros sanitários e a reutilização de resíduos, a partir de pesquisas vinculadas ao projeto "Avaliação da influência da adição de materiais alternativos nos parâmetros geotécnicos de um solo empregado como camada de cobertura de um aterro de resíduos sólidos". Foram planejados e produzidos três vídeos com linguagem simples e acessível, abordando a importância do descarte adequado de resíduos e o potencial de uso de materiais alternativos em camadas de cobertura de aterros sanitários. Os materiais foram divulgados no Instagram, visando ampliar o alcance junto à sociedade em geral. Os resultados iniciais indicam bom desempenho em termos de visualizações e interações, sugerindo que o uso de vídeos educativos constitui uma ferramenta eficaz para a divulgação científica e para a sensibilização ambiental. Conclui-se que a produção audiovisual apresenta potencial relevante como instrumento complementar na educação ambiental e na aproximação entre universidade e sociedade.

PALAVRAS-CHAVE: Aterros Sanitários, Resíduos Sólidos, Educação Ambiental, Divulgação Científica, Materiais Didáticos.

ABSTRACT: Scientific dissemination strategies in accessible formats are essential to broaden the reach of knowledge produced at universities. Among these strategies, audiovisual content stands out due to its capacity for synthesis, attractiveness, and potential to engage non-specialized audiences. This study aims to develop and disseminate educational videos about sanitary landfills and waste reuse, based on research linked to the project "Evaluation of the influence of adding alternative materials on the geotechnical parameters of a soil used as a landfill cover layer". Three videos were planned and produced using simple and accessible language, addressing the importance of proper waste disposal and the potential of alternative materials in landfill cover layers. The materials were disseminated through social media, especially Instagram, in order to

broaden their reach to society in general. The initial results indicate good performance in terms of views and interactions, suggesting that educational videos constitute an effective tool for scientific dissemination and environmental awareness. It is concluded that audiovisual production has relevant potential as a complementary instrument in environmental education and in strengthening the relationship between universities and society.

KEYWORDS: Sanitary Landfills, Solid Waste, Environmental Education, Scientific Dissemination, Educational Materials.

1. INTRODUÇÃO

Os aterros sanitários constituem a principal alternativa técnica para a disposição final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos urbanos, uma vez que são projetados para minimizar impactos ambientais e riscos à saúde humana (Medeiros, 2023). Entretanto, a existência dessa infraestrutura, por si só, não é suficiente para resolver os problemas associados à gestão de resíduos, especialmente quando há deficiências na informação e na conscientização da sociedade acerca da importância do descarte correto e das possibilidades de reutilização de materiais (Pereira e Maia, 2012). Inserido nesse cenário, o projeto "Avaliação da influência da adição de materiais alternativos nos parâmetros geotécnicos de um solo empregado como camada de cobertura de um aterro de resíduos sólidos", objetiva investigar a viabilidade técnica do uso de materiais alternativos, como resíduos da construção civil e lodo de estação de tratamento de água em camadas de cobertura de aterros sanitários, buscando soluções que aliem desempenho geotécnico e sustentabilidade ambiental.

Nesse contexto, a educação ambiental e a divulgação científica assumem papel estratégico, ao promoverem a compreensão dos problemas ambientais e estimularem mudanças de comportamento (Brasil, 1999). O uso de materiais didáticos e recursos audiovisuais no processo educativo tem se mostrado uma alternativa eficaz para ampliar o alcance das informações e facilitar a assimilação de conteúdos técnicos por públicos não especializados (Hempe e Noguera, 2012). Modelos educacionais que incorporam mídias digitais permitem maior dinamismo na apresentação de conceitos e favorecem a aproximação entre ciência e sociedade (Borba e Oechsler, 2018) e amplia as possibilidades de comunicação científica em formatos e linguagem mais dinâmicos e acessíveis. que dialoguem com o público leigo (Gomes, 2021; Lorenzetti e Delizoicov (2001).

Os vídeos didáticos constituem um recurso amplamente utilizado no contexto educacional, por possibilitarem a combinação de elementos visuais e sonoros na apresentação de conteúdos (Amaral, 2013). Além disso, a popularização de plataformas digitais voltadas ao compartilhamento de vídeos tem ampliado o potencial de alcance desses materiais, permitindo que conteúdos educativos atinjam públicos diversos (Gomes, 2021). Dessa forma, a produção de vídeos educativos sobre temas ambientais representa uma estratégia promissora para a divulgação científica e para o fortalecimento da educação ambiental (Cosmo et al., 2024).

Diante desse panorama, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver vídeos educativos sobre aterros sanitários e a reutilização de resíduos, bem como divulgar esses materiais por meio de redes sociais, analisando o engajamento gerado pelas publicações.

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho baseou-se na produção e divulgação de vídeos educativos relacionados a aterros sanitários e à reutilização de resíduos. Foram planejados três vídeos: (I) apresentação do projeto e da equipe envolvida; (II) apresentação da pesquisa sobre a influência da adição de lodo de estação de tratamento de água nos parâmetros geotécnicos de solos empregados em camadas de cobertura de aterros; e (III) apresentação do estudo sobre o uso de misturas de solo com resíduo da construção civil em camadas de cobertura de aterros sanitários.

A elaboração dos vídeos envolveu a definição das temáticas, a construção de roteiros com linguagem acessível e a utilização de ferramentas digitais de edição, como Canva e CapCut, para a produção dos materiais audiovisuais. Após finalizados, os vídeos foram divulgados no Instagram @saberessobresolos e @geotecniaufg, perfis institucionais relacionados à área de educação e solos, visando ampliar o alcance do público. Para a análise dos resultados, foram considerados indicadores de engajamento disponibilizados pela própria plataforma, como número de visualizações, alcance e interações, de modo a avaliar o desempenho inicial dos materiais produzidos. As informações sobre os vídeos postados constam na Tabela 1.

Tabela 1. Informações sobre as postagens dos vídeos.

Video	Título	Data de postagem	Dia da semana	Intervalo
1	Apresentação do projeto e da equipe	08/08/2025	Sexta-feira	104 dias
2	Lodo de estação de tratamento de água	26/11/2025	Quinta-feira	89 dias
3	Resíduo de construção e demolição reciclado	17/02/2026	Terça-feira	193 as

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados iniciais dos vídeos postados no perfil @saberessobresolos e @geotecniaufg são apresentados na Tabela 02 e indicam que vídeos curtos constituem uma ferramenta eficiente para a divulgação de conteúdos técnico-científicos em plataformas digitais.

Tabela 2. Dados de engajamento dos vídeos.

Vídeo	Vizualizações	Curtidas	Comentários	Compartilhamento	Salvos	Republicados
1	1.298	61	3	5	1	4
2	634	36	2	4	1	1
3	603	36	9	22	2	1

Embora o primeiro vídeo tenha apresentado maior alcance absoluto, observa-se que os vídeos subsequentes mantiveram níveis relevantes de engajamento proporcional, especialmente no que se refere a comentários, compartilhamentos e salvamentos, métricas associadas a maior envolvimento do público com o conteúdo. Destaca-se, em particular, o terceiro vídeo, que, mesmo

com menor número de visualizações, apresentou quantidade significativamente superior de comentários (9) e compartilhamentos (22), o que sugere maior potencial de circulação orgânica e interação ativa com o tema abordado, relacionado ao reaproveitamento de resíduos da construção civil. Outro aspecto relevante refere-se ao alcance para além da base de seguidores do perfil. No primeiro vídeo, 42,8% das visualizações foram provenientes de usuários que não seguiam o perfil; no segundo, esse percentual foi de 39%. Considerando que o perfil possuía menos de 2 mil seguidores no período analisado, esse resultado indica que o conteúdo extrapolou o público já fidelizado, evidenciando potencial de crescimento orgânico e de ampliação do alcance da divulgação científica. Esse tipo de alcance é particularmente importante para iniciativas de extensão e comunicação pública da ciência, pois amplia o contato com públicos não especializados. Os dados iniciais indicam predominância de público feminino nas visualizações, o que pode estar relacionado tanto ao perfil demográfico da plataforma quanto a padrões de maior interesse por temas ambientais observados em estudos recentes. No entanto, por se tratar de um conjunto amostral reduzido, essa tendência deve ser acompanhada em publicações futuras.

O primeiro vídeo teve como objetivo apresentar o projeto e a equipe responsável pela pesquisa, funcionando como porta de entrada para o perfil e para a temática trabalhada. O desempenho satisfatório em termos de visualizações e interações sugere que conteúdos introdutórios cumprem papel relevante na captação inicial de interesse. O segundo vídeo, voltado ao tema do lodo de estação de tratamento de água, manteve padrões semelhantes de engajamento proporcional, indicando que conteúdos mais técnicos também despertam interesse quando apresentados em linguagem acessível. Já o terceiro vídeo, sobre resíduos da construção e demolição reciclados, apresentou maior número de interações ativas, o que pode estar associado à maior proximidade do tema com o cotidiano da população e à relevância prática do assunto.

De modo geral, os indicadores analisados apontam que a estratégia de utilização de vídeos curtos e linguagem acessível contribuiu para o engajamento do público, reforçando a pertinência do uso de recursos audiovisuais na comunicação de temas técnicos relacionados à geotecnia e à gestão de resíduos sólidos. Além disso, métricas como compartilhamentos e salvamentos revelam que o público não apenas consome o conteúdo, mas o considera útil o suficiente para difusão e consulta posterior, fortalecendo o papel dos vídeos como instrumentos de divulgação científica e aproximação entre pesquisadores, estudantes e profissionais da área.

4. CONCLUSÕES

A divulgação científica sobre temas ambientais contribui para tornar acessíveis conteúdos que normalmente permanecem restritos ao meio acadêmico, favorecendo escolhas mais conscientes no cotidiano, como a separação e a destinação adequada de resíduos. Conteúdos simples e bem explicados também ajudam a combater a desinformação e a aproximar a sociedade de discussões que impactam diretamente a saúde, o solo, a água e o bem-estar coletivo. Por fim, os resultados obtidos até o momento sustentam a viabilidade da proposta: vídeos educativos em redes sociais mostram potencial para ampliar o alcance da informação ambiental e fortalecer a aproximação entre conhecimento técnico e sociedade.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG/GO) pelo apoio recebido por meio do projeto de pesquisa, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de iniciação científica da primeira autora e da bolsa de produtividade em pesquisa da coautora M.M.A. Mascarenha (Processo: 304529/2025-7), ao Laboratório de Geotecnia e o Centro de Estudo em Hidrológia e Geotecnica Ambiental da Universidade Federal de Goiás (UFG) pela infraestrutura e apoio técnico disponibilizados para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amaral, R. B (2013). Vídeo na sala de aula de matemática: que possibilidades? *Educação Matemática em Revista*, 40, 38–47.

Borba, M., Oechsler, V. (2018). Tecnologias na educação: o uso dos vídeos em sala de aula. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 11 (2).

Brasil (1999). Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Institui a Política Nacional de Educação Ambiental. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 28 abr. 1999. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm.

Cosmo, C.F.A., Jesus, A.S.,Sales, M.M., Luz, M.P., Mascarenha, M.M.A. (2024). Educational videos on erosion disseminated through social media for soil education. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 48,1-19. https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20230166.

Gomes, A. (2021). Uso de mídias sociais para fins educacionais. *InterAção: Revista Científica da UFG*. Disponível em: https://revistas.ufg.br/interacao/article/view/75423/43079.

Hempe, C.,Noguera, J. O. C. (2012). A educação ambiental e os resíduos sólidos urbanos. *Revista Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET*, 7 (1), p. 34–47. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/reget/article/download/4117/2798.

Lorenzetti, L., Delizoicov, D. (2001). Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. *Ensaio: Pesquisa e Educação em Ciências*, 3 (1), p. 37–54. Disponível em: http://educa.fcc.org.br/pdf/epec/v3n1/1983-2117-epec-3-1-00037.pdf.

Medeiros, R. (2023). Aterro sanitário. *Portal de Educação Ambiental*. Disponível em: https://www.portaldeeducacaoambiental.com/aterro-sanitario. Acesso em: 25 fev. 2026.

Pereira, A. L., Maia, K. M. P. (2012). A contribuição da gestão de resíduos sólidos e educação ambiental. *Sinapse Múltipla*, 1 (2), p. 68–80. Disponível em: https://periodicos.pucminas.br/sinapsemultipla/article/view/4178/5011

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/8

Diversidade como Vetor de Inovação e Produção Científica: Uma Iniciativa do Laboratório de Geofísica Aplicada da UFV

Philipe Augusto Martins Rodrigues
Estudante, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil, philipe.rodrigues@ufv.br

Cibele Cláuver
Professora, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil, cibele.clauver@ufv.br

RESUMO: A inovação nas Engenharias é determinante para o avanço tecnológico e consequentemente para o desenvolvimento socioeconômico do páis; porém, modelos tradicionais de grupos de pesquisa baseados em equipes homogêneas têm sido progressivamente questionados quanto à sua efetividade. No âmbito das Geoengenharias, especialmente na Engenharia Civil, ainda são pouco discutidos aspectos relacionados ao acesso, à permanência e à participação efetiva de estudantes pertencentes a grupos minoritários em espaços de produção científica. Este artigo analisa portanto, o Laboratório de Geofísica Aplicada (LGA) da Universidade Federal de Viçosa como estudo de caso, destacando suas práticas voltadas à promoção da diversidade e à integração entre ensino, pesquisa e cooperação com o setor produtivo. Os resultados evidenciam que a diversidade, além de um compromisso ético e social, constitui fator estratégico para o fortalecimento da produção científica nacional, favorecendo ambientes mais colaborativos, criativos e inovadores. Conclui-se que iniciativas como as desenvolvidas pelo LGA podem orientar a construção de uma cultura acadêmica mais equitativa nas Geoengenharias brasileiras, com impactos positivos na qualidade, relevância e sensibilidade social das pesquisas produzidas.

PALAVRAS-CHAVE: : Diversidade, Produção Científica, Engenharia Civil, Inclusão, Estudo de Caso.

ABSTRACT: Innovation in Engineering is crucial for technological advancement and, consequently, for socioeconomic development. However, traditional research group models based on homogeneous teams have been increasingly questioned regarding their effectiveness. In the field of Geoengineering, particularly in Civil Engineering, issues related to access, retention, and effective participation of students from minority groups in scientific production spaces remain insufficiently explored. This article analyzes the Applied Geophysics Laboratory (LGA) at the Federal University of Viçosa as a case study, highlighting its practices aimed at promoting diversity and integrating teaching, research, and collaboration with the productive sector. The results demonstrate that diversity, beyond being an ethical and social commitment, is a strategic factor in strengthening national scientific production by fostering more collaborative, creative, and innovative environments. It is concluded that initiatives such as those developed by the LGA can guide the development of a more equitable academic culture in Brazilian Geoengineering, with positive impacts on the quality, relevance, and social awareness of the research produced.

KEYWORDS: Diversity; Scientific Production; Civil Engineering; Inclusion; Case Study.

1 INTRODUÇÃO

As inovações produzidas pelas Engenharias são cruciais para o avanço tecnológico, o crescimento econômico e o progresso da humanidade. Entretanto, as abordagens tradicionais de inovação, frequentemente baseadas em equipes homogêneas, compostas por indivíduos com características semelhantes de gênero, raça e orientação sexual, têm sido crescentemente questionadas. No contexto das Geoengenharias, em particular na Engenharia Civil, conceitos como acesso, permanência e efetiva participação de estudantes de grupos minoritários são aspectos que permanecem pouco explorados. De acordo com dados do Censo da Educação Superior, entre os estudantes matriculados em cursos de graduação presenciais de universidades públicas brasileiras em 2024, 54,4% eram mulheres. Do total de estudantes matriculados, 50% deles se autodeclararam pretos, pardos ou indígenas (PPI), o que revela uma relativa equidade racial na composição discente do ensino superior público daquele ano, bem como, uma leve predominância feminina.

No caso da Universidade Federal de Viçosa (UFV), os dados apontaram proporções semelhantes, 51,7% de mulheres entre os matriculados, sendo 49,2% autodeclarados PPI. Esses números indicam uma composição de gênero próxima à média nacional e uma distribuição racial equilibrada na universidade. Entretanto, ao analisar especificamente o curso de Engenharia Civil da UFV, verifica-se um afunilamento das proporções de gênero, com apenas 40,9% de mulheres. Embora o percentual de matriculados no curso autodeclarados PPI (50,5%) ainda seja semelhante ao observado na média nacional. Através de informações contidas no Plano de Dados Abertos (PDA) da UFV, percebe-se que essa assimetria nas proporções de gênero se reflete também na produção científica do departamento, no qual sempre se verificou a predominância de autores masculinos. Diante desse cenário, o presente estudo se propôs a explorar a relação entre diversidade e produção científica na Engenharia Civil da UFV, com o objetivo de discutir como grupos de pesquisa inclusivos podem potencializar o avanço tecnológico e científico na área.

Nesse contexto, o Laboratório de Geofísica Aplicada (LGA) da UFV foi selecionado como estudo de caso por sua atuação na promoção da diversidade e na integração entre ensino, pesquisa e cooperação com o setor produtivo. Os resultados obtidos indicam que a promoção da diversidade não deve ser compreendida apenas como um compromisso ético e social, mas como um componente essencial para o fortalecimento da produção científica nacional. Iniciativas como as desenvolvidas pelo LGA podem servir de modelo para a consolidação de uma cultura acadêmica mais equitativa na Geoengenharia brasileira, estimulando a geração de pesquisas mais produtivas, criativas e sensíveis às realidades sociais do país.

2 METODOLOGIA

A presente pesquisa fundamenta-se na análise de dados provenientes de bases públicas oficiais, para isso, foram utilizados os microdados do Painel Estatístico do Censo da Educação Superior de 2024, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), com o objetivo de caracterizar o panorama nacional do ensino superior, especialmente no que se refere à distribuição de gênero nos cursos de Engenharia. Complementarmente, foram consultados dados institucionais oriundos do Plano de Dados Abertos (PDA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), documento que orienta a política de transparência e disponibilização de informações acadêmicas, possibilitando a compreensão, reutilização e análise dos dados produzidos pela instituição. A partir desses conjuntos de dados, realizou-se uma análise em diferentes escalas: (i) nacional, considerando o contexto dos cursos superiores do Brasil; (ii) institucional, no âmbito da UFV; e (iii) local, com foco específico no curso de Engenharia Civil.

Essa abordagem permitiu uma leitura macro e micro da pluralidade, com ênfase na dimensão de gênero, nos espaços universitários de formação e produção científica. Com base nesse diagnóstico, procedeu-se à análise qualitativa do Laboratório de Geofísica Aplicada (LGA) como estudo de caso. Foram examinadas suas práticas de organização interna, critérios de ingresso de membros, estratégias de integração entre ensino, pesquisa e extensão, bem como suas parcerias com o setor produtivo. Observou-se que o LGA adota, de forma intencional, uma postura inclusiva quanto à participação de estudantes de diferentes gêneros, orientações sexuais, raças e trajetórias acadêmicas, configurando-se não apenas como um espaço de acolhimento, mas como um ambiente ativo de formação científica e valorização do potencial de pesquisadores pertencentes a

grupos minoritários do curso de Engenharia Civil. Adicionalmente, a cooperação estabelecida com instituições privadas foi analisada como um elemento que reforça o caráter aplicado das pesquisas desenvolvidas no laboratório, ao mesmo tempo em que amplia as oportunidades de inserção desses estudantes no mercado de trabalho por meio das inovações produzidas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

2.1 Evolução histórica da presença feminina nas universidades brasileiras

Durante muitos anos, a construção social da relação entre gênero resultou na estereotipação e hierarquização da posição de homens e mulheres no mercado de trabalho. Historicamente, como os homens detinham o papel de provedores, atuando na esfera produtiva, eles obtinham maior acesso à educação superior visando sua especialização e inserção no mercado de trabalho, enquanto as mulheres, geralmente, seguiam em casa cumprindo tarefas domésticas e de cuidado com a família. Dessa forma, a educação brasileira sempre foi focada nos homens, desatendendo as mulheres. Essa situação se evidenciava pelo hiato de gênero na educação, isto é, pelas diferenças sistemáticas nos níveis de escolaridade de homens e mulheres nos séculos passados.

No século XIX, surgiram as primeiras instituições de ensino básico voltadas para as mulheres, entretanto, essas eram diferentes das masculinas, pois suas diretrizes pautavam-se no fortalecimento do papel da mulher como mãe e esposa (exemplificado em cursos como o de Economia Doméstica oferecido para mulheres que iam para as universidades acompanhar seus maridos). Assim, o sistema educacional brasileiro apresentou, desde sua gênese, uma dualidade e segmentação de gênero, sobretudo devido ao crescimento de cursos que eram destinados para as mulheres e cursos que eram destinados aos homens.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a porcentagem de mulheres matriculadas nos cursos superiores entre 1907 e 1912 era inferior a 1,5% (Beltrão & Alves, 2009), expondo as barreiras sociais que dificultavam ingresso de mulheres, seja devido aos cursos oferecidos, seja devido ao preconceito da presença de mulheres nesse ambiente majoritariamente masculino. No entanto, com passar do século XX, as mulheres foram ganhando espaço no cenário educacional brasileiro através de leis e transformações sociais geradas no país, por diversos motivos. Atualmente, apesar das mulheres serem a maioria dos estudantes nas universidades, nota-se que uma parte considerável delas concentra-se em cursos relacionados às atividades de cuidado e educação como Pedagogia, Enfermagem e Psicologia, o que reflete de forma sutil seu papel ainda estereotipado na sociedade.

2.2 Panorama da distribuição de gênero na Engenharia Civil brasileira e o recorte institucional da UFV

No Brasil, os dados mais recentes do Censo da Educação Superior, divulgados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), corroboram a persistente sub-representação feminina no curso de Engenharia Civil. A Figura 1 ilustra o fluxo de ingresso entre 2010 e 2024, considerando instituições públicas e privadas, onde se nota a disparidade numérica entre os gêneros. O censo delineia, ainda, o perfil típico do ingressante nestes cursos: homem, branco, com 18 anos, matriculado em regime integral em universidades particulares.

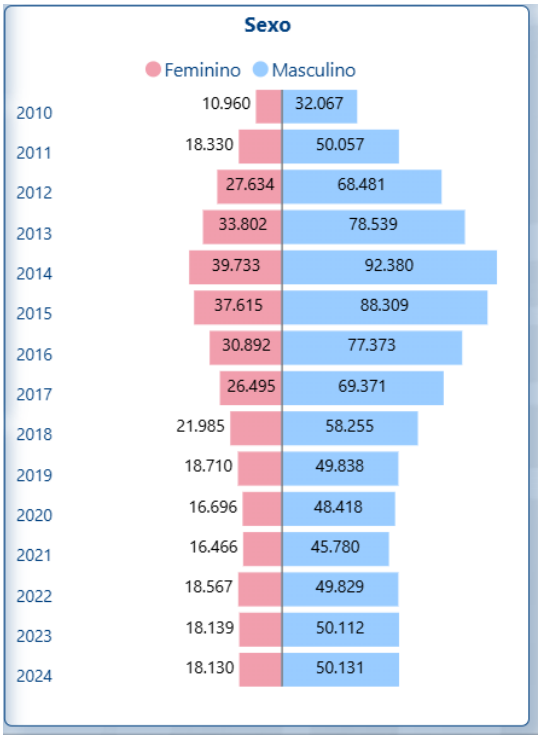


Figura 1. Distribuição por sexo de alunos matriculados nos cursos de Engenharia Civil do Brasil ao longo dos anos.

É fundamental contrastar esse cenário específico com o panorama geral do ensino superior brasileiro. Conforme o Mapa do Ensino Superior no Brasil (Instituto Semesp), baseado em dados do INEP de 2021 e 2022 (Figura 2), as mulheres constituem a maioria dos matriculados no ensino superior. O estudo aponta um crescimento de 7,4% nas matrículas femininas na rede privada entre 2021 e 2022, enquanto na rede pública o aumento foi tímido (0,6%). Já entre os homens, houve aumento de 5,5% na rede privada e retração de 0,9% na pública. Historicamente, observa-se uma estabilidade ao longo dos anos na distribuição geral, com a participação feminina superando consistentemente a masculina.

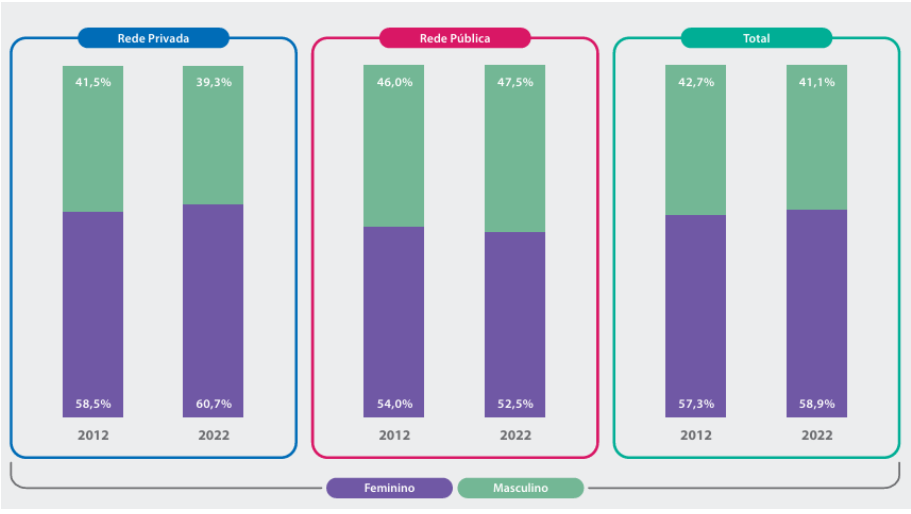


Figura 2. Distribuição por sexo de ingressantes no ensino superior brasileiro, comparativo entre 20212 e 2022.

Contudo, analisar isoladamente a predominância numérica das mulheres no ensino superior pode camuflar problemas estruturais profundos: a segregação estrutural de carreiras (para muitos ainda sim há trabalhos de homens e trabalhos de mulheres) e o da hierarquização destas carreiras (para outros os trabalhos desempenhados por homens valem mais que os trabalhos desempenhados pelas mulheres). Esses fenômenos são abordados em estudos que pautam a Divisão Sexual do Trabalho, os quais discutem a concentração de mulheres em profissões ligadas ao cuidado, relações humanas e, de alguma forma, com o universo das emoções e de homens em áreas das exatas, ligadas ao raciocínio lógico, à produção econômica, extremamente competitivas. Embora as escolhas de carreira sejam multifatoriais, estudos como o deste artigo evidenciam barreiras culturais que, embora sutis, continuam a moldar o perfil profissional da Engenharia Civil no país.

Ao analisar especificamente o curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa, verifica-se que a disparidade entre homens e mulheres observada no panorama nacional também se manifesta de forma consistente no contexto institucional. Conforme evidenciado na Figura 3, permanece predominante o perfil típico de ingressantes anteriormente descrito para o curso no Brasil. A principal diferença identificada refere-se ao recorte de cor e raça, já que enquanto no cenário nacional observa-se maior concentração de estudantes brancos nos cursos de Engenharia Civil, na UFV os ingressantes neste curso são majoritariamente autodeclarados pretos, pardos ou indígenas. Ainda assim, mantém-se a predominância do sexo masculino entre os estudantes que iniciam o curso, com idade média de aproximadamente 19 anos.

Esses dados indicam que, embora haja uma maior diversidade racial no acesso ao curso no contexto da UFV, a desigualdade de gênero permanece como uma característica marcante no perfil dos ingressantes, evidenciando que as barreiras à equidade de participação feminina nas Engenharias continuam presentes mesmo em realidades institucionais que apresentam avanços em outros aspectos da diversidade.

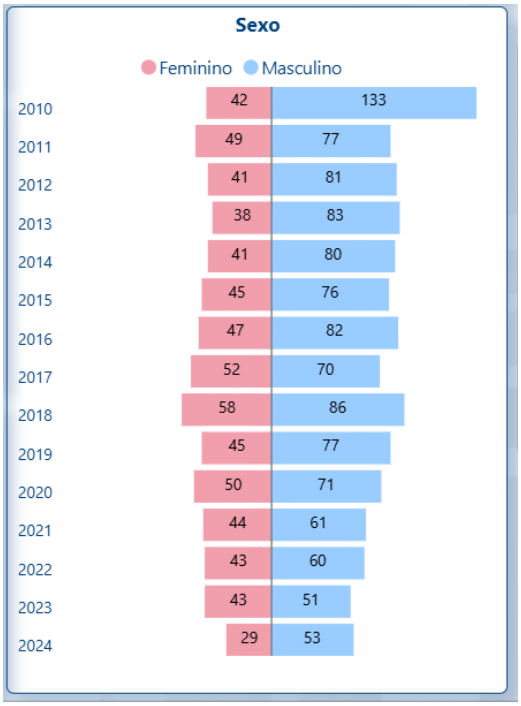


Figura 3. Distribuição por sexo de alunos matriculados nos cursos de Engenharia Civil da UFV ao longo dos anos.

2.3 Análise de gênero nas produções científicas do curso de Engeharia Civi lda UFV

A análise dos dados disponibilizados pelo Plano de Dados Abertos da Universidade Federal de Viçosa evidencia um panorama relevante acerca da participação feminina na produção científica institucional. A exemplo do ano de 2025, foram registradas 144 produções científicas, abrangendo diferentes modalidades de publicação, tais como artigos em periódicos nacionais e internacionais, trabalhos completos publicados em

anais de congressos, bem como capítulos de livros editados no Brasil e no exterior. Ao examinar a composição das autorias dessas produções, observa-se que a maior parte dos trabalhos conta com a presença de pelo menos uma mulher entre os autores, demonstrando uma participação feminina expressiva nos processos de geração e disseminação do conhecimento científico. Esse cenário representa uma mudança significativa quando comparado a períodos anteriores, como a década de 1970 e mesmo os primeiros anos dos anos 2000, nos quais a presença de mulheres nas publicações acadêmicas do curso era consideravelmente mais restrita e, em muitos anos, inexistente.

A observação desses dados permite identificar um movimento progressivo de ampliação da inserção feminina nos espaços de pesquisa e publicação científica dentro da universidade. Tal avanço não apenas reflete transformações sociais mais amplas relacionadas ao acesso das mulheres ao ensino superior e à carreira acadêmica, mas também evidencia uma mudança no perfil dos grupos de pesquisa e na dinâmica de produção do conhecimento. Dessa forma, constata-se que a participação feminina tem se tornado cada vez mais presente em estudos que influenciam diretamente o desenvolvimento científico, tecnológico e social, reforçando a importância da diversidade para a qualidade e a relevância das pesquisas produzidas.

2.4 Atuação do Laboratório de Geofísica Aplicada da UFV na promoção da diversidade

Diante da tendência de constituição de ambientes de pesquisa cada vez mais diversos, o Laboratório de Geofísica Aplicada (LGA) da UFV tem adotado desde sua fundação uma postura ativa na promoção da inclusão em seu corpo de membros. O laboratório integra estudantes de graduação, mestrado e doutorado, priorizando a participação de discentes pertencentes a grupos minoritários e incentivando, de forma especial, a presença feminina em suas atividades científicas. Vinculado ao Departamento de Engenharia Civil, o LGA desenvolve pesquisas voltadas à aplicação de métodos geofísicos nas áreas de Geotecnia e Mecânica das Rochas, resultando na produção de artigos científicos de alcance nacional e internacional. Além disso, o laboratório constitui um espaço estruturado para a realização de Trabalhos de Conclusão de Curso, projetos de Iniciação Científica, dissertações de mestrado e teses de doutorado, contribuindo diretamente para a formação acadêmica e científica de seus integrantes.

Para viabilizar a aquisição de equipamentos e a execução das pesquisas, o LGA conta com financiamento proveniente da iniciativa privada, com destaque para a parceria com a empresa Vale S.A., uma das maiores companhias de mineração do mundo, reconhecida por seu investimento em pesquisa, inovação tecnológica e cooperação com instituições de ensino e pesquisa. Essa colaboração fortalece o caráter aplicado dos estudos desenvolvidos, aproximando a produção científica das demandas reais do setor produtivo.

Ao receber o apoio de iniciativa privada, combinada a atuação de um grupo heterogêneo composto majoritariamente por representantes de minorias e com o suporte de um corpo docente altamente qualificado no Departamento de Engenharia Civil, o LGA tem se destacado cada vez mais no cenário técnico-científico. O laboratório apresenta crescimento contínuo em suas publicações e amplia, progressivamente, seus horizontes de pesquisa e de atuação profissional, sempre abrindo suas portas para aqueles que por algum motivo tiveram portas fechadas ao longo da vida graças à preconceitos enraizados pela sociedade.

4 CONCLUSÕES

Compreendendo que a inclusão ultrapassa a mera criação de espaços acessíveis aos estudantes, este estudo enfatizou que a constituição de ambientes verdadeiramente inclusivos demanda condições que favoreçam não apenas o acesso, mas também a permanência qualificada e o protagonismo dos discentes em suas trajetórias acadêmicas e científicas. Nesse contexto, o Laboratório de Geofísica Aplicada da Universidade Federal de Viçosa, apesar de ainda estar em fase inicial de consolidação, foi adotado como estudo de caso em virtude de sua atuação na promoção da diversidade e na integração entre ensino, pesquisa e cooperação com o setor produtivo. O LGA vem se estruturando como um ambiente de formação e produção científica inclusivo, reunindo estudantes de diferentes orientações sexuais, gênero e trajetórias acadêmicas, ao mesmo tempo em que mantém parcerias estratégicas, como a estabelecida com a empresa Vale. Essas colaborações têm

viabilizado o desenvolvimento de pesquisas com elevado potencial inovador nas áreas de Geotecnia e Mecânica das Rochas, evidenciando que a diversidade pode atuar como um catalisador efetivo de avanços científicos e tecnológicos.

Os resultados até então obtidos indicam que a promoção da diversidade deve ser compreendida não apenas como um compromisso ético e social, mas como um componente estratégico para o fortalecimento da produção científica nacional. Iniciativas como as desenvolvidas pelo LGA demonstram o potencial de consolidação de uma cultura acadêmica mais equitativa nas Geoengenharias brasileiras, estimulando a geração de soluções mais criativas, sustentáveis e sensíveis às realidades socioambientais do país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Painel de estatísticas do Censo da Educação Superior. 2022**. Painel interativo de dados (Power BI). Disponível em: https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMGJiMmNiNTAtOTY1OC00ZjUzLTg2OGUtMjAzYzNiYTA5YjliIiwidCI6IjI2ZjczODk3LWM4YWMtNGIxZS05NzhmLWVhNGMwNzc0MzRiZiJ9&pageName=ReportSection4036c90b8a27b5f58f54. Acesso em: 5 dez. 2025.

PESSOA, M. F.; VAZ, D. V.; BOTASSIO, D. C. **Viés de gênero na escolha profissional no Brasil**. Cadernos de Pesquisa, v. 51, e08400, 2021. Disponível em: https://publicacoes.fcc.org.br/cp/article/view/8400. Acesso em: 7 dez. 2025.

RICOLDI, A.; ARTES, A. **Mulheres no ensino superior brasileiro: espaço garantido e novos desafios**. Ex Æquo, n. 33, p. 149–161, 2016. DOI: https://doi.org/10.22355/exaequo.2016.33.10.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO (CNPq); MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI); MINISTÉRIO DAS MULHERES. **Chamada CNPq/MCTI/MMulheres nº 31/2023 – Meninas nas Ciências Exatas, Engenharias e Computação**. 2023. Edital. Disponível em: https://www.gov.br/cnpq/pt-br/doc-pdf/cnpq-mcti-mmulheres-n-31-2023-meninas-nas-ciencias-exatas-engenharias-e-computacao.pdf. Acesso em: 5 dez. 2025.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO (CNPq); MINISTÉRIO DAS MULHERES. **CNPq e Ministério das Mulheres lançam chamada "Meninas nas Ciências Exatas, Engenharias e Computação"**. 2024. Disponível em: https://www.gov.br/ibict/pt-br/central-de-conteudos/noticias/2024/marco/cnpq-e-ministerio-das-mulheres-lancam-chamada-meninas-nas-ciencias-exatas-engenharias-e-computacao. Acesso em: 1dez. 2025.

INSTITUTO SEMESP. **Mapa do Ensino Superior no Brasil: 14ª edição / 2024**. São Paulo: Semesp, 2024. Disponível em: https://www.semesp.org.br/wp-content/uploads/2024/04/mapa-do-ensino-superior-no-brasil-2024.pdf. Acesso em: 8 dez. 2025.

PESSOA DE CARVALHO, M. E. **Gênero e inclusão de jovens mulheres nas ciências exatas, nas engenharias e na computação**. 2014. Disponível em: https://www.academia.edu/93045447/G%C3%AAnero_e_Inclus%C3%A3o_De_Jovens_Mulheres_Nas_Ci%C3%AAncias_Exatas_Nas_Engenharias_e_Na_Computa%C3%A7%C3%A3o. Acesso em: 25 nov. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Trajetória da mulher na educação superior brasileira 1991–2004**. Brasília: MEC/INEP, 2006. Disponível em:

https://download.inep.gov.br/publicacoes/diversas/temas_da_educacao_superior/trajetoria_da_mulher_na_educacao_superior_brasileira_1991_2004.pdf. Acesso em: 25 nov. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Mulheres representam 59% das matrículas na educação superior. 2025.** Disponível em: https://www.gov.br/inep/pt-br/centrais-de-conteudo/noticias/institucional/mulheres-representam-59-das-matriculas-na-educacao-superior. Acesso em: 25 nov. 2025.

QUEIROZ, C. T. A. P. **Avaliação de um programa para inclusão de meninas em STEM na Paraíba – Brasil: articulação entre o Ensino Médio e o Superior**. 2018. Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/15381. Acesso em: 31 nov. 2025.

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/9

Do Desastre à Aprendizagem: Estudos de Caso como Estratégia Didática no Ensino de Geologia na Engenharia Civil

Milena Aparecida Pereira Siqueira
Discente de Engenharia Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil, milena.siqueira@estudante.ufjf.br

Letícia de Oliveira Demarques
Discente de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil, demarques.leticia@estudante.ufjf.br

Maria Eduarda da Silva Campanati
Discente de Engenharia Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil, maria.campanati@estudante.ufjf.br

Guilherme Augusto Cunha Coimbra
Discente de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil, guilhermeaugusto.coimbra@estudante.ufjf.br

Júlia Righi de Almeida
Docente de Engenharia Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil, julia.righi@ufjf.br

RESUMO: O ensino de disciplinas básicas no curso de Engenharia Civil enfrenta o desafio de despertar o interesse dos alunos em conteúdos predominantemente teóricos, sobretudo nos períodos iniciais. Este trabalho apresentou a aplicação da metodologia ativa de estudo de caso na disciplina Elementos de Geologia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). A proposta teve como objetivo ampliar o engajamento discente, desenvolver habilidades de escrita científica e aproximar teoria e prática profissional. A turma foi dividida em grupos, cada um responsável por analisar um desastre real relacionado à ausência ou insuficiência de estudos geológicos e geotécnicos: o deslizamento do Morro do Bumba (Niterói/RJ), a erosão costeira em Atafona (São João da Barra/RJ) e o rompimento da barragem de Algodões I (Cocal/PI). Os casos foram estruturados por monitores juntamente com a professora da disciplina, que acompanharam as atividades. Em ciclos quinzenais, os grupos receberam textos e questões, realizaram pesquisas orientadas e apresentaram os resultados, seguidos de debate e resolução de situação-problema. Ao final, apresentaram análise técnica e ética do caso. Formulários diagnósticos e avaliativos mensuraram os impactos da metodologia. A proposta contribuiu para o aprimoramento do ensino-aprendizagem, enfrentamento da evasão e alinhamento às Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs).

PALAVRAS-CHAVE: Metodologias Ativas, Estudo de Caso, Geologia, Formação em Engenharia Civil, Escrita Científica.

ABSTRACT: The teaching of foundational subjects in Civil Engineering faces the challenge of engaging students in predominantly theoretical content, especially in the early semesters. This study presented the application of the case study active learning methodology in the course Elements of Geology at the Federal University of Juiz de Fora (UFJF). The initiative aimed to increase student engagement, develop scientific writing skills, and bridge theoretical content with professional practice. The class was divided into groups, each responsible for analyzing a real disaster related to the absence or insufficiency of geological and geotechnical studies: the Morro do Bumba landslide (Niterói/RJ), coastal erosion in Atafona (São João da Barra/RJ), and the failure of the Algodões I dam (Cocal/PI). The cases were structured by teaching assistants, who monitored the activities. In biweekly cycles, groups received texts and guiding questions, conducted supervised research, and presented their findings, followed by discussion and the resolution of a

problem-based situation. At the end of the semester, they delivered a final technical and ethical analysis. Diagnostic and evaluative questionnaires assessed the impact of the methodology. The approach contributed to improving the teaching-learning process, addressing student dropout, and aligning with the National Curriculum Guidelines (DCNs).

KEYWORDS: Active Learning Methodologies, Case Study, Geology, Civil Engineering Education, Scientific Writing.

1 INTRODUÇÃO

Todo estudante ao ingressar no curso de Engenharia Civil deve desenvolver ao longo do tempo diversas habilidades técnicas, analíticas e críticas, que irão colaborar para a formação de um profissional que é capaz de relacionar as obras de infraestrutura, o meio ambiente e a sociedade. (Carvalho; Bandeira; Mascarenha, 2024). Nesse contexto, a Geologia apresenta-se como uma disciplina essencial dentro da grade curricular, fornecendo fundamentos para compreensão de inúmeros processos naturais que estão ligados ao comportamento das rochas e solos, e assim à estabilidade de encostas e segurança de obras e empreendimentos de engenharia. (Maciel Filho; Gandolfi, s.d.). No entanto, disciplinas básicas como Geologia geralmente são ofertadas nos períodos iniciais do curso de graduação, podendo apresentar uma tendência de ter um caráter mais teórico e mais distante da realidade profissional, o que muitas vezes dificulta a compreensão da aplicação do conteúdo na prática, levando os estudantes a uma desmotivação e à falta de engajamento nos momentos da aula (Fagundes et al., 2022).

A partir desse cenário, torna-se perceptível que existe uma certa complexidade dentro do processo educativo no ensino superior quando é necessário estabelecer uma conexão entre a teoria aprendida e a prática no campo, a qual pode interferir diretamente na motivação do aluno e na qualidade de sua aprendizagem. Os modelos de ensino utilizados comumente são focados na transmissão do conteúdo por intermédio do docente, e o discente se comporta de maneira passiva, sem participação na construção do raciocínio desenvolvido em sala de aula. Desse modo, muitos profissionais saem para o mercado de trabalho com uma grande limitação intelectual e pouca capacidade crítica (Bacich; Moran, 2018). O processo educativo precisa promover a construção ativa do saber através da problematização da própria realidade, não devendo ser apenas uma transferência direta de conhecimento sem haver alguma troca entre professor, alunos e o meio. Dessa maneira, torna-se essencial implementar estratégias que permitam que o discente seja o protagonista de sua formação, tendo autonomia suficiente para refletir e propor soluções em diversas situações dentro da sua caminhada acadêmica e profissional (Freire, 1996).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar e discutir a aplicação da metodologia ativa baseada em estudos de caso avaliando seu potencial para promover maior engajamento discente, desenvolver habilidades de escrita científica e aproximar os conteúdos teóricos da realidade profissional, bem como a percepção dos estudantes no que tange à ética e à responsabilidade profissional. A proposta alinha-se às Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs), que incentivam a adoção de metodologias inovadoras no processo de ensino-aprendizagem.

2 METODOLOGIA

2.1 Caracterização da Pesquisa

O trabalho fundamenta-se na utilização de estudos de casos reais como estratégia para proporcionar aos alunos uma metodologia ativa de aprendizagem. A pesquisa foi desenvolvida na disciplina de Elementos de Geologia, ofertada pela Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), durante o semestre letivo de 2025.3. A turma participante foi composta por 16 discentes do curso de graduação em Engenharia Civil, distribuídos em duas turmas, com 9 e 7 alunos, respectivamente. A baixa relação aluno-professor mostrou-se um fator determinante, pois, além de evidenciar a realidade da evasão no ensino superior, possibilitou a viabilização de um acompanhamento mais personalizado em colaboração com os monitores, essencial para a análise dos resultados obtidos.

Segundo Yin (2014), o estudo de caso consiste em uma investigação empírica que analisa um fenômeno contemporâneo inserido em seu contexto real, configurando-se como um método de pesquisa abrangente que permite o aprofundamento do conhecimento sobre determinado tema, além de oferecer subsídios para o desenvolvimento de novas investigações na mesma área. Nesse sentido, a proposta desenvolvida na disciplina ao tomar situações reais como eixo estruturador da atividade visa permitir que os estudantes analisem fenômenos contemporâneos da prática profissional em seu contexto, articulando fundamentos teóricos, tomada de decisão e reflexão sobre aspectos técnicos e éticos envolvidos.

2.2 Estruturação e Desenvolvimento dos Estudos de Caso

Durante as atividades, as turmas foram divididas em grupos de trabalho fixos ao longo do semestre. A escolha dos temas de estudo de cada grupo priorizou eventos reais de desastres ocorridos no Brasil, cujas causas apresentaram relação direta com falhas, negligências e/ou insuficiências nas investigações geológicas e geotécnicas. Os estudos de caso trabalhados ao longo do semestre foram: Deslizamento do Morro do Bumba (Niterói/RJ); Erosão Costeira em Atafona (São João da Barra/RJ); Rompimento da Barragem de Algodões I (Cocal/PI).

O desenvolvimento das atividades aconteceu numa periodicidade semanal ou quinzenal, de acordo com o calendário acadêmico. Esses ciclos combinavam a abordagem de sala de aula invertida, com momentos de acompanhamento pelos monitores com auxílio da docente. A metodologia supracitada baseia-se na inversão dos papeis tradicionais de ensino, na qual o estudante assume o protagonismo do processo de aprendizagem, participando ativamente da construção do conhecimento, enquanto o professor, juntamente com os monitores, atua como mediador, orientando, acompanhando e esclarecendo dúvidas ao longo do processo (FARIA *et al.*, 2024). Cada ciclo de trabalho seguiu um roteiro previamente estruturado, composto por cinco etapas: textos norteadores, acompanhamentos, apresentação das questões em aula, solução de uma situação-problema e apresentação final.

2.2.1 Textos e questões norteadoras

Cada grupo recebeu textos técnicos e questões norteadoras, preparadas anteriormente pelos monitores da disciplina sob orientação da docente, relacionadas ao seu respectivo tema, e a distribuição desses assuntos foi estruturada de forma progressiva e acompanhada. A primeira etapa focou em assuntos gerais e introdutórios sobre o caso; a segunda abordou temas mais técnicos, trazendo termos geológicos e geotécnicos específicos e comuns na prática da engenharia; e a última etapa teve foco em questões voltadas à análise dos impactos ambientais e sociais. Esses materiais abordavam, em geral, os conteúdos que estavam sendo estudados na disciplina naquele período, especialmente os tópicos geotécnicos correspondentes à semana ou quinzena. As produções desenvolvidas para os grupos priorizaram a organização textual, a argumentação técnica e o uso adequado de referências, com o objetivo de estimular o desenvolvimento da escrita científica ao longo do semestre.

2.2.2 Acompanhamentos

Após uma semana da entrega dos textos e questões norteadoras, durante um determinado momento da aula, sob supervisão da professora da disciplina, cada grupo se reunia com os monitores, alunos veteranos do curso, durante aproximadamente 15 minutos, com o objetivo de esclarecer dúvidas, aprofundar as discussões técnicas e auxiliar em algumas das análises desenvolvidas previamente pelos alunos.

2.2.3 Apresentação das questões e Solução de uma Situação-Problema

Na semana seguinte ao acompanhamento com os monitores, no início da aula, os grupos apresentavam os resultados de suas pesquisas para toda a turma, com o objetivo de socializar o conhecimento e garantir que todos os discentes compreendessem os diferentes estudos de caso de cada grupo.

Ao final de cada apresentação, era proposta uma situação-problema desenvolvida pelos monitores, para a qual os grupos dispunham de 5 minutos para elaborar e apresentar uma solução técnica e/ou ética. Essa etapa teve como finalidade estimular a tomada de decisão, o pensamento crítico e a atuação responsável frente a cenários reais da prática profissional.

2.2.4 Apresentação Final

Ao final do semestre, foi realizada uma apresentação final, na qual cada grupo expôs de forma integrada a análise completa do estudo de caso desenvolvido, destacando as principais lições aprendidas, especialmente no que se refere à responsabilidade técnica e social da engenharia.

2.3 Instrumento de Coleta de Dados e Avaliação

Para analisar o impacto da metodologia adotada, foram desenvolvidos dois instrumentos de coleta de dados por meio da plataforma Google Forms. A pesquisa foi de curto prazo, com aplicação dos questionários em dois momentos ao longo do semestre letivo, possibilitando uma análise comparativa entre as expectativas iniciais dos alunos e as percepções ao final das atividades desenvolvidas.

O primeiro formulário foi denominado “EXPECTATIVAS ESTUDOS DE CASO”, sendo aplicado no início do semestre, com o objetivo de traçar o perfil da turma, identificar conhecimentos prévios e mapear as expectativas dos estudantes em relação à utilização da metodologia de estudos de caso. As questões abordaram aspectos relacionados ao interesse por atividades práticas, à percepção inicial sobre a aplicabilidade dos conteúdos de Geologia na Engenharia Civil, ao nível de familiaridade com a escrita científica e à compreensão da responsabilidade técnica e ética associada à atuação profissional do engenheiro.

O segundo formulário, intitulado “RESULTADOS ESTUDOS DE CASO”, foi aplicado ao término do semestre letivo, com a finalidade de avaliar o impacto da metodologia no processo de ensino e aprendizagem. Esse questionário buscou mensurar o ganho percebido de aprendizagem, o nível de engajamento dos alunos ao longo das atividades, o possível desenvolvimento de habilidades de escrita científica e a aproximação entre os conteúdos teóricos e a prática profissional, bem como a reflexão dos estudantes acerca da ética e da responsabilidade social na Engenharia Civil.

Os formulários foram aplicados de forma anônima e online, durante o horário regular da disciplina, e os dados obtidos subsidiaram a análise da coerência entre os objetivos, a metodologia e os impactos percebidos pelos estudantes ao final do semestre.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os resultados obtidos através dos formulários aplicados, as análises foram organizadas em eixos temáticos, de modo a permitir a comparação entre expectativas iniciais e percepções finais, bem como a discussão dos impactos da metodologia proposta. Os eixos analisados contemplam o engajamento discente, o desenvolvimento de habilidades de escrita científica, a aproximação entre os conteúdos teóricos e a prática profissional e a percepção dos estudantes no que tange à ética e à responsabilidade profissional, em consonância com os objetivos deste trabalho.

3.1 Engajamento Discente

No questionário aplicado no início do semestre, um dos questionamentos foi a respeito da motivação dos alunos para a realização dos estudos de caso, a fim de compreender quais fatores eram mais esperados dos mesmos. Ressalta-se que os participantes puderam assinalar mais de uma opção de resposta. Os resultados podem ser observados no gráfico apresentado na Figura 1.

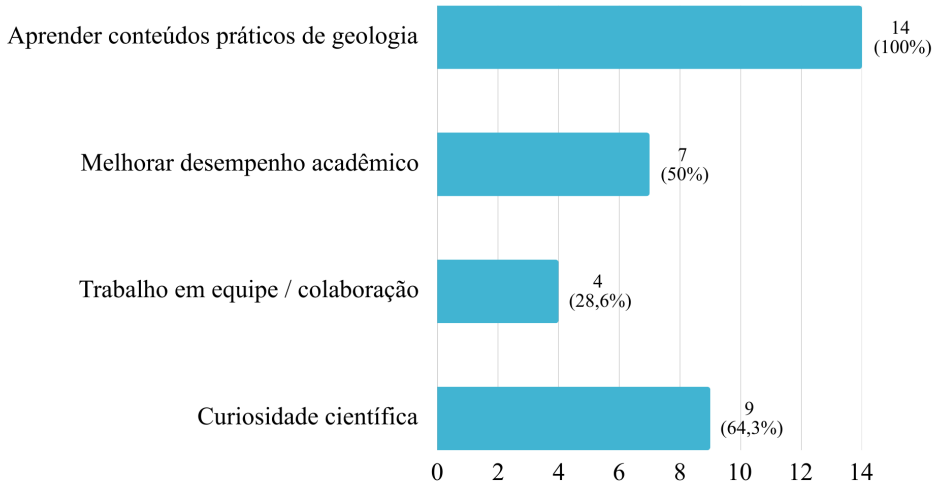


Figura 1. Gráfico dos fatores motivacionais dos estudantes para a realização dos estudos de caso
Fonte: Os autores

Aprender conteúdos práticos de geologia foi apontado como o principal fator motivacional, o que sugere que abordagens exclusivamente expositivas e com teor apenas teórico podem gerar uma maior desmotivação discente. A curiosidade científica e a melhoria do desempenho acadêmico também foram apontados como importantes fatores motivacionais, o que mostra que os alunos reconhecem o potencial dessa metodologia para o aprimoramento desses aspectos, e que há a necessidade de mais ferramentas que os aprimorem, visto que é de interesse dos discentes e é pouco explorado através das aulas convencionais.

Ao final do período letivo, observou-se que essa expectativa foi amplamente confirmada, uma vez que 100% dos estudantes avaliaram que os estudos de caso impactaram acima ou muito acima do esperado inicialmente.

Esse resultado pode indicar que a metodologia favoreceu a participação ativa dos alunos ao longo da disciplina, promovendo maior envolvimento com as atividades propostas, aspecto que é particularmente relevante no contexto do ensino de Geologia aplicada à Engenharia Civil, em que a contextualização prática e a análise de situações reais podem contribuir para o aumento do interesse discente (Fagundes et al., 2022).

3.2 Habilidade de Escrita Científica

No que se refere ao desenvolvimento da habilidade de escrita científica, os resultados revelaram que os estudantes apresentavam no início do semestre, em sua maioria, um nível intermediário de experiência, com predominância de respostas no nível 3 (57,1%) de uma escala de 1 a 5 (sendo 1 pouco experiente e 5 muito experiente), além da presença de alunos que se autoavaliaram nos níveis mais baixos, como é apresentado no gráfico presente na Figura 2.

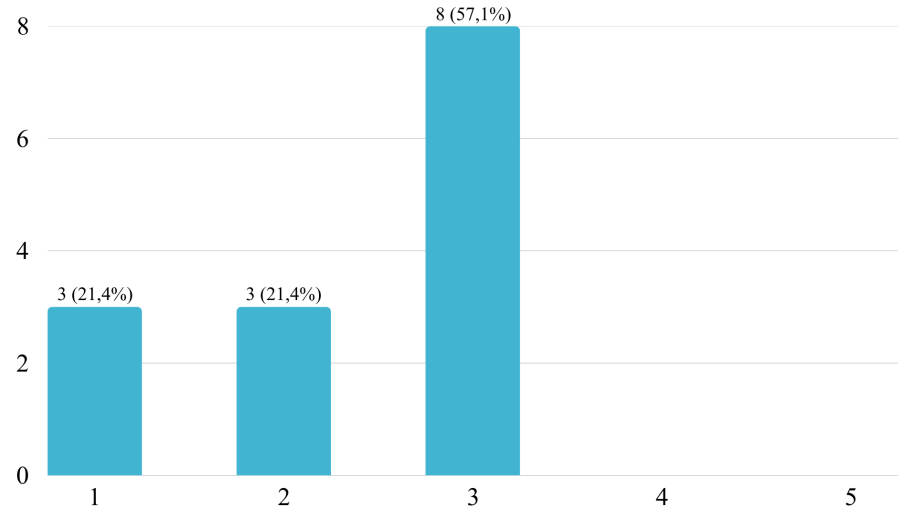


Figura 2. Gráfico do nível de experiência e conhecimento acerca da escrita científica antes da aplicação da metodologia
Fonte: Os autores

Ao final do período letivo, quando questionados a respeito da evolução da habilidade de escrita científica, as notas predominantes foram iguais ou acima de 3, o que reforça a relevância de estratégias pedagógicas que estimulem a prática sistemática da escrita científica ao longo da formação. Esse resultado sugere que a análise de casos reais contribuíram para o aprimoramento da organização de ideias, do uso de terminologia técnica, da capacidade de argumentação dos estudantes e do uso e importância das referências bibliográficas, como pode-se observar através do gráfico apresentado na Figura 3.

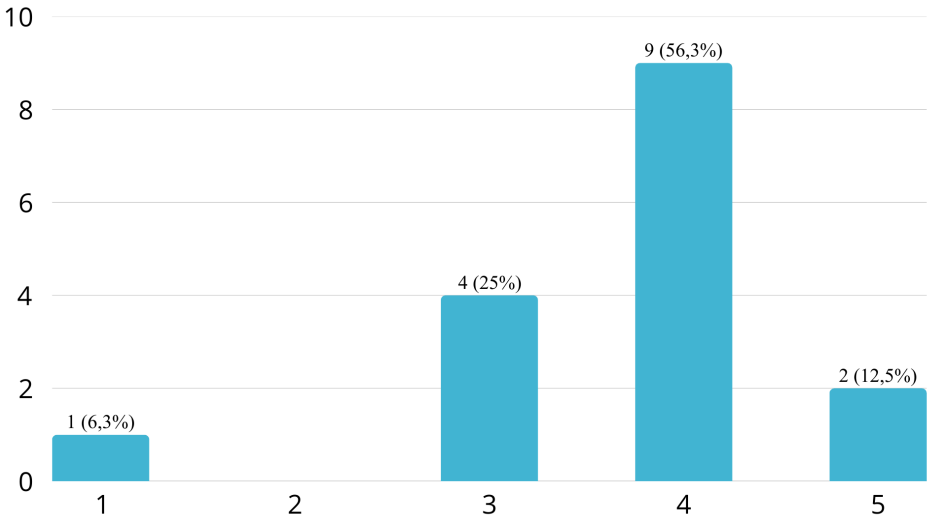


Figura 3. Gráfico da evolução da habilidade de escrita científica ao longo do estudo de caso
Fonte: Os autores

3.3 Aproximação entre os Conteúdos Teóricos e a Prática Profissional

A análise dos resultados relacionados à aproximação entre os conteúdos teóricos e a prática profissional evidencia que os estudantes apresentavam, desde o início do semestre, uma expectativa clara de

aplicar os conhecimentos adquiridos em sala de aula a situações práticas, como mostrou o gráfico apresentado na Figura 1. Essa expectativa está alinhada às demandas da graduação em Engenharia, que inclui a formação de indivíduos com capacidade de interpretar e aplicar conceitos teóricos em contextos reais, estando aptos a interferir significativamente nas situações com as quais lidam (Castro, 2015).

Ao final do período letivo, essa percepção foi amplamente confirmada, uma vez que 75% dos estudantes atribuíram nota máxima à contribuição dos estudos de caso para a aproximação entre teoria e prática, enquanto os demais 25% atribuíram nota 4 em uma escala de 1 a 5, indicando que a metodologia foi eficaz em promover essa aproximação.

Esses resultados reforçam a relevância dos estudos de caso como estratégia para reduzir a dissociação entre teoria e prática, uma vez que possibilitam ao estudante analisar situações reais, mobilizar conhecimentos teóricos e desenvolver a capacidade de tomada de decisão em contextos próximos à atuação profissional (Fagundes et al., 2022).

3.4 Ética e Responsabilidade Profissional

Os resultados evidenciam que os estudantes, desde o início do semestre, reconheciam o potencial dos estudos de caso para contribuir com a compreensão da responsabilidade técnica e social associada à atuação do engenheiro, uma vez que a totalidade dos respondentes atribuiu notas elevadas (4 ou 5), em uma escala de 1 a 5, a esse aspecto no questionário inicial.

Ao final da disciplina, as respostas evidenciam uma elevada percepção dos estudantes quanto à importância desse aspecto na atuação do engenheiro civil. Quando questionados sobre o papel da responsabilidade ética na prevenção de desastres de engenharia, 93,8% dos respondentes atribuíram nota máxima a esse fator, enquanto os demais 6,3% atribuíram nota 4, não havendo registros de avaliações baixas.

Além disso, os estudos de caso também estimularam a reflexão individual acerca da futura atuação profissional, uma vez que 68,8% dos estudantes indicaram forte influência da atividade nesse sentido (nota 5), e 25% atribuíram nota 4. Esses resultados indicam que a metodologia contribuiu não apenas para a compreensão conceitual da ética profissional, mas também para a internalização da responsabilidade técnica e social na formação dos estudantes de Engenharia Civil.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo analisar a aplicação do estudo de caso como metodologia ativa de aprendizagem na disciplina Elementos de Geologia, no curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Juiz de Fora, visando promover maior engajamento discente, desenvolver habilidades de escrita científica, aproximar os conteúdos teóricos da prática profissional e desenvolver a percepção dos estudantes no que tange à ética e à responsabilidade profissional. A partir da análise dos resultados obtidos por meio dos questionários, constata-se que o objetivo proposto foi atingido, evidenciando impactos positivos da metodologia no processo de ensino-aprendizagem.

Os dados indicam que a utilização de casos reais de desastres associados à ausência ou insuficiência de estudos geológicos e geotécnicos contribuiu significativamente para o aumento do interesse e da participação dos estudantes, favorecendo uma aprendizagem mais ativa e contextualizada. Além disso, observou-se evolução na habilidade de escrita científica, inicialmente apontada como uma das principais dificuldades, demonstrando que a metodologia adotada favoreceu o desenvolvimento de competências acadêmicas essenciais à formação do engenheiro civil.

A estratégia também se mostrou eficaz na aproximação entre teoria e prática, permitindo aos discentes compreenderem a aplicabilidade dos conteúdos geotécnicos em situações reais da engenharia. Ademais, a análise dos desastres estudados estimulou reflexões críticas acerca da ética e da responsabilidade técnica e social do engenheiro, reforçando a importância da atuação profissional consciente e alinhada às demandas da sociedade.

Apesar das limitações inerentes ao número reduzido de participantes, os resultados evidenciam o potencial do uso de metodologias ativas no ensino de disciplinas básicas da Engenharia Civil. Dessa forma,

sugere-se a ampliação de estudos futuros que investiguem a aplicação dessa abordagem em diferentes contextos e disciplinas, contribuindo para o aprimoramento das práticas pedagógicas, para a redução da evasão estudantil e para a formação de profissionais mais autônomos, críticos e socialmente responsáveis, em consonância com as Diretrizes Curriculares Nacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACICH, L.; MORAN, J. (2018) *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso.

CARVALHO, J. C. de; BANDEIRA, A. P. N.; MASCARENHA, M. M. dos A. (2024) Diálogo geotécnico entre um engenheiro, uma engenheira e uma cidadã. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA (COBRAMSEG), 2024, Balneário Camboriú. Anais [...]. Balneário Camboriú: ABMS.

CASTRO, R. N. A. de (2015) A teoria da prática: a aula de engenharia. *Revista Eletrônica Engenharia Viva*, Goiânia, v. 2, n. 1, p. 15–20, jan./jun.

FAGUNDES, I. C.; VICENTINI, M. D. P.; RIBEIRO, N. S.; COSTA, C. A. F.; RIBEIRO, M. F. M.; ARAÚJO, A. C. da S.; ALMEIDA, J. R. de (2022) Estudos de caso: dialogicidade entre o ensino e a prática. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA – COBENGE, 2022.

FARIA, S. R. de; PEREIRA JUNIOR, R. E.; RABELLAIS, L. M.; MIQUELOTTI, D. S.; ALMEIDA, J. R. de (2024) Análise da aplicação de metodologias ativas no desenvolvimento de competências em engenharia civil e ambiental. In: XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica; X Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas; X Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens, 24–27 set. 2024, Balneário Camboriú/SC. Disponível em: <https://editora.editoraomnisscientia.com.br/artigoPDF/24226113820.pdf > Acesso em: 11 fev. 2026.

FREIRE, P. (2005) *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 31. ed. São Paulo: Paz e Terra.

MACIEL FILHO, C. L.; GANDOLFI, N. ([s.d.]) O ensino da geologia de engenharia nos cursos de engenharia civil do Brasil. *Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental*, n. 5, p. 117–123.

YIN, R. K. (2014) *Case study research: design and methods*. 5. ed. Thousand Oaks, CA: Sage.

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/10

Efetividade da Popularização da Ciência na Área Geotécnica

Andrelisa Santos de Jesus
Professora Universitária, UFG, Goiânia, andrelisajesus@ufg.br

André Luís Brasil Cavalcante
Professor Universitário, UnB, Brasília, abrasil@unb.br

José Camapum de Carvalho
Profissional Liberal, Brasília, Brasil, camapumdecarvalho@gmail.com

Márcia Maria dos Anjos Mascarenha
Professora Universitária, UFG, Goiânia, marciamascarenha@ufg.br

Marta Pereira da Luz
Professora Universitária, PUC Goiás, Goiânia, marta.eng@pucgoias.edu.br

Maurício Martines Sales
Professor Universitário, UFG, Goiânia, mmartines@ufg.br

Michéle Dal Toé Casagrande
Professora Universitária, UnB, Brasília, mdtcasagrande@unb.br

Yamile Valencia González
Profesora Asociada, Universidad Nacional de Colombia, yvalenc0@unal.edu.co

RESUMO: Formalmente a popularização da ciência no Brasil só ganhou maior destaque a partir de 2003, por meio de iniciativas e programas governamentais e em 2023, foi publicado o Decreto nº 11.754 instituindo o Programa Nacional de Popularização da Ciência - Pop Ciência com o objetivo de desenvolver a cultura científica e estimular a prática da ciência, tecnologia e inovação para promover a inclusão social e reduzir as desigualdades sociais. A partir de 2001 a Universidade de Brasília, a Universidade Federal de Goiás e Eletrobras Furnas por meio de parcerias estabelecidas em projetos de pesquisa deram início a atividades voltadas para a popularização da ciência. De modo a ampliar a acessibilidade e interesse pelos assuntos pesquisados foram realizadas adequações no formato e linguagem publicando-se cartilhas e livros voltados para os públicos infantil e juvenil e livros técnicos com foco em estudantes universitários e profissionais atuando na área. No entanto, apesar de muita criatividade, arte e dedicação de vários profissionais, pesquisadores e estudantes na elaboração das cartilhas e livros tem faltado efetividade na popularização da ciência por meio da utilização das publicações geradas. Nesse sentido o presente artigo buscará, dando ênfase a trechos do Decreto nº 11.754, não só analisar os produtos já gerados, como indicará caminhos voltados para o uso de tecnologias digitais, incluindo o uso da inteligência artificial buscando contribuir para gerar maior efetividade na popularização da ciência na área geotécnica.

PALAVRAS-CHAVE: Arte, Educação Ativa, Inteligência Artificial, Multidisciplinaridade, Tecnologias Digitais.

ABSTRACT: Formally, the popularization of science in Brazil only gained greater prominence from 2003 onwards, through government initiatives and programs. In 2023, Decree No. 11,754 was published, establishing the National Program for the Popularization of Science – Pop Ciência – with the objective of developing scientific culture and stimulating the practice of science, technology, and innovation to promote social inclusion and reduce social inequalities. From 2001, the University of Brasília, the Federal University of Goiás, and Eletrobras Furnas, through partnerships established in research projects, began activities focused on the popularization of science. In order to broaden accessibility and interest in the researched topics, the

format and language were adjusted, publishing booklets and books aimed at children and young people, and technical books focused on university students and professionals of the area. However, despite the great creativity, artistry, and dedication of various professionals, researchers, and students in the creation of primers and books, there has been a lack of effectiveness in popularizing science through the use of the publications generated. In this sense, this article will seek, emphasizing sections of Decree No. 11.754, not only to analyze the products already generated, but also to indicate paths aimed at the use of digital technologies, including the use of artificial intelligence, seeking to contribute to greater effectiveness in the popularization of science in the geotechnical area.

KEYWORDS: Art, Active Education, Artificial Intelligence, Multidisciplinarity, Digital Technologies.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico e científico do País deve situar entre seus objetivos maiores, a relevância de estar contribuindo para o desenvolvimento humano e social de modo ambientalmente sustentável e socialmente justo voltado para a melhoria da qualidade de vida.

Focar apenas no desenvolvimento econômico e na produção científica em renomados periódicos e grandes eventos termina por gerar isolamento acadêmico com relação a sociedade e favorece uma trajetória da autodestruição, pois o desenvolvimento deve voltar-se para os interesses sustentáveis e coletivos da sociedade. Camapum de Carvalho (2023), mostra no capítulo de livro "Avaliação sucinta da produção em ciência: diálogo entre uma Pesquisadora e um Cidadão", que os países com maior índice de desenvolvimento humano (IDH) são aqueles que apresentam a menor relação entre os documentos citáveis e os documentos publicados, ou seja, a citação não se constitui em aspecto mais relevante para o desenvolvimento humano. Neste mesmo capítulo é mostrado que o PIB Nominal dividido pela população do país aumenta com o número de documentos publicados dividido pela população do país, ou seja, estar publicando os resultados dos estudos é importante. Uma análise mais relevante ainda contida no texto mostra que este aumento da relação entre o PIB Nominal e o número de habitantes do país se dá para as menores relações entre os documentos citáveis e os documentos publicados, ou seja, as publicações devem abranger um horizonte mais amplo que a simples necessidade de serem citáveis, o que coloca em evidência a relevância dos trabalhos que vêm sendo desenvolvidos voltados para a publicação de cartilhas, livros literários infantil e infantojuvenil e discussões em escolas, pequenos eventos, em eventos locais, regionais e nacionais.

O Programa Nacional de Popularização da Ciência - Pop Ciência, estabelecido pelo Decreto nº 11.754 (Brasil, 2023) coloca como objetivo já na alínea a, inciso I, artigo 2º, que se deve promover "a alfabetização e o letramento científicos da sociedade brasileira". Para isso, no entanto, faz-se necessário estabelecer mecanismos não só quanto ao formato da produção, mas também quanto à forma de se fortalecer o interesse acadêmico e de se dar efetividade às ações. A Extensão Universitária constitui-se em um dos caminhos para dar efetividade às ações voltadas para a popularização da ciência. Nela as universidades propõem ações à comunidade, mas também acolhe demandas no campo extensivo. Entretanto, as ações extensivas poderiam ser ampliadas, mas não raro encontram gargalos relacionados a pouco apoio institucional, pouca valorização acadêmica das ações, alta complexidade logística.

Buscando contribuir para maior efetividade na popularização da ciência, este artigo busca, dando ênfase a trechos do Decreto nº 11.754 e analisando os produtos geralmente gerados, sugerir caminhos para que se tenha maior efetividade na popularização da ciência por diversos meios.

2 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE

O presente estudo adota abordagem qualitativa-analítica com base documental e propositiva, estruturada em três etapas:

1. Levantamento e sistematização das publicações produzidas no âmbito das parcerias entre UnB, UFG e Eletrobras Furnas;
2. Análise crítica à luz das diretrizes do Decreto nº 11.754/2023 (Pop Ciência);
3. Proposição de modelo conceitual para ampliação da efetividade mediante integração de tecnologias digitais e inteligência artificial.

Foram considerados como critérios de avaliação: acessibilidade do material, alcance potencial, grau de interatividade, possibilidade de mensuração de impacto e integração com políticas públicas educacionais.

3 DISPONIBILIZAÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO: CARTILHAS E LIVROS

Até março de 2020 quando teve início o período de pandemia de COVID, o meio de disponibilização de material didático voltado para o ensino fundamental e médio, produzido no âmbito de projetos de pesquisa era predominantemente físico, apesar de geralmente estarem disponíveis para *download* nos sítios de internet das instituições executoras. Nessa linha o Programa de Pós-Graduação em Geotecnia da Universidade de Brasília conjuntamente com o Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estrutura e Construção Civil (PPGGECON) da Universidade Federal de Goiás publicaram, com foco no público integrante da primeira fase do ensino fundamental as cartilhas "Meio Ambiente: Erosão", "Meio Ambiente: Infiltração" e "Meio Ambiente: Erosão em Borda de Reservatório". Objetivando alcançar o público integrante da 6ª série em diante do ensino fundamental e ensino médio foram publicadas as cartilhas "Erosão", "Infiltração" e "Erosão em Borda de Reservatório". Com o intuito de aclarar sobre a possibilidade de igualdade de gênero no acesso de mulheres aos cursos de engenharia publicou-se o livro "Conversas entre meninas e engenheiras" organizado pela Universidade Federal de Goiás e voltado para o ensino médio Embora fazendo referência a educação formal estas publicações são também aplicáveis na educação não formal. Adotou-se o formato impresso para essas publicações e suas disponibilizações, sem ônus, no formato digital nos sites https://cehige.eeca.ufg.br/p/44368-livros-e-cartilhas, https://gecon.eeca.ufg.br/p/18785-publicacoes e www.geotecnia.unb.br. O uso dessas cartilhas quanto a abordagem de conteúdos e conceitos geotécnicos aplicados para os ensinos fundamental e médio é discutido por Mascarenha *et al*. (2023).

Em 2024, já após o período de pandemia, foram publicados em formato impresso dentro de uma parceria entre a Universidade Federal de Goiás e a Universidade de Brasília, em projeto financiado pela ANEEL – Eletrobras Furnas, o livro infantil "De grão em grão onde está o torrão?" e o livro infantojuvenil "De montante à jusante: o sedimento andou bastante". Estes livros e os guias de apoio às suas leituras estão disponibilizados em PDF nos sites www.geotecnia.unb.br e https://cehige.eeca.ufg.br/p/44368-livros-e-cartilhas. Estes livros se destacam das cartilhas por apresentarem uma linguagem literária, mas assim como as cartilhas podem contribuir para a educação ativa do público leitor.

Os guias de apoio a leitura dos livros mencionados, assim como as cartilhas voltadas para o ensino fundamental proporcionam protagonismo das crianças leitoras, por meio de perguntas, respostas, desenhos, jogos e reflexões propostas. Eles proporcionam ainda orientação aos(às) professores(as) apresentando os alinhamentos do conteúdo com a Base Comum Curricular e oferecem sugestões de adaptação do conteúdo a mediação pedagógica. Por outro lado os livros, guias e cartilhas carecem de transposição didática para tecnologias digitais atendendo as demandas atuais de divulgação científica também nesse contexto, conforme o objetivo contido na alínea a, inciso II, artigo 2º do Decreto 11.754 de 2023.

Há que se destacar, no entanto, que, no caso das cartilhas, mesmo publicadas antes do Decreto nº 11.754, elas contribuem dentre outros, para:

1. A alfabetização e o letramento científicos da sociedade, não se restringindo aqui à sociedade brasileira, pois as cartilhas "Meio Ambiente: Erosão", "Meio Ambiente: Infiltração" (Lelis e Camapum de Carvalho, 2011), "Erosão" e "Infiltração" já se encontram disponibilizadas em espanhol objetivando atender a países latino-americanos;
2. O estímulo à participação de meninas e mulheres, pessoas com deficiência, indígenas e pessoas negras nas atividades educacionais, cabendo destacar que além de atividades voltadas para educar sobre a necessidade de atender às pessoas com deficiência física a "Cartilha Meio Ambiente: Erosão e Meio Ambiente: Erosão em borda de Reservatório" têm em seus personagens crianças com diferentes origens raciais;
3. O desenvolvimento de atividades que estimulem o respeito ao meio ambiente, a inovação, a criatividade, a investigação científica e a interdisciplinaridade no ensino e na aprendizagem da ciência.

Apesar de colocarem em destaque tais contribuições o material didático gerado e disponibilizado não alcançou sua máxima efetividade, tendo se restringido, na maioria das vezes, a exposições e abordagens pontuais. No caso das cartilhas, elas exigem maior intervenção e mediação do professor. Por exemplo, a contribuição para a formação sobre meio ambiente utilizando como ferramenta a cartilha "Meio Ambiente:

Ersosão", requer o seu uso continuado e mediado e não apenas a ação de colocar a cartilha nas mãos das crianças. Embora os mecanismos de atuação voltados para a popularização da ciência constantes do Decreto nº 11.754 (Brasil, 2023) sejam ferramentas importantes a falta de elo direto com o Ministério e Secretarias da Educação minimiza a efetividade do uso dos materiais didáticos gerados. Sendo assim, maior apoio governamental a nível municipal, estadual ou federal, podem ampliar o alcance destes materiais nas escolas auxiliando na popularização da ciência. Outro aspecto importante é a sobrecarga dos professores de escolas públicas que já tem que seguir um planejamento pedagógico rígido e com pouco fôlego para inserções e adaptações, caso estas não venham como políticas públicas claras do estado ou município.

4 FORMAS DE INTERAÇÃO COM A SOCIEDADE

O Decreto nº 11.754 (Brasil, 2023) estabelece meios para o desenvolvimento do programa de popularização da ciência, sendo os eventos acadêmicos o primeiro listado (art. 4º, inciso I). Embora sem as especificidades apontadas no referido Decreto, mas objetivando a popularização da ciência, em 2003 foi realizado na Universidade de Brasília o I Simpósio sobre Solos Tropicais e Processos Erosivos no Centro-Oeste buscando contribuir "para o entrelaçamento da comunidade geotécnica regional incentivando-a e inspirando-a para contribuições futuras", ou seja, buscou-se popularizar a ciência. Outros simpósios se seguiram em outras localidades do Centro-Oeste a cada 2 anos até o seu desaparecimento após o 6º Simpósio. Dada a natureza dos temas discutidos a ideia é que fosse um evento multidisciplinar, mas ela não prosperou, pois as atuações na esfera acadêmica são predominantemente disciplinares e os próprios órgãos de fomento e avaliação não as valoriza. Um exemplo é o fato de um periódico em uma área de atuação ter conceito A e em outra ele sequer ser citado, desmotivando assim as atuações multidisciplinares.

Embora a falta de elo mais direto com o Ministério e Secretarias da Educação dificultem a efetividade da popularização da ciência, os meios para o seu desenvolvimento estabelecidos no Decreto nº 11.754 são de grande relevância e merecem constante uso e reflexão. Um aspecto importante que se situa entre os objetivos do Programa Pop Ciência, no Decreto nº 11.754, art. 2º, inciso II, alínea a, é o incentivo e apoio "a iniciativas de popularização da ciência que estimulem o uso de tecnologias digitais, com vistas a promover a inclusão digital e a inovação na divulgação da ciência". Nesse eixo, este artigo discutirá os desafios da inteligência artificial no contexto da popularização da ciência. É fato que está em curso uma grande revolução tecnológica sendo a IA alvo de grandes expectativas que merecem debate e discernimento quanto a sua utilização ética. Nesta direção, Silva e Paniago (2024) apontam que a "alfabetização científica e tecnológica pode trazer grandes contribuições quando se vislumbra um futuro em que a IA seja uma ferramenta a serviço da humanidade, e não uma ameaça devido à concentração de poder nas mãos de poucos". Considerando a alínea b do inciso II, "atividades que estimulem a inovação, a criatividade, a investigação científica e a interdisciplinaridade no ensino e na aprendizagem das ciências", conjuntamente com a alínea a, o artigo abordará a relevância das tecnologias digitais e da interdisciplinaridade no ensino e aprendizagem das ciências.

O uso e aplicação destas abordagens aos materiais didáticos já gerados, alguns aqui apresentados, poderão dar maior efetividade a sua utilização contribuindo para avanços na popularização da ciência. No campo das plataformas digitais, mais do que disponibilizar livros e cartilhas para *download*, criar interação textual com o leitor a partir de Qr Codes que direcionam o leitor para plataformas com jogos interativos, leituras complementares etc. Isso requer, no entanto, cuidado e atenção quando de seus desenvolvimentos e usos, a fim de garantir coerência científica e adequação didática ao público-alvo.

5 O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA POPULARIZAÇÃO DA CIÊNCIA

A inteligência artificial (IA) representa uma ferramenta transformadora para a popularização da ciência, especialmente quando consideramos o objetivo estabelecido na alínea a, inciso II, artigo 2º do Decreto nº 11.754, que incentiva iniciativas que estimulem "o uso de tecnologias digitais, com vistas a promover a inclusão digital e a inovação na divulgação da ciência". A integração de sistemas de IA, pode ser útil na produção de materiais didáticos e de divulgação científica, assim como propiciar adequações e ampliação de alcance e efetividade de utilização dos materiais didáticos já existentes, tais como os produzidos pela parceria entre a Universidade de Brasília, a Universidade Federal de Goiás e a Eletrobras.

Uma das aplicações mais promissoras da IA na popularização do conhecimento científico no campo da Geotecnia está na adequação didática para personalização da aprendizagem. Sistemas baseados em algoritmos

de aprendizado de máquina podem adaptar o conteúdo das cartilhas "Meio Ambiente: Erosão", "Meio Ambiente: Infiltração" e "Meio Ambiente: Erosão em Borda de Reservatório", bem como dos livros "De grão em grão onde está o torrão?" e "De montante à jusante: o sedimento andou bastante", ao nível de compreensão de cada usuário. Essa adaptação dinâmica do conteúdo permite que crianças em diferentes faixas etárias e com distintos contextos e perfis de aprendizagem possam compreender conceitos científicos de maneira mais dinâmica e atrativa. Contudo, para alcançar essa efetividade, é recomendável que a utilização da IA conte com a mediação de um professor capacitado para gerar comandos adequados e reconhecer possíveis limites e inconsistências da IA e auxiliar na superação de eventuais limitações do formato impresso tradicional.

Além da personalização, a IA possibilita a criação de assistentes virtuais educacionais capazes de responder perguntas sobre os temas abordados nas publicações assumindo grande relevância a participação do professor(a) neste processo de modo a evitar a indução de erros e ao mesmo tempo complementar as respostas aportadas. Esses assistentes, implementados por meio de chatbots ou interfaces de voz, podem, após avaliação docente, ser integrados aos sites onde os arquivos digitais das cartilhas e livros já estão disponibilizados, oferecendo suporte contínuo aos leitores. Diferentemente do material estático, um assistente virtual pode esclarecer dúvidas específicas, propor atividades complementares e estimular a curiosidade científica de forma interativa, contribuindo para a educação ativa já mencionada nas publicações voltadas ao ensino fundamental. Transcrições e adaptações de materiais para estudantes cegos(as) ou com baixa visão também pode ser considerado na utilização das ferramentas de IA.

A geração automatizada de conteúdo multimídia, tais como sites, representa outra frente de aplicação relevante. Ferramentas de IA podem transformar os textos das cartilhas em narrativas audiovisuais, produzindo vídeos explicativos, animações e até mesmo realidade aumentada que ilustrem conceitos como erosão, infiltração e transporte de sedimentos. Essa transposição do conteúdo técnico para formatos mais atrativos e acessíveis alinha-se ao objetivo do Pop Ciência de promover a alfabetização científica da sociedade brasileira, uma vez que diferentes públicos possuem preferências distintas de consumo de informação.

A tradução automática neural, uma aplicação madura de IA, pode expandir o alcance internacional das publicações, sendo, no entanto recomendada a participação de um(a) tradutor(a) local, regional ou nacional, conforme o caso para que possam ser incorporadas nuances culturais. As cartilhas já disponibilizadas em espanhol poderiam ser automaticamente traduzidas para outras línguas, mantendo a qualidade técnica e adaptando o conteúdo, culturalmente, para diferentes contextos latino-americanos. Essa capacidade de internacionalização sem custos financeiros diretos proporcionais é especialmente relevante para países em desenvolvimento que enfrentam desafios similares relacionados à conservação de solos e à gestão de recursos hídricos.

A análise de dados de interação dos usuários com os materiais digitais, processada por algoritmos de IA, pode fornecer insights valiosos sobre quais conteúdos geram maior engajamento, onde os leitores apresentam maiores dificuldades de compreensão e quais abordagens pedagógicas são mais efetivas e, igualmente aqui, não dispensando a participação humana para que se tornem melhores e mais proveitosas. Essa retroalimentação contínua permite aperfeiçoar as publicações existentes e orientar o desenvolvimento de novos materiais, estabelecendo um ciclo virtuoso de atualização e melhoria baseado em evidências científicas disponíveis.

É importante reconhecer, entretanto, que a implementação de soluções de IA na popularização da ciência deve considerar questões éticas fundamentais. A transparência sobre o uso de algoritmos, a privacidade dos dados dos usuários – especialmente quando se trata de crianças e adolescentes – e a mitigação de vieses presentes nos modelos de IA são preocupações que devem ser endereçadas desde o projeto das iniciativas. Além disso, a IA deve ser compreendida como uma ferramenta de ampliação do trabalho humano dos educadores e pesquisadores, e não como substituta da expertise pedagógica e científica que fundamentou a criação das cartilhas e livros.

A integração da inteligência artificial aos esforços de popularização da ciência na área geotécnica representa, portanto, uma oportunidade significativa de aumentar a efetividade das publicações já desenvolvidas. Ao personalizar a aprendizagem, criar interfaces interativas, gerar conteúdo multimídia, expandir o alcance internacional e fornecer dados para melhoria contínua, a IA pode contribuir para que os objetivos do Decreto nº 11.754 sejam alcançados de forma mais abrangente, promovendo efetivamente a cultura científica e a inclusão social por meio da ciência, tecnologia e inovação.

6 O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NA POPULARIZAÇÃO DA CIÊNCIA

Camapum de Carvalho et al. (2018), ao discutirem "O que, Onde e Como Ensinar o Conteúdo Geotécnico", já indicavam que o processo educativo não deve limitar-se à transmissão de conteúdos, mas considerar estratégias, ambientes e ferramentas adequadas para promover aprendizagem significativa. Nesse contexto, as tecnologias digitais constituem instrumentos estratégicos tanto no "como ensinar" quanto no "onde ensinar", abrangendo ambientes formais e não formais de educação.

O Decreto nº 11.754 (Brasil, 2023), que institui o Programa Nacional de Popularização da Ciência – Pop Ciência, estabelece no artigo 2º, inciso II, alínea a, o incentivo a iniciativas que estimulem o uso de tecnologias digitais "com vistas a promover a inclusão digital e a inovação na divulgação da ciência". Tal diretriz reforça a necessidade de superação do modelo predominantemente estático de difusão do conhecimento, seja ele impresso ou disponibilizado apenas em formato PDF.

Embora as cartilhas e livros produzidos pelas universidades parceiras representem avanços significativos na democratização do conteúdo geotécnico, sua disponibilização digital ainda ocorre majoritariamente de forma passiva. A conversão dessas publicações em objetos digitais interativos pode ampliar sua efetividade, favorecendo maior engajamento, acessibilidade e mensuração de impacto.

Como exemplo concreto, atividades da cartilha "Meio Ambiente: Infiltração" podem ser convertidas em ambientes digitais interativos que permitam ao estudante simular diferentes condições de infiltração, alterando parâmetros como tipo de solo, intensidade de precipitação e cobertura vegetal. A visualização dinâmica dos resultados — por meio de gráficos simplificados ou animações — fortalece a compreensão de processos físicos frequentemente abstratos no ensino fundamental e médio.

De modo semelhante, atividades da cartilha "Meio Ambiente: Erosão" podem ser transformadas em jogos educativos digitais que incentivem a tomada de decisão quanto ao uso do solo, práticas conservacionistas e controle de processos erosivos. Já os conteúdos da cartilha "Erosão em Borda de Reservatório" podem dar origem a mapas interativos e simulações que permitam testar estratégias de mitigação, aproximando o estudante de situações reais de gestão ambiental.

A incorporação dessas atividades em plataformas web responsivas, acessíveis por dispositivos móveis, amplia significativamente o alcance das ações de popularização da ciência. Além disso, ambientes digitais possibilitam feedback imediato ao usuário; registro e análise de interações para avaliação de impacto; atualização contínua do conteúdo sem necessidade de reimpressão e integração com ambientes virtuais de aprendizagem utilizados por escolas públicas e privadas. Há que se destacar que as desigualdades regionais e sociais do Brasil, implicam em acesso igualmente desigual ao universo digital, muitas vezes limitado ao uso de celulares com baixo volume de dados móveis para acesso a sites e, não raro, limitados ao whatsapp.

Outro aspecto relevante é a possibilidade de integrar recursos multimídia, como vídeos explicativos, animações, narrativas audiovisuais e realidade aumentada, favorecendo diferentes estilos de aprendizagem. Essa abordagem contribui para tornar os conceitos geotécnicos mais acessíveis a públicos diversos, incluindo crianças, jovens e adultos com distintos níveis de letramento científico.

Destaca-se que o uso de tecnologias digitais não substitui o material físico, mas o complementa, formando um modelo híbrido de popularização científica. A articulação entre cartilha e livro literário impressos, versão digital interativa e atividades mediadas por professores pode constituir um ecossistema educacional mais robusto e alinhado às demandas contemporâneas. Assim, a digitalização interativa das atividades já produzidas representa um passo estratégico para dar efetividade à produção. Ao alinhar-se às diretrizes do Decreto nº 11.754 (Brasil, 2023), essa abordagem fortalece a inclusão digital, amplia o alcance social do conhecimento geotécnico e contribui para consolidar a cultura científica como instrumento de desenvolvimento humano sustentável.

7 RELEVÂNCIA DA INTERDISCIPLINARIDADE NA POPULARIZAÇÃO DA CIÊNCIA

As mudanças climáticas, o crescimento da população e o uso acelerado dos recursos naturais são problemas que aumentaram significativamente nas últimas décadas, tornando evidente que, para alcançar uma gestão sustentável dos recursos naturais, que também satisfaça as necessidades humanas, é necessário um enfoque interdisciplinar na educação e na pesquisa científica. A interdisciplinaridade é uma estratégia essencial, que implica a interação participativa de várias disciplinas por meio do trabalho em equipe, do diálogo

e da colaboração para alcançar um objetivo comum. Com isso, são promovidas qualidades como flexibilidade, confiança, paciência, intuição, pensamento divergente, sensibilidade e capacidade de se relacionar na diversidade (Carvajal, 2010). Dessa forma, o trabalho em equipe é mais importante do que as contribuições individuais. Os problemas fundamentais que a humanidade enfrenta exigem um estudo integral. Isso demanda o uso do recurso humano e abordar cada um dos conhecimentos de forma interligada e interdependente. Portanto, é crucial trabalhar com uma visão integral, mostrando a necessidade de gerar mudanças na educação, no desenvolvimento da pesquisa e na divulgação da ciência, com novas abordagens interdisciplinares.

A interdisciplinaridade pode ajudar a aumentar a possibilidade de acessar a novos conhecimentos em diferentes áreas da ciência e melhorar a capacidade de integrar ambientes. É fundamental implementar a interdisciplinaridade nas instituições de ensino superior, sem a necessidade de eliminar a pesquisa e a educação tanto nos campos disciplinares quanto multidisciplinares. Isso pode ser alcançado abrindo a mente e estabelecendo redes e alianças que conectem, compartilhem informações, acelerem a produção e a transferência de conhecimento; para que a aplicação da ciência, em prol do desenvolvimento, possa chegar a muitos mais espaços, aproveitando sempre que possível o conhecimento gerado em contextos disciplinares e multidisciplinares. A participação ativa do ensino superior na busca de soluções para problemas urgentes é crucial (Vessuri, 2008). Sua relevância se amplia quando o conhecimento gerado é levado à sociedade como um todo, incluindo crianças, jovens, adultos e idosos. Promover o desenvolvimento e a divulgação da ciência, por meio da interdisciplinaridade, além de buscar o crescimento, deve promover o desenvolvimento humano integral. Isso envolve formar profissionais não apenas em suas habilidades acadêmicas e éticas, mas também em valores de solidariedade e cooperação.

8 MODELO INTEGRADO DE POPULARIZAÇÃO CIENTÍFICA E GEOTÉCNICA DIGITAL

A análise desenvolvida neste artigo evidencia que a produção de materiais didáticos voltados à popularização da ciência geotécnica pode ser consistente, criativa e alinhada a princípios de inclusão e sustentabilidade. Contudo, a ausência de mecanismos estruturados de mensuração, acompanhamento e retroalimentação limita a efetividade dessas iniciativas. Nesse contexto, propõe-se o Modelo Integrado de Popularização Científica Geotécnica Digital (MIPCGD), concebido como um sistema articulado entre produção acadêmica, tecnologias digitais, inteligência artificial e avaliação contínua de impacto.

O modelo inicia-se com a produção científica e sua transposição didática, compreende a transformação dos resultados de pesquisa em materiais acessíveis a diferentes públicos, como crianças, adolescentes, estudantes do ensino médio e universitários. Essa etapa, já consolidada por meio das cartilhas e livros produzidos pelas instituições parceiras, constitui a base estrutural do processo de popularização. Em seguida, propõe-se a digitalização interativa dos materiais, indo além do formato predominantemente estático (impresso ou PDF). Essa etapa envolve a conversão dos conteúdos em objetos digitais interativos, incluindo simulações simplificadas de processos geotécnicos, jogos educativos baseados em tomada de decisão, recursos multimídia e interfaces responsivas para dispositivos móveis. Essa transformação amplia o engajamento e favorece a aprendizagem ativa.

O terceiro componente do modelo corresponde à integração com ferramentas de inteligência artificial, que podem atuar na personalização do conteúdo conforme faixa etária e nível de compreensão, na implementação de assistentes virtuais para esclarecimento de dúvidas, na tradução automática para ampliação do alcance internacional e na análise de dados de interação dos usuários. Aqui a IA é compreendida como instrumento de apoio pedagógico, mas mantendo a centralidade humana na curadoria científica. O modelo prevê ainda a criação de uma plataforma digital integrada, destinada a centralizar os materiais, hospedar as atividades interativas, integrar assistentes virtuais e coletar dados de uso. Essa plataforma pode articular-se com ambientes virtuais de aprendizagem utilizados por escolas públicas e privadas, ampliando o alcance das ações de popularização científica.

Um elemento estruturante do modelo é a definição de indicadores de efetividade, tais como número de acessos e downloads, tempo médio de interação com atividades digitais, número de instituições participantes e avaliações qualitativas de professores e estudantes. A mensuração objetiva transforma a popularização da ciência em processo monitorável e passível de aprimoramento contínuo. O modelo incorpora também um mecanismo de retroalimentação e atualização contínua, no qual os dados coletados orientam ajustes nos

conteúdos, reformulação de atividades e incorporação de novas tecnologias. Esse ciclo transforma a popularização científica em sistema dinâmico, adaptativo e progressivamente aperfeiçoado.

Por fim, o modelo enfatiza a necessidade de articulação institucional, envolvendo secretarias de educação, ministérios competentes, projetos de extensão universitária e políticas públicas alinhadas ao Programa Pop Ciência (Brasil, 2023). Essa integração é condição essencial para que a produção acadêmica alcance efetiva inserção social e educacional. De forma sistêmica, o modelo estrutura-se como um ciclo contínuo que conecta produção científica, transposição didática, digitalização interativa, integração com inteligência artificial, mensuração de impacto e atualização permanente. Ao consolidar esse ecossistema integrado, a popularização da ciência geotécnica deixa de ser apenas produção de material e passa a constituir um processo estruturado, mensurável e replicável em âmbito nacional.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise desenvolvida ao longo deste artigo evidencia que a produção de material didático voltado à popularização da ciência na área geotécnica, no grupo de pesquisa citado, tem sido consistente, criativa e alinhada a princípios de inclusão, sustentabilidade e formação científica. No entanto, somente a produção e disponibilização de cartilhas e livros, mesmo em formato digital , não garante sua efetiva utilização.

O Decreto nº 11.754 (Brasil, 2023) oferece um marco normativo relevante ao estabelecer diretrizes claras para o fortalecimento da cultura científica e para o uso de tecnologias digitais como instrumentos de inclusão e inovação. Contudo, a efetividade dessas diretrizes depende da articulação entre universidades, escolas, secretarias de educação e ambientes digitais.

O uso de tecnologias digitais , incluindo plataformas interativas, objetos de aprendizagem, simulações e ferramentas baseadas em inteligência artificial, apresenta-se como caminho estratégico para ampliar o alcance das publicações já produzidas; tornar o processo de aprendizagem mais ativo e participativo; permitir avaliação do impacto das ações; fortalecer a integração entre educação formal e não formal. Além disso, a interdisciplinaridade surge como elemento estruturante da popularização da ciência, especialmente diante dos desafios contemporâneos relacionados às mudanças climáticas, à gestão sustentável dos recursos naturais e à formação cidadã.

Conclui-se que a popularização da ciência na área geotécnica não depende apenas da produção de conteúdo, mas da construção de ecossistemas de aprendizagem que integrem material didático, tecnologias digitais, políticas públicas e participação social. A consolidação desse modelo poderá contribuir de forma mais efetiva para a alfabetização científica e para o desenvolvimento humano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brasil (2023) *Programa Nacional de Popularização da Ciência - Pop Ciência*. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/D11754.htm. Acesso em: 10/02/2026.

Camapum de Carvalho, J. (2023) Avaliação sucinta da produção em ciência: diálogo entre uma pesquisadora e um cidadão. In: José Camapum de Carvalho et al. (Org.). *Diálogos geotécnicos: convite à reflexão*. 2ed. Brasília. v. 1, p. 17-55.

Camapum de Carvalho, J., Jesus, A. S., Mascarenha, M. M. A., Porto, F. M. R., Luz, M. P. (2018). O que, Onde e Como Ensinar o Conteúdo Geotécnico. Salvador: COBRAMSEG 2018. ABMS, 10 p.

Carvajal, Y. (2010) Interdisciplinariedad: desafío para la educación superior y la investigación. Revista Luna Azul, Colombia, No. 31, p. 156-169, ISSN 1909-2474.

Mascarenha, M. M. A., Camapum de Carvalho, J., Jesus, A. S., Rezende, L. R., Sales, M. M., Luz, M. P. (2023). Interaction of geotechnics with society through education. *Soils & Rocks*, v. 47, p. e2024004023

Vessuri, H. (2008). El futuro nos alcanza: Mutaciones previsibles de la Ciencia y la Tecnología. Capítulo 2. En Ana Lucía Gazzola y Axel Didriksson, (Eds.), Tendencias de la Educación Superior en América Latina y el Caribe. Caracas. 410 p.

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/11

Engenharia Civil e Evasão Estudantil: Análise de Causas e Propostas de Intervenção

Maria Eduarda da Silva Campanati
Discente de Engenharia Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil, maria.campanati@estudante.ufjf.br

Isabela Amar Furtado
Discente de Engenharia Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil, isabela.amar@estudante.ufjf.br

Caio de Souza Oliveira
Discente de Engenharia Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil, caio.souza@estudante.ufjf.br

Cátia de Paula Martins
Docente do Departamento de Transportes e Geotecnia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil, catia.martins@ufjf.br

Júlia Righi de Almeida
Docente do Departamento de Transportes e Geotecnia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil, julia.righi@ufjf.br

RESUMO: A evasão e o desinteresse pelos cursos de Engenharia Civil têm aumentado nas Instituições de Ensino Superior no Brasil, evidenciado uma problemática que revela a crescente desconexão entre a formação tradicional e as expectativas das novas gerações. Neste contexto, o presente trabalho analisa os principais desafios que afetam a permanência dos alunos na universidade, buscando compreender como fatores pedagógicos, tecnológicos e institucionais influenciam tanto o ingresso quanto a continuidade no curso. Para isso, foi realizada uma revisão da literatura que analisa os fatores acima citados, o impacto de metodologias de ensino tradicionais e a necessidade de adoção de práticas pedagógicas mais dinâmicas, interativas e alinhadas às demandas contemporâneas da formação profissional. O trabalho argumenta que abordagens inovadoras que se concentram na aplicação prática do conhecimento e na contextualização do exercício da engenharia, podem aumentar o engajamento e a motivação discente. Como etapa complementar, foram aplicados questionários a estudantes de Engenharia Civil da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), com o objetivo de identificar motivações, dificuldades e percepções sobre o processo de aprendizagem e formação acadêmica. Espera-se, assim, que os resultados obtidos possam subsidiar reflexões e intervenções voltadas ao aprimoramento das práticas pedagógicas, contribuindo para a redução da evasão no curso.

PALAVRAS-CHAVE: Evasão Acadêmica, Engenharia Civil, Geotecnia, Engajamento Estudantil, Fatores de Permanência.

ABSTRACT: Dropout rates and lack of interest in Civil Engineering programs have increased in Higher Education Institutions in Brazil, highlighting a problem that reveals the growing disconnect between traditional education and the expectations of new generations. In this context, the present study analyzes the main challenges affecting students' retention in university, seeking to understand how pedagogical, technological, and institutional factors influence both admission and continuation in the program. To this end, a literature review was conducted to analyze the aforementioned factors, the impact of traditional teaching methodologies, and the need to adopt more dynamic, interactive pedagogical practices aligned with

the contemporary demands of professional education. The study argues that innovative approaches focused on the practical application of knowledge and on contextualizing engineering practice can enhance student engagement and motivation. As a complementary step, questionnaires were administered to Civil Engineering students at the Federal University of Juiz de Fora (UFJF), aiming to identify motivations, difficulties, and perceptions regarding the learning process and academic training. It is therefore expected that the results obtained may support reflections and interventions aimed at improving pedagogical practices, contributing to the reduction of dropout rates in the program.

KEYWORDS: Academic Dropout, Civil Engineering, Geotechnical Engineering, Student Engagement, Retention Factors.

1 INTRODUÇÃO

A evasão estudantil no contexto universitário pode ser descrita como um movimento de abandono realizado por discentes, podendo ser em definitivo ou não, e que gera um impacto imediato tanto para o próprio aluno evadido, quanto para as Instituições de Ensino Superior (IES) e o meio social como um todo (SILVA et al., 2025). Dessa forma, a partir da análise dos dados do Censo de Educação Superior - 2024, fornecidos pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), indicativos como a taxa de evasão atingindo o seu maior índice desde o ano de 2010, totalizando 17,5% no período 2023-2024, e a taxa de desistência acumulada no décimo ano de acompanhamento pelo Censo, representada por 60% dos alunos no recorte de 2015 até 2024, mostram o quão alarmante é o processo de evasão no ensino superior e a recorrência que essa prática vem assumindo.

No ambiente acadêmico do curso de Engenharia Civil, a evasão se mostra uma das principais problemáticas enfrentadas, não somente por gerar perda no investimento financeiro fornecido e impactar a formação profissional na área, mas também pela complexidade do assunto e dificuldade de diagnosticar as principais causas (SANTOS; ZIMMERMANN; LUNKES, 2025). Segundo Veloso, Couto e Valentim (2018), a discussão em torno do tema, além de válida, revela a área de Engenharia como umas das mais desgastadas pelo processo de evasão, permitindo a realização cada vez mais crescente de estudos e levantamentos sobre as principais motivações.

Das prováveis causas que levam à evasão estudantil, alguns pontos podem ser levantados a partir do perfil do discente, como sua realidade socioeconômica, gênero e raça, sendo variáveis que contribuem no sentido de representatividade e inserção do indivíduo no meio acadêmico (RODRIGUES; RODRIGUES; BARBOSA, 2024). Outras motivações podem ser advindas de desafios enfrentados pelas IES, como a necessidade de políticas de permanência, nivelamento do embasamento teórico entre os ingressantes, e a garantia de um espaço de acolhimento para todos estudantes, como apontam Farias, Gouveia e Almeida (2024). Ademais, existe também a preocupação com o uso de metodologias tradicionais e repetitivas como motivo de evasão, o que revela, trazendo para o contexto da Geotecnia, a importância da aplicação e inserção de metodologias ativas no processo de ensino a partir de um envolvimento docente e institucional na aplicação dessa abordagem (BORGES; CHRUSCIAK; LOPES, 2024).

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo identificar e analisar os principais fatores associados ao aumento da evasão estudantil. Além disso, o trabalho promove discussões sobre as mudanças do cenário acadêmico e do avanço de carreiras tecnológicas nos dias atuais, acompanhadas do impacto das metodologias aplicadas e da relevância de experiências práticas na permanência e formação profissional, que podem ser visualizadas no ensino da engenharia geotécnica.

2 CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDANTES NO CONTEXTO DA EVASÃO

No que tange os desafios de adaptação na área de estudo, discentes de engenharia são avaliados como os que apresentam índices menos satisfatórios de rendimento acadêmico quando comparados a outros ramos pertencentes às universidades, como ciências humanas e sociais (ALMEIDA, 2007). Dessa forma, destacando a influência de matérias que são baseadas em conhecimentos de Física, Química e Matemática na

grade curricular da engenharia, é possível relacionar o baixo rendimento nessas disciplinas que exigem maior repertório escolar como um agente causador de desmotivação discente (ALVES; MANTOVANI, 2016).

Ademais, com o avanço temporal na realidade universitária do Brasil, o perfil do estudante foi se diversificando a partir do aumento de cotas de ingresso e políticas de permanência, garantindo uma participação maior de estudantes de baixa renda, negros e formados em escolas públicas, contemplando nichos que antes não eram realidade nas universidades (FARIAS; GOUVEIA; ALMEIDA, 2024).

Segundo Santos, Zimmermann e Lunkes (2025), essas transformações geraram novos motivos de evasão nas universidades, como discrepâncias socioeconômicas entre os ingressantes e a falta de embasamento teórico para o aprendizado nas disciplinas, denotando uma carência de nivelamento do conteúdo demandado pelos cursos e de um acompanhamento contínuo de cotistas, que figuram como o grupo que mais sofre com o processo de evasão. No ambiente da Engenharia Civil, é possível perceber que a sua composição, por ser considerada uma faculdade de maior prestígio social, acaba gerando o sentimento de não pertencimento e dificuldade de inserção dos discentes, seja por falta de políticas educacionais ou por ausência de representatividade de mesmo gênero, estrato social e raça que o aluno em questão (RODRIGUES; RODRIGUES; BARBOSA, 2024).

Independentemente da pluralidade de perfis discentes, alguns pontos levantados sobre a avaliação da evasão no ensino superior de engenharia se mostram interligados com os entraves financeiros que alguns alunos podem passar durante o processo de graduação. De forma geral, Reis, Cunha e Spritzer (2012) apontam, dentre outras causas, a necessidade de trabalhar, subsídios insuficientes para manutenção nas IES e salários melhores em outras áreas de atuação como causas do desgaste entre curso e estudante. O trabalho de Alves e Mantovani (2016) contribui para a análise da problemática destacando que a ausência de dedicação de horas para a aprendizagem se justifica pelo número considerável de estudantes entrevistados que trabalham e contribuem na renda familiar, trazendo a necessidade da prática laboral como uma das principais causas que levam os afetados ao processo de evasão e não comparecimento em aulas. Outra motivação destacada pelos autores, fugindo da lógica de desafios socioeconômicos apresentados, é a falta de interesse dos alunos por livros didáticos das bibliotecas presentes nas universidades e o uso do espaço disponibilizado, o que revela a falta de atratividade que o ambiente acadêmico exerce no discente.

3 PROBLEMÁTICAS NA ÁREA DE ENGENHARIA CIVIL

Além do reconhecimento de fatores que dizem respeito às particularidades e à formação de um estudante evadido, também foram consideradas motivações advindas da Engenharia que contribuem para o processo de evasão. Dessa forma, um dos pontos estudados foi o movimento recente de maior interesse dos estudantes em carreiras de cunho tecnológico devido à crescente digitalização da contemporaneidade, como apontado no trabalho de Feitosa e Dal-Farra (2024), onde alunos do ensino médio se mostraram mais suscetíveis a trilharem áreas tecnológicas como a Engenharia de Computação.

Ademais, outro viés abordado como motivador do processo de evasão diz sobre as metodologias aplicadas durante a realização do curso. Abordagens de ensino onde o estudante se porta apenas como um ouvinte na sala de aula, sem práticas envolvendo interdisciplinaridade e a promoção do pensamento crítico e autônomo, se mostram defasadas na realidade atual e acompanhadas de um sentimento de desestímulo dos discentes (SUTILI; RAINIERI, 2022). Dessa maneira, a resistência e a incapacidade das IES de acompanhar as mudanças e evoluções no cenário estudantil podem ser apontadas com potencializadores do processo de evasão no ensino superior, sendo denotadas pela necessidade de renovação dessas práticas tradicionais, visando uma maior adesão dos alunos (REIS; CUNHA; SPRITZER, 2012). Nesse sentido, Lyra et al. (2016) aponta que o desenvolvimento de atividades práticas, além da contribuição futura que pode gerar no mercado de trabalho, acarreta em uma aceitação maior dos alunos em relação às atividades propostas e pode promover uma transformação positiva no ensino-aprendizagem do meio universitário.

4 METODOLOGIA

O artigo caracterizou-se pelo desenvolvimento e aplicação de um instrumento de coleta de dados inicial com os discentes da Universidade Federal de Juiz de Fora. Para isso, optou-se pela utilização de um

questionário digital estruturado na plataforma Google Forms, ferramenta escolhida pela sua eficiência na compilação dos dados e acessibilidade. A construção do formulário foi realizada como uma etapa fundamental de alinhamento, com o objetivo de definir as variáveis mais pertinentes ao contexto da universidade e garantir a objetividade das perguntas propostas.

O formulário aplicado foi estruturado em duas seções principais, organizadas de modo a captar, inicialmente, a percepção geral do estudante sobre o curso de Engenharia Civil e, posteriormente, seu perfil individual e contexto social, permitindo a análise integrada desses fatores.

A primeira seção teve como foco a vivência acadêmica do discente no curso de Engenharia Civil, abordando aspectos relacionados às dificuldades enfrentadas ao longo da graduação e aos fatores que impactam sua permanência. Foram indagados elementos como os principais fatores de desestímulo percebidos atualmente no curso, a quantidade de horas destinadas ao estudo fora da universidade, a percepção sobre a dificuldade de permanecer na graduação, a existência de pensamentos relacionados à evasão e o aproveitamento do espaço universitário. Ainda nesta primeira seção, o instrumento incluiu questões voltadas ao uso da Inteligência Artificial no contexto da graduação, buscando identificar se os estudantes utilizam essas ferramentas, de que maneira elas contribuem para o processo de aprendizagem e como influenciam a construção do conhecimento. Também foram exploradas as áreas da Engenharia Civil com as quais os discentes demonstram maior identificação — como Construção Civil, Estruturas, Engenharia Sanitária e Ambiental, Mecânica Aplicada e Computacional, Transportes e Geotecnia — bem como a percepção sobre quais dessas áreas, no âmbito da UFJF, possibilitam maior desenvolvimento de metodologias ativas de ensino-aprendizagem.

A segunda seção do formulário foi destinada à caracterização do perfil individual dos estudantes, com ênfase na maturidade pessoal e no contexto socioeconômico. Nessa etapa, coletaram-se informações referentes à idade de ingresso no curso, idade atual, ano de matrícula, bem como dados de autodeclaração relacionados a gênero e raça/cor, respeitando os critérios adotados em pesquisas acadêmicas e estatísticas oficiais. Adicionalmente, investigou-se a condição financeira, a realização de atividade remunerada concomitante à graduação e a autopercepção quanto à maturidade emocional ao longo do curso. Com isso, a articulação entre ambas as etapas possibilita uma análise integrada dos fatores acadêmicos, pessoais e sociais associados à permanência, ao desestímulo e à evasão no curso de Engenharia Civil.

Após o desenvolvimento do formulário, este foi divulgado, durante o período de um mês, por meio de grupos de WhatsApp de turmas vinculadas a disciplinas do curso e também em grupos gerais de Engenharia Civil, com o objetivo de alcançar estudantes regularmente matriculados. A participação foi voluntária e anônima, permitindo que os interessados contribuíssem de forma livre e espontânea com suas percepções e experiências. Essa estratégia de divulgação buscou ampliar o alcance do formulário e contemplar diferentes trajetórias acadêmicas, possibilitando uma visão mais abrangente sobre os fatores relacionados à permanência, ao desestímulo e à evasão no curso de Engenharia Civil da UFJF.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização do perfil dos respondentes evidencia aspectos relevantes para a compreensão da evasão estudantil no curso de Engenharia Civil. O questionário contou com a participação de 48 estudantes regularmente matriculados, sendo a maioria composta por jovens que ingressaram na universidade entre 18 e 20 anos (81,3%). Atualmente, observa-se concentração significativa entre 21 e 23 anos (56,3%), indicando que parte expressiva dos respondentes se encontra nos períodos intermediários da graduação. Constatou-se ainda que 62,5% dos participantes se autodeclaram do gênero feminino e 37,5% do gênero masculino. Quanto à raça/cor, 72,9% se autodeclararam brancos e 22,9% pardos, havendo pequena representatividade de estudantes pretos.

Quanto ao perfil socioeconômico, verificou-se que, embora a maioria declare possuir condição financeira estável, 33,3% dependem de auxílios institucionais para permanência no curso, e 52,1% exercem atividade remunerada concomitante à graduação. Esses dados dialogam diretamente com Reis, Cunha e Spritzer (2012), que apontam entraves financeiros e necessidade de trabalhar como fatores determinantes no desgaste entre estudante e curso. Alves e Mantovani (2016) também identificam que a dupla jornada compromete o tempo dedicado às atividades acadêmicas, podendo impactar o rendimento e contribuir para a

evasão. Essa relação torna-se ainda mais evidente quando se analisa o tempo destinado aos estudos fora da sala de aula: 33,3% afirmaram dedicar entre 4 e 6 horas semanais ao curso, 25% entre 2 e 4 horas, 16,7% entre 6 e 8 horas e 16,7% mais de 8 horas, enquanto 8,3% relataram dedicar menos de 2 horas semanais.

No que se refere à trajetória acadêmica, embora os estudantes relatem percepção entre média e positiva sobre o desempenho nos períodos iniciais, 60,4% afirmaram já ter considerado desistir do curso. Esse resultado reforça a perspectiva de que a evasão não está associada exclusivamente ao baixo rendimento, mas a fatores estruturais, pedagógicos e institucionais. Tal constatação corrobora a análise de Santos, Zimmermann e Lunkes (2025), que destacam a complexificação dos motivos de evasão diante da diversificação do perfil discente nas universidades brasileiras. Quanto ao aproveitamento do espaço universitário disponibilizado, as avaliações situaram-se majoritariamente entre as notas 5 e 8, com maior frequência na nota 7 (27,1%).

Entre os principais elementos de desestímulo relatados destacam-se a ausência de contato com disciplinas específicas da Engenharia Civil durante o ciclo básico e o uso predominante de metodologias tradicionais e repetitivas. Esse resultado confirma o que Sutili e Rainieri (2022) apontam sobre a defasagem de modelos de ensino excessivamente expositivos, nos quais o estudante assume posição passiva, gerando distanciamento entre teoria e prática e reduzindo o engajamento.

No que se refere ao uso de Inteligência Artificial na graduação, 60,4% dos estudantes afirmaram utilizá-la com frequência para a realização de atividades acadêmicas. Quanto ao impacto dessas ferramentas na construção do conhecimento, 52,1% avaliaram como equilibrado, considerando aspectos positivos e negativos, e 43,8% como majoritariamente aspectos positivos, não havendo predominância de percepções negativas.

Nesse contexto, a análise da percepção dos estudantes acerca do uso de metodologias não tradicionais revela um dado expressivo: a área de Transportes e Geotecnia foi apontada pelos respondentes como aquela em que tais metodologias são mais observadas, como ilustrado na Figura 1. Esse resultado torna-se particularmente relevante quando comparado ao estudo desenvolvido nas disciplinas Elementos de Geologia e Geologia Ambiental da UFJF, no qual a aplicação de metodologias ativas, como sala de aula invertida, estudos de caso e gamificação, foi amplamente bem avaliada pelos estudantes, que relataram maior engajamento, melhor fixação do conteúdo e maior compreensão da aplicação prática dos conhecimentos (FARIA et al., 2024).

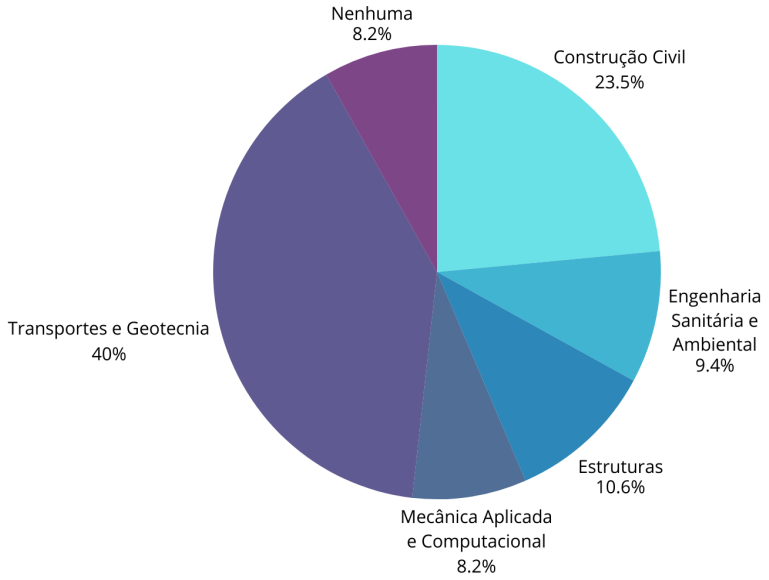


Figura 1. Gráfico das áreas da Engenharia Civil com maior utilização de metodologias não tradicionais, segundo os estudantes.
Fonte: Os autores

Além disso, esse dado torna-se ainda mais relevante ao observar que esses resultados convergem com o percentual identificado na presente pesquisa, uma vez que essa mesma área também foi a mais citada quanto à identificação dos estudantes com a graduação, indicando uma relação direta entre metodologia de ensino e vínculo acadêmico, como pode-se observar na Figura 2.

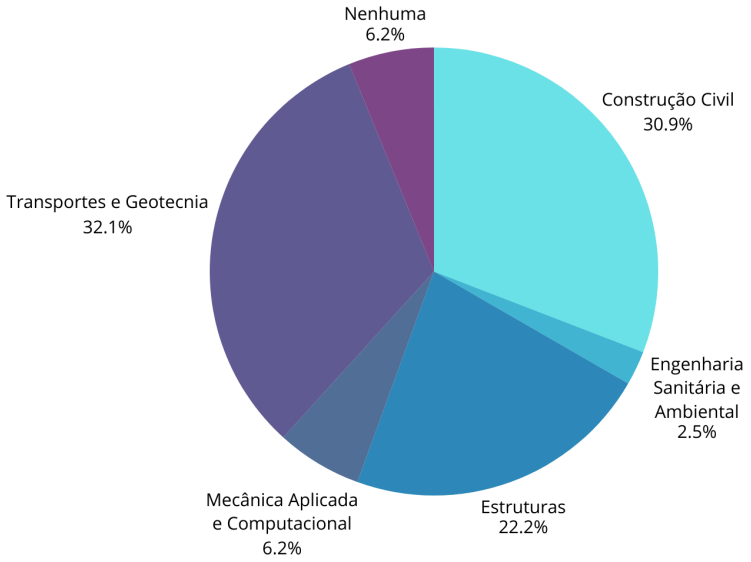


Figura 2. Gráfico das áreas da Engenharia Civil com maior identificação discente.
Fonte: Os autores

Destaca-se ainda, que o Departamento de Construção Civil também foi mencionado de forma significativa, correspondendo a 23,5% das respostas na Figura 1 e 30,9% das respostas na Figura 2.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo identificar e analisar os principais fatores associados ao aumento da evasão estudantil no curso de Engenharia Civil, bem como discutir a influência das metodologias de ensino e das transformações no cenário acadêmico contemporâneo na permanência discente. A partir da revisão da literatura e da aplicação de questionário aos estudantes da Universidade Federal de Juiz de Fora, foi possível compreender que a evasão não está relacionada a um único fator, mas resulta da articulação entre aspectos socioeconômicos, pedagógicos e institucionais.

Os dados coletados evidenciaram que parte significativa dos estudantes concilia a graduação com atividade remunerada e que muitos dependem de auxílios institucionais, reforçando a influência das condições financeiras na trajetória acadêmica. Além disso, mesmo entre alunos que avaliam seu desempenho como satisfatório, observou-se que mais da metade já considerou desistir do curso, indicando que o desestímulo ultrapassa questões puramente acadêmicas.

Entre os fatores mais mencionados, destacam-se a predominância de metodologias tradicionais, a ausência de maior contato com disciplinas específicas da Engenharia Civil nos períodos iniciais e a dificuldade de articulação entre teoria e prática. Em contrapartida, áreas nas quais os estudantes percebem maior aplicação de metodologias ativas — como Transportes e Geotecnia — também foram apontadas como aquelas com maior identificação discente, sugerindo uma relação direta entre práticas pedagógicas dinâmicas e fortalecimento do vínculo acadêmico.

Dessa forma, pode-se afirmar que os objetivos propostos no estudo foram alcançados, uma vez que a pesquisa permitiu identificar os principais fatores associados à evasão no contexto analisado e discutir possíveis caminhos de enfrentamento. Os resultados reforçam que a adoção de metodologias ativas, a contextualização profissional desde os períodos iniciais e o fortalecimento de políticas de permanência constituem estratégias relevantes para a redução da evasão e para a promoção de um ensino mais alinhado às demandas contemporâneas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UFJF pela concessão da bolsa de iniciação científica BIC/UFJF, vinculada ao projeto de pesquisa intitulado “Evasão nos cursos de Engenharia Civil: Causas, Impactos e Perspectivas Futuras”, coordenado pela autora Júlia Righi de Almeida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, L. S. (2007) Transição, adaptação académica e êxito escolar no ensino superior.

Alves, M. F. S., Mantovani, K. L. (2016) Identificação do perfil dos acadêmicos de engenharia como uma medida de combate à evasão. Revista de Ensino de Engenharia, 35 (2).

Borges, C. R., Chrusciak, M. R., Lopes, B. C. F. L. (2024) A experiências de docentes no desenvolvimento e implementação de metodologias ativas no ensino de geotecnia. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica – COBRAMSEG 21, Anais... Disponível em: <http://doi.org/10.47094/COBRAMSEG2024/122>. Acesso em: 19 fev. 2026.

Faria, S. R. et al. (2024) Análise da aplicação de metodologias ativas no desenvolvimento de competências em Engenharia Civil e Ambiental. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica – COBRAMSEG 21, Balneário Camboriú. Anais... COBRAMSEG.

Farias, R. V., Gouveia, V. V., Almeida, L. S. (2024) Indicadores do sucesso acadêmico na educação superior: análise segundo natureza dos cursos. Psicologia Escolar e Educacional, 28, e252060.

Feitosa, W. G., Dal-Farra, R. A. (2024) O interesse de estudantes do ensino médio em cursos de engenharia ao longo da realização de práticas educativas contextualizadas. Revista de Gestão e Secretariado, 15 (9), e4117. Disponível em: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/4117>. Acesso em: 19 fev. 2026.

Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira – INEP (2025) Censo da Educação Superior 2024. Diretoria de Estatísticas Educacionais, Brasília. Disponível em: <https://download.inep.gov.br/educacao_superior/censo_superior/documentos/2024/apresentacao_censo_da_educacao_superior_2024.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2026.

Lyra, M. V. M., Lopes, J. C., Carvalho, M. G., Opolski, W. J., França, F. A. N. (2016) Proposição de melhorias no ensino de engenharia por meio de atividades não convencionais. In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE 44, Natal, RN. Anais...

Reis, V. W., Cunha, P. J. M., Spritzer, I. M. P. A. (2012) Evasão no ensino superior de engenharia no Brasil: um estudo de caso no CEFET/RJ. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia – COBENGE 40, Belém, PA. Anais...

Rodrigues, R. O., Rodrigues, E. B., Barbosa, R. T. O. (2024) Vivências acadêmicas: adaptação de estudantes do curso de Engenharia Civil. Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior, 29, e024021.

Santos, J. G. Q., Zimmermann, C. C., Lunkes, R. D. R. (2025) Evasão em curso de Engenharia Civil: estudo sobre o perfil estudantil e dos tipos de evasão ocorridos na Universidade Federal de Santa Catarina. Revista PET Brasil, 5 (2), p. 56-69.

Silva, I. L., Gomes, G. H. G., Landim, J. M. M., Rocha, H. G., Freitas, L. R., Oliveira, G. F. (2025) A evasão acadêmica em uma universidade pública do Sul do Ceará. ID on line. Revista de Psicologia, 19 (76), p. 79-100. Disponível em: <https://idonline.emnuvens.com.br/id/article/view/4190>. Acesso em: 19 fev. 2026.

Sutili, F. K., Raineri, I. A. D. (2022) Metodologias ativas na formação do engenheiro do século XXI: desafios e reflexões. Olhar de Professor, 25, p. 1-23.

Veloso, C. M. L., Couto, A. D. C. S. R., Valentim, M. D. C. (2018) O nivelamento escolar como instrumento de redução da evasão no curso de Engenharia Civil – FACEMG. The Journal of Engineering and Exact Sciences, 4 (4), p. 399-404.

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/12

Estratégias de Gamificação no Ensino de Engenharia: Estudo de Caso aplicado à Geotecnia

Lucas Eduardo Dornelles
Doutorando, Univeridade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, lucascivilufsm@gmail.com

Clara Gabriela Miranda Miotti
Graduanda, Univeridade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, clara.mirandamiotti@gmail.com

Artur Lazzarotto Modler
Graduando, Univeridade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, modlerartur@gmail.com

Magnos Baroni
Professor Doutor, Univeridade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, magnos.baroni@gmail.com

RESUMO: A gamificação em sala de aula consiste em uma metodologia de ensino que incorpora elementos característicos dos jogos com o objetivo de tornar o processo de aprendizagem mais atrativo, dinâmico e interativo. Essa abordagem pode envolver o uso de quizzes, jogos educativos, plataformas digitais e outras atividades que estimulem a participação ativa dos estudantes. Neste contexto, o presente trabalho apresenta um estudo de caso sobre a aplicação da gamificação em uma turma de graduação da área de Geotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. Para a implementação da metodologia, foi utilizada a plataforma Kahoot, um ambiente virtual que permite a criação de questionários interativos e jogos de perguntas e respostas voltados à revisão de conteúdos. A coleta de dados baseou-se no registro de feedbacks de todos os participantes, tanto dos estudantes quanto do professor responsável pela disciplina. Os resultados apontaram um aumento significativo na motivação e no engajamento dos alunos, que demonstraram maior interesse pelas aulas e participação mais ativa nas atividades propostas. Apesar dos resultados positivos, a aplicação da gamificação ainda enfrenta alguns desafios, especialmente relacionados à disponibilidade de recursos tecnológicos e infraestrutura, que nem sempre estão acessíveis em todas as instituições de ensino ou para todos os estudantes.

PALAVRAS-CHAVE: Metodologias de ensino, Gamificação, Jogos educacionais, Engenharia Geotécnica.

ABSTRACT: Gamification in the classroom consists of a teaching methodology that incorporates elements typical of games in order to make the learning process more attractive, dynamic, and interactive. This approach may involve the use of quizzes, educational games, digital platforms, and other activities that encourage active student participation. In this context, the present work presents a case study on the application of gamification in an undergraduate class in the field of Geotechnics at the Federal University of Santa Maria. To implement the methodology, the Kahoot platform was used, a virtual environment that allows the creation of interactive questionnaires and question-and-answer games aimed at content review. Data collection was based on the feedback provided by all participants, including both the students and the professor responsible for the course. The results indicated a significant increase in student motivation and engagement, with students demonstrating greater interest in the classes and more active participation in the proposed activities. Despite the positive results, the implementation of gamification still faces some challenges, particularly related to the availability of technological resources and infrastructure, which are not always accessible in all educational institutions or for all students.

KEYWORDS: Teaching methodologies, Gamification, Educational games, Geotechnical Engineering.

1 INTRODUÇÃO

A gamificação aplicada à educação configura-se como uma estratégia pedagógica que incorpora elementos típicos dos jogos com o objetivo de tornar as aulas mais dinâmicas e interativas. Por meio de recursos como quizzes, jogos digitais e plataformas online, essa abordagem busca estimular a participação ativa dos estudantes. Embora seja amplamente utilizada na educação infantil e no ensino fundamental, a gamificação também tem demonstrado eficácia no ensino superior, ao promover maior engajamento e facilitar a compreensão dos conteúdos.

Nas últimas décadas, observa-se um crescimento significativo na produção científica voltada aos jogos educativos digitais, evidenciando o aumento do interesse da comunidade acadêmica quanto ao potencial pedagógico dessas ferramentas. Diversos estudos têm investigado como os jogos digitais podem contribuir de forma eficaz para o processo de ensino e aprendizagem (NEVES et al., 2015). Essas pesquisas abrangem diferentes níveis de ensino, da educação básica ao ensino superior, e contemplam variadas áreas do conhecimento, ressaltando o caráter interdisciplinar e inovador dos jogos digitais no contexto educacional.

Os jogos educativos digitais constituem uma estratégia pedagógica ativa, capaz de potencializar o ensino e a aprendizagem de diversos conteúdos em sala de aula (CARVALHO et al., 2023). Nesse contexto, Pereira e Barwaldt (2022) destacam que tais jogos se mostram ferramentas eficazes para engajar os participantes, promovendo a socialização e a aprendizagem colaborativa.

Além disso, Escobar e Bernardi (2025) ressaltam que o uso de tecnologias educacionais tem ganhado espaço na busca pela melhoria dos processos de ensino e aprendizagem. Embora o ensino ainda esteja amplamente baseado em métodos tradicionais, como aulas expositivas e exercícios práticos, o avanço das novas tecnologias tem ampliado as possibilidades de recursos pedagógicos disponíveis.

Ritter e Bulegon (2022), ao discutirem a gamificação como estratégia para potencializar a aprendizagem, identificaram os aspectos que, segundo os professores, são mais relevantes na avaliação de jogos educacionais digitais. Para os autores, é fundamental que o jogo seja interativo, apresente regras claras, ofereça feedback imediato e construtivo e possua objetivos bem definidos.

Este artigo apresenta um estudo de caso centrado na aplicação de um jogo educacional digital em uma turma de graduação do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria. A pesquisa tem como objetivo principal aprofundar a compreensão de docentes e mediadores acerca das metodologias didáticas envolvidas no uso de jogos digitais como ferramenta de apoio ao ensino superior. Além disso, busca fornecer subsídios teóricos e práticos que contribuam para a qualificação e o aprimoramento das práticas pedagógicas futuras, promovendo ambientes de aprendizagem mais dinâmicos, interativos e alinhados às demandas contemporâneas da educação universitária.

2 METODOLOGIA

A metodologia deste estudo consistiu na aplicação de um jogo educacional de perguntas e respostas em uma turma da disciplina de Mecânica dos Solos do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria. A proposta buscou incorporar elementos de gamificação ao processo de ensino-aprendizagem, tornando a revisão de conteúdos mais dinâmica, interativa e centrada no estudante.

A atividade foi fundamentada em abordagens de ensino ativo, nas quais a gamificação é compreendida como o uso de elementos de jogos em contextos educacionais para estimular o engajamento e a participação dos alunos. Nesse sentido, o jogo foi planejado com objetivos pedagógicos específicos: avaliar o potencial da gamificação como estratégia didática no ensino superior, utilizar o quiz como ferramenta de revisão dos conteúdos da disciplina, estimular a participação ativa e colaborativa dos estudantes e testar uma metodologia de avaliação da eficácia de jogos digitais no contexto universitário.

O jogo foi desenvolvido por um doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UFSM e aplicado por meio da plataforma Kahoot, amplamente utilizada em práticas de ensino gamificadas. A atividade contou com 25 questões nos formatos de múltipla escolha e verdadeiro ou falso, abordando os principais conteúdos da primeira metade do programa da disciplina.

A aplicação ocorreu em uma turma composta por 29 estudantes, durante a última aula antes da primeira avaliação formal da disciplina. A escolha desse momento teve como objetivo revisar os conteúdos de forma

lúdica, reduzir a tensão pré-avaliativa e fortalecer a aprendizagem por meio de uma experiência colaborativa.

Como forma de incentivo, todos os participantes receberam um brinde, e os três estudantes com melhor desempenho foram premiados. Essa estratégia contribuiu para aumentar o engajamento e promover uma competição saudável entre os alunos.

De modo geral, a atividade demonstrou o potencial das ferramentas digitais gamificadas para apoiar o processo de ensino-aprendizagem no ensino superior, especialmente em áreas técnicas como a Engenharia Civil, ao estimular a participação dos estudantes e favorecer a consolidação do conhecimento.

2.1 Jogabilidade e motivação

Para avaliar a jogabilidade e o nível de motivação proporcionado pela atividade, foi aplicado um questionário de avaliação aos estudantes (Quadro 1), elaborado com base no instrumento proposto por Rodrigues (2014). Após a participação no jogo, os alunos responderam ao questionário, fornecendo feedback sobre a experiência.

Quadro 1 - Avaliação por parte dos alunos

OPINIÃO DO ALUNO	SIM	EM PARTE	NÃO
O jogo funcionou como uma etapa adicional de revisão para a prova			
O tempo para compreensão e resposta das perguntas foi adequado			
Eu não me senti cansado durante a participação no jogo, queria responder todas as perguntas			
Gostaria de jogar novamente o jogo			
Vou lembrar do que revisei no jogo quando estiver realizando a avaliação da disciplina			
Gostei da interface de apresentação do jogo			
Consegui compreender todas as regras do jogo			
Não tive dificuldade em relação ao uso do aplicativo e/ou site usado no jogo			
Achei o jogo interessante e me senti motivado a participar			
O fato de o jogo ter premiação me motivou ainda mais			
Gostaria de participar de jogos similares em outras disciplinas			

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2014).

Nesta avaliação, foi utilizada uma escala qualitativa composta por três possíveis pontuações: zero, meio ponto ou um ponto. O método de análise proposto considera o somatório dos itens avaliados para classificar o jogo, em cada aspecto analisado, nas categorias “ótimo”, “bom”, “regular” ou “ruim”. A pontuação é atribuída da seguinte forma: um ponto para respostas “sim”, meio ponto para “em parte” e zero para “não”. O total obtido é então relacionado ao respectivo aspecto e consultado na Tabela de Conceitos (Quadro 2), adaptada de Rodrigues (2014), para definição da classificação.

Quadro 2 - Tabela de conceitos para categorizar os jogos educacionais

TABELA DE CONCEITOS		
OPINIÃO DOS ALUNOS	**ASPECTOS PEDAGÓGICOS**	**CONCEITO DO JOGO**
8,5 a 11 pontos	12 a 15 pontos	ÓTIMO
5,5 a 8,0 pontos	8,5 a 11,5 pontos	BOM
3 a 5 pontos	4,5 a 8,0 pontos	REGULAR
0 a 2,5 pontos	0 a 4 pontos	RUIM

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2014).

Essa avaliação permite ao professor embasar a decisão sobre a reutilização, ou não, do jogo em outras turmas.

2.2 Avaliação pedagógica

Para avaliar a qualidade pedagógica do jogo, foi utilizado um segundo questionário (Quadro 3), adaptado de Rodrigues (2014), respondido pelo professor da disciplina. Nessa avaliação, também se adotou uma escala qualitativa, com pontuação de zero, meio ponto ou um ponto para cada item. O somatório das pontuações permite classificar o jogo como "ótimo", "bom", "regular" ou "ruim", seguindo a mesma metodologia aplicada na avaliação anterior.

Quadro 3 - Avaliação dos aspectos pedagógicos

ASPECTOS PEDAGÓGICOS	SIM	EM PARTE	NÃO
O jogo trabalha aspectos necessários para atender o objetivo proposto.			
O jogo aborda temas transversais.			
Desperta o interesse do aluno pelo conteúdo trabalhado, de forma inteligente e envolvente.			
É desafiador, pois motiva o aluno a resolver as situações propostas.			
Possibilita ao aluno desenvolver estratégias de ação que permite a solução das situações-problemas com facilidade.			
Ao jogar o aluno nem percebe que está estudando.			
O jogo apresenta de modo adequado, um reforçador positivo para as respostas corretas.			
Oferece feedback do progresso do aluno durante o uso do jogo, como pontuação ou qualidades, por exemplo.			
Oferece um resumo de desempenho global no final do jogo.			
Durante os exercícios propostos, o enunciado é apresentado de forma clara permitindo ao aluno entender o que está sendo pedido.			
O jogo valoriza o desenvolvimento pessoal do aluno ou do grupo.			
O jogo possibilita a prática dos conteúdos abordados pelo professor em sala de aula.			
As atividades propostas durante o jogo são fidedignas aos conteúdos curriculares.			
Há possibilidade de interação entre os alunos, como: troca de experiência ou trabalho cooperativo.			
Quando o aluno erra a resposta do jogo é agradável, não constrangedor.			

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2014).

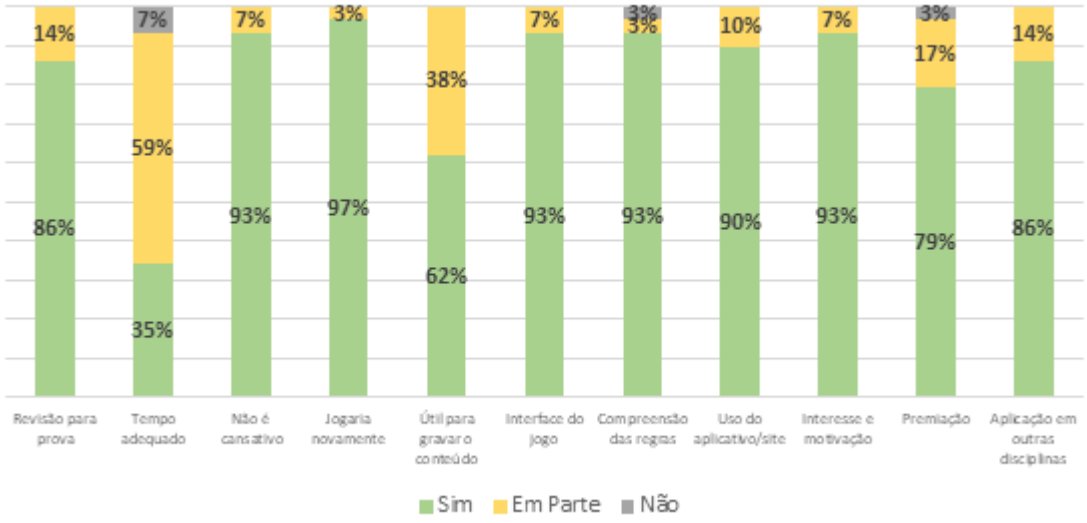
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Avaliação do feedback dos alunos

De modo geral, os resultados indicam uma avaliação bastante positiva dos estudantes em relação ao uso do jogo como recurso pedagógico (Figura 1). A maior parte das respostas concentrou-se na opção "Sim",

demonstrando satisfação com diferentes aspectos da atividade, especialmente aqueles relacionados à dinâmica do jogo, à interface utilizada e à sua contribuição para o processo de aprendizagem.

Figura 1 - Resultados da avaliação por parte dos alunos



Fonte: Autores (2026)

A partir da análise, destaca-se que a vasta maioria (96,6%) dos alunos gostaria de jogar novamente o jogo, o que demonstra um alto grau de aceitação e interesse em repetir a experiência. Além disso, o jogo conseguiu manter o engajamento e não causou fadiga, enquanto que o design e a apresentação visual foram bem avaliados. No que tange às regras, a grande maioria dos alunos (93,1%) conseguiu compreender todas as regras do jogo, o que mostra clareza nas instruções e facilidade de entendimento. Este mesmo percentual de alunos sinalizou que achou o jogo interessante e se sentiu motivado a participar, o que confirma o potencial motivador da atividade.

Em relação à jogabilidade, a maior parte (89,7%) dos alunos não teve dificuldade em relação ao uso do aplicativo ou site, enquanto que 10,3% dos alunos apontaram dificuldades técnicas, o que merece atenção em termos de acessibilidade ou suporte. A maioria dos alunos percebe o jogo como um reforço eficaz para a avaliação da disciplina (86,2%), embora 13,8% tenha indicado que isso ocorreu apenas em parte. Em adição, o alto percentual de alunos que gostaria de participar de jogos similares em outras disciplinas reforça que os alunos veem valor nessa abordagem para além da disciplina atual.

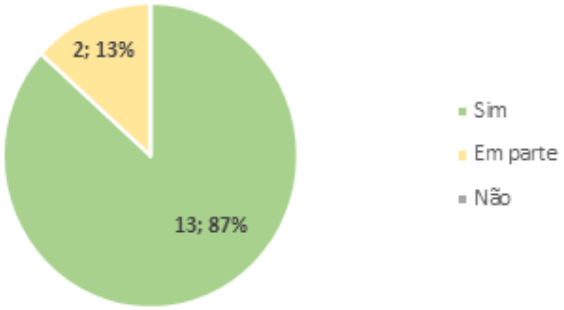
Apesar de a premiação ser um fator motivacional, há uma parcela de 20,6% (somando “em parte” e “não”) que demonstra que a premiação não é decisiva para todos. O aspecto que demanda mais atenção é o tempo para compreensão e resposta das perguntas, o item com menor percentual de respostas positivas. Mais da metade dos alunos achou o tempo apenas parcialmente adequado, e 6,9% consideraram inadequado. Esse ponto sugere a necessidade de ajuste na gestão do tempo, seja aumentando o prazo de resposta ou otimizando as perguntas do jogo.

Por fim, embora a maioria dos alunos concorde que o jogo contribui para a retenção do conteúdo, o fato de uma parcela significativa responder “em parte” sugere que, embora o jogo auxilie, ele talvez não seja suficiente isoladamente para garantir fixação total dos conteúdos, funcionando melhor como um complemento.

3.2 Avaliação pedagógica

A partir do feedback fornecido pelo professor, foi possível avaliar que o jogo atendeu aos objetivos propostos, uma vez que trabalha bem os aspectos necessários para esse objetivo. Dos 13 aspectos pedagógicos abordados, apenas dois tiveram resultado parcial de atendimento, sendo eles relativos à 1) possibilidade de o aluno desenvolver estratégias de ação que permite a solução das situações-problemas com facilidade e 2) possibilidade de interação entre os alunos, como: troca de experiência ou trabalho cooperativo. A Figura 2 apresenta a avaliação pedagógica realizada pelo professor da disciplina.

Figura 2 - Avaliação dos aspectos pedagógicos pelo professor da disciplina



Fonte: Autores (2026)

Ao abordar temas transversais, a atividade vai além do conteúdo específico, trazendo discussões interdisciplinares. Além disso, o jogo conseguiu captar a atenção dos alunos de uma forma inteligente, estimulou o raciocínio e manteve os alunos engajados. Em adição, o jogo proporcionou uma aprendizagem onde o aluno nem percebe que está estudando, reforçada pela valorização das respostas corretas. O feedback, fornecido durante e ao final do jogo, traz informações sobre o progresso do aluno, como pontuação e indicadores qualitativos. As instruções do jogo foram bem elaboradas, o que facilitou a compreensão das atividades.

Ainda, verifica-se que o jogo serviu como um complemento ao conteúdo da sala de aula, promovendo o desenvolvimento pessoal e do grupo. As perguntas são coerentes com os objetivos curriculares e não existe um tratamento negativo dos erros, ou seja, quando o aluno erra, o jogo oferece uma resposta que não é constrangedora.

Por outro lado, por mais que exista uma possibilidade de troca ou trabalho em equipe, eles não foram plenamente explorados neste jogo. Isso se deve ao estilo de jogo utilizado, mais individual e com interações limitadas. Além disso, o jogo não tem um foco direcionado para a resolução de problemas mais complexos, uma vez que as soluções são direcionadas e não tão abertas à exploração de caminhos variados.

3.3 Avaliação dos conceitos do jogo

A Tabela 1 apresenta a frequência das notas atribuídas pelos alunos, com um total de 29 respostas. A média obtida foi de 9,90, o que, de acordo com o critério de classificação adotado, corresponde ao conceito “Ótimo”. A distribuição das notas evidencia um elevado nível de satisfação e uma avaliação bastante positiva dos estudantes em relação ao uso do jogo como ferramenta pedagógica. As poucas avaliações inferiores a 9,0 podem estar relacionadas a fatores individuais, como eventuais dificuldades técnicas, menor familiaridade com a dinâmica da atividade, expectativas específicas ou preferências pessoais.

Tabela 1 - Notas e conceitos de acordo com a avaliação dos alunos

Nota	**Número de repetições**
11	6
10,5	4
10	10
9,5	4
9,0	3
8,5	1
5,5	1
Média: 9,90 (CONCEITO ÓTIMO)	

A avaliação pedagógica realizada pelo professor da disciplina resultou em um somatório de 14 pontos, classificando igualmente o jogo com conceito "Ótimo". Esse resultado reforça a percepção de que a atividade atendeu adequadamente aos objetivos didáticos propostos.

4. CONCLUSÕES

A partir do que foi exposto, conclui-se que o jogo foi muito bem avaliado no que diz respeito ao engajamento, à motivação e à interface. A maior parte dos alunos se mostrou disposta a repetir a experiência e reconheceu o jogo como uma alternativa complementar de revisão.

Além disso, os dados revelam uma aceitação extremamente positiva por parte dos alunos quanto ao jogo aplicado. A média de 9,90, classificada como "Ótimo", reflete não apenas a satisfação geral, mas também a efetividade percebida da ferramenta no contexto pedagógico. A predominância de notas máximas ou próximas do máximo indica que a metodologia atendeu e até superou a expectativa dos estudantes.

As principais melhorias a serem consideradas envolvem o tempo destinado às respostas e, em menor grau, eventuais dificuldades técnicas no uso da plataforma. Além do mais, a premiação funciona como fator motivador para muitos alunos, mas não é essencial para todos, indicando que o próprio design do jogo já é suficientemente engajador. Ainda que a maioria dos alunos concorde que o jogo contribui para a retenção do conteúdo, o feedback sugere que, embora o jogo auxilie, ele talvez não seja suficiente isoladamente para garantir fixação total dos conteúdos, funcionando melhor como um complemento.

O feedback do professor indica que o jogo atendeu aos objetivos propostos, trabalhando bem os conteúdos e temas transversais de forma interdisciplinar. O jogo se mostrou envolvente, estimulando o raciocínio dos alunos e proporcionando uma aprendizagem leve, com reforço positivo e feedback constante, tanto durante quanto ao final da atividade. As instruções foram claras, e o jogo complementou os conteúdos da sala de aula, favorecendo o desenvolvimento pessoal e coletivo, além de tratar os erros de forma não constrangedora.

Contudo, observou-se que há pouca exploração da interação entre os alunos e limitações no desenvolvimento de estratégias para resolução de problemas mais complexos, devido ao formato mais individual e com soluções direcionadas. Além disso, a motivação extrínseca pela premiação pode ser artificial, dependente de recompensas externas. Isso pode comprometer o desenvolvimento de uma motivação intrínseca e tornar a aprendizagem condicionada a incentivos, reduzindo o interesse genuíno pelo conteúdo.

Ainda, ressalta-se a importância de a metodologia adotada neste estudo ser replicada em um número maior de turmas, envolvendo uma amostra mais ampla e diversificada de alunos, inseridos em diferentes contextos e estágios do processo educativo. Essa ampliação permitirá não apenas validar os resultados obtidos, mas também aprofundar o entendimento sobre a efetividade da gamificação como estratégia pedagógica. Além disso, possibilitará analisar como diferentes perfis de estudantes respondem a essa abordagem, identificando potenciais ajustes, melhorias e limitações, bem como contribuindo para a construção de práticas pedagógicas mais inovadoras, inclusivas e alinhadas às demandas contemporâneas da educação.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus sinceros agradecimentos à empresa Geobrugg Brasil pelo apoio concedido a este projeto, por meio do fornecimento de brindes destinados a todos os alunos participantes do jogo. Essa colaboração foi fundamental para o incentivo à participação estudantil, contribuindo significativamente para o engajamento e o sucesso da atividade proposta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carvalho, V. R. de; Lima, P.; Silva, H.; Seabra, R. D.; Merli, R. F. GeoMemory: Jogo Digital de Memória para o Estudo de Formas Geométricas. RENOTE, Porto Alegre, v. 21, n. 2, p. 319–330, 2023.

Deterding, S.. *Gamification: using game-design elements in non-gaming contexts*. In: CHI'11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. Vancouver: ACM, p. 2425–2428, 2011.

Escobar, M.G.; Bernardi, G. Game Learning Analytics e Visualização de Dados: um Estudo em um Quiz Educacional. RENOTE. v.22 n°3. p.279-290, 2025.

Gee, James Paul. *What video games have to teach us about learning and literacy*. 2. ed. New York: Palgrave Macmillan, 2007.

Kapp, K. M. *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education.* San Francisco: Pfeiffer, 2012.

Moran, J. M. *Metodologias ativas para uma educação inovadora: Uma abordagem teórico-prática*.. Porto Alegre: Penso, p. 15–33, 2015.

Neves, V. F. A., Castanheira, M. L.; Gouvêa, M. C. S. O letramento e o brincar em processos de socialização na educação infantil: Brincadeiras diferentes. Revista Brasileira de Educação, n. 20(60), p. 215-244, 2015.

Pereira, L. M.; Barwaldt, R.. Gamificação como estratégia pedagógica para potencializar habilidades matemáticas para estudantes com Autismo: uma revisão sistemática da literatura. RENOTE, v. 20, n. 1, p. 81-90, 2022

Plump, C. M.; La Rosa, J.. Using Kahoot! in the classroom to create engagement and active learning: A game-based technology solution for eLearning novices. *Management Teaching Review*, v. 2, n. 2, p. 151–158, 2017.

Ritter, D.; Bulegon, A.M. Aplicação do PADJE para avaliação do potencial de jogos educacionais digitais: uma experiência com professores de matemática. ReTER, Santa Maria, v.3, n.2., 2022

Rodrigues, G. C. F. S. Instrumento para avaliação de jogos eletrônicos educativos do ensino fundamental I. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 121p. Dissertação de Mestrado. 2014.

Wang, A.L.; Tang, K.C; Tsai, M.C.. The Effect of Using the Game-Based Learning Platform Kahoot! for Learning—A Review. *International Journal of Educational Research Review*, v. 1, n. 2, p. 1–6, 2016.

Wang, Ai-Lun; TAHIR, Rabia. The effect of using Kahoot! for learning – A literature review. *Computers & Education*, v. 149, 103818, 2020.

Zichermann, G; Cunningham, C.. *Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps*. Sebastopol: O'Reilly Media, 2011.

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/13

Estudo da Rigidez Relativa na Distribuição de Tensões de Fundações, Utilizando Sensores Táteis (*Tactile Pressure Sensor* – TPS)

Diovana Patias Della Flôra
Engenheira Pesquisadora, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil, diovana.flora@coc.ufrj.br

Willians Perlley Alexandre da Silva
Doutorando / Engenheiro Pesquisador, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil, willians.perlley@coc.ufrj.br

José Wellington Santos de Vargas
Engenheiro Pesquisador, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil, jwsvargas@coc.ufrj.br

Gustavo Santos Domingos
Professor Assistente, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil, gustavodom@coc.ufrj.br

RESUMO: Modelos teóricos baseados na Teoria da Elasticidade mostram que a distribuição de tensões de contato sob sapatas depende da rigidez relativa solo-fundação. Todavia, a literatura técnica carece de resultados experimentais, provavelmente pela dificuldade de se ter instrumentos capazes de medir as tensões de contato com acurácia, sem causar interferências na interação solo-elemento estrutural de fundação, e em dimensões compatíveis com os modelos utilizados em laboratório ou em escala real de projeto. Sensores táteis, também conhecidos como *tactiles* (*Tactile Pressure Sensor* - TPS), se mostram uma excelente e poderosa ferramenta para demonstrar experimentalmente, e de maneira didática, o efeito da distribuição das tensões de contato, uma vez que a reduzida espessura desses sensores, da ordem de uma folha de cartolina, os tornam flexíveis o bastante para não interferir nos resultados. O presente trabalho apresenta resultados experimentais da distribuição de tensões de contato sob sapatas utilizando sensores TPS em modelos de escala reduzida em laboratório, explorando diferentes rigidezes relativas. Esses experimentos permitem demonstrar como a distribuição de tensões de contato é função da rigidez relativa entre o elemento estrutural e o elemento que representa o terreno de fundação. O trabalho também tem como objetivo apresentar os TPS como ferramenta pedagógica para a realização de experimentos de demonstração sobre o comportamento de fundações e estruturas geotécnicas.

PALAVRAS-CHAVE: Fundações, Tensões de Contato, Sensores Táteis, Ensino de Engenharia.

ABSTRACT: Theoretical models based on the Theory of Elasticity show that the contact stress distribution under footings depends on the soil-foundation relative stiffness. However, the literature lacks experimental results, likely due to the difficulty of employing instruments capable of accurately measuring contact stress, without interfering in the measurements, while maintaining dimensions compatible with laboratory models or real-scale projects. *Tactile Pressure Sensors* (TPS) emerge as an excellent and powerful tool to experimentally and didactically demonstrate the effect of contact stress distribution since their small thickness, comparable to a sheet of card stock, provides sufficient flexibility to avoid affecting the results. This study presents experimental results of contact stress under foundations using TPS in small-scale laboratory models, exploring different relative stiffnesses. The experiments illustrate how the stress distribution is a function of the relative stiffness between the structural element and the medium representing the foundation ground. Furthermore, this work aims to present the TPS as a pedagogical tool for experimental classes and demonstrations regarding the behaviour of foundations and geotechnical structures.

KEYWORDS: Foundations, Contact Stress, Tactile Sensors, Engineering Teaching.

1 INTRODUÇÃO

O conceito de rigidez relativa é fundamental para o estudo da interação solo-fundação, visto que é determinante nas tensões transmitidas pelo elemento de fundação ao solo, também denominadas tensões ou pressões de contato (Velloso e Lopes, 2010). Embora intuitivamente seja possível supor a forma geral das pressões de contato nos casos extremos de rigidez relativa infinita ou nula, ao menos qualitativamente, a resposta real do sistema fundação-solo precisa ser avaliada quantitativamente.

Diversas propostas para essa avaliação estão presentes na literatura, sendo que cada uma delas está associada a um ou mais tipos específicos de fundação, ou sistemas fundação-solo, ou ainda a hipóteses matemáticas e técnicas numéricas (descritas, por exemplo, em Selvadurai, 1979). Entre essas propostas, Borowicka (1936) propôs a Equação 1 para a determinação da rigidez relativa, k, de uma sapata circular, baseando-se nas hipóteses de que o solo é um meio semi-infinito, elástico, e isotrópico. De acordo com Selvadurai (1979), as hipóteses adotadas por Borowicka (1936) admitem que a flexão da sapata segue a teoria clássica de placas delgadas.

$$k = \frac{1}{6}\frac{\nu_f^2}{\nu_s^2}\frac{\nu_s^2-1}{\nu_f^2-1}\frac{E_f}{E_s}\left(\frac{h}{r_f}\right)^3 \quad (1)$$

onde E (Módulo de Elasticidade) e ν (Coeficiente de Poisson) são os parâmetros elásticos do elemento estrutural de fundação (subscrito f) e do solo (subscrito s), h e r_f são a espessura e o raio da sapata, e k é parâmetro de entrada de formulações que equacionam a distribuição das tensões de contato, oriundas de diversos tipos de carregamento, como no caso de cargas centradas sobre placas circulares assentes sobre meio elástico (Borowicka, 1939), como será abordado neste estudo.

Atualmente, o acesso a ferramentas numéricas poderosas facilitou o estudo da interação solo-fundação nos projetos correntes. Essas ferramentas não apenas permitem considerar carregamentos mais complexos que aqueles para os quais se dispõe de solução analítica, mas também permitem introduzir uma modelagem mais sofisticada do comportamento do solo (e.g. Yamin *et al*., 2017; Oliveira e Garcia, 2025). Não obstante, a investigação experimental da interação solo-fundação continua sendo importante, e com poucos estudos publicados (e.g. Ho e Lopes, 1969; Liang *et al*., 2019).

Nesse contexto, a utilização de sensores táteis de pressão (*Tactile Pressure Pensors*, TPS) apresenta-se como uma via promissora para a investigação experimental de problemas que envolvem transmissão de tensões em interfaces (Palmer *et al*., 2009; Domingos *et al*., 2023), como é o caso da interação solo-fundação, principalmente por ter as vantagens de cobrir áreas maiores que os sensores usuais, como células de tensão, e por ter rigidez essencialmente nula, o que causa menor interferência no fenômeno em estudo (Domingos *et al*, 2023).

Além de ferramenta de pesquisa, os experimentos têm grande valor como técnica pedagógica no ensino de engenharia (e.g. Ramos e Vertchenko, 2011), e em particular do comportamento de estruturas geotécnicas (e.g. Gutiérrez-Ch *et al*., 2024). Nesse contexto, o TPS torna-se uma poderosa ferramenta para o ensino didático, pois permite a execução de experimentos simples em sala de aula, ou em laboratório, para a medição de tensões de contato.

Este trabalho descreve experimentos com o uso de TPS, visando medir as tensões de contato na interface solo-fundação, explorando a influência da rigidez relativa, com modelos reduzidos de sapatas circulares.

2 SENSORES TÁTEIS DE PRESSÃO

Sensores TPS, comumente denominados "*tactiles*", consistem em uma matriz de linhas e colunas de larguras RW e CW, respectivamente, impressas com uma tinta piezoresistiva e condutora em folhas de poliéster (PET), de pequeníssima espessura (0,1 mm) (Figura 1). A interseção ortogonal de linhas e colunas de duas folhas, forma um ponto de medição denominado "*Sensel*", semelhante a uma célula de carga miniaturizada. Cada "*Sensel*" é capaz de fornecer a variação da força normal aplicada (e pressão, ou tensão, se dividir a força normal pela área equivalente), através da calibração numa câmara pressurizada (Figura 2b), utilizando um software e aquisitor de dados ("*Handle*") de propriedade intelectual do fabricante dos TPS (Tekscan, Inc., 2018).

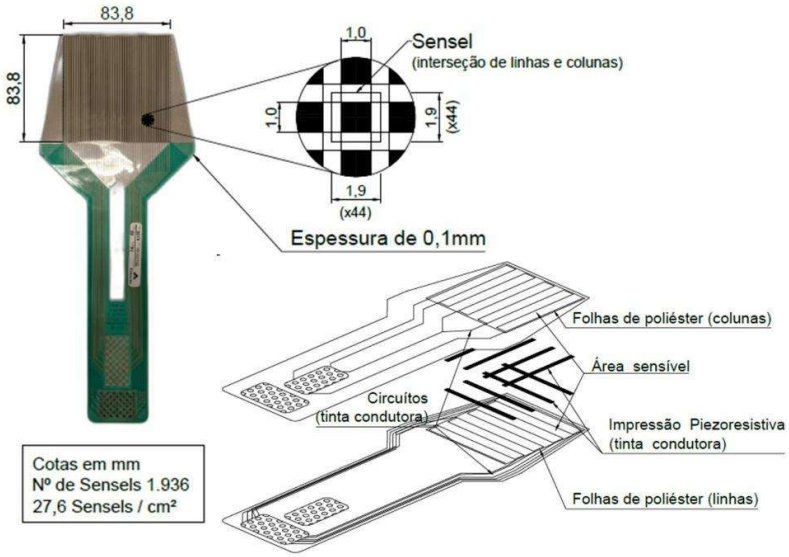
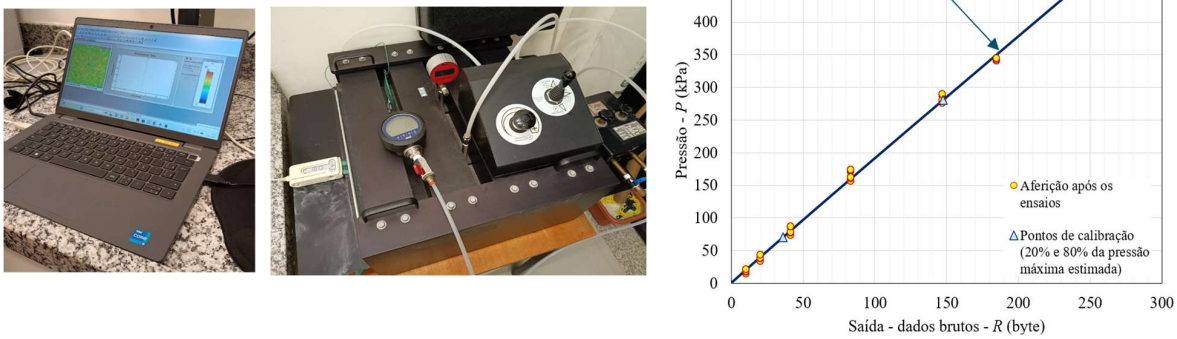


Figura 1. Sensores táteis de pressão (*Tactile Pressure Sensor* – TPS) – Tekscan – Modelo 5076.

Segundo Paikowsky e Hajduk (1997), os TPS surgiram no início da década dos anos 1980, no Laboratório de Inteligência Artificial do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) para aplicação em ortodontia. Recentemente, esses sensores têm sido utilizados para várias aplicações da engenharia geotécnica, tais como tubulações enterradas (Palmer *et al*., 2009), fundações em estacas (Zhang e Wang, 2019), muros de contenção (Nicks *et al*., 2019), pavimentos (Neupane *et al*., 2019), e ensaios CPT em câmara de calibração de pequenas dimensões (Ghali *et al*., 2020), e de grandes dimensões (Domingos *et al*., 2023).

Para avaliação da distribuição das tensões de contato solo-fundação deste trabalho, foi utilizado um TPS do modelo 5076, de capacidade nominal de 345 kPa (50 psi), cujas características geométricas estão resumidamente apresentadas na Figura 1.

As Figuras 2a e 2b apresentam o *set-up* utilizado na calibração do sensor, cuja equação apresentada no gráfico da Figura 2c correlaciona os dados brutos (valores R: 255 posições ≈ 256 bytes ↔ sistema de aquisição de 8 bits) coma a grandeza de engenharia desejada (pressão ou tensão – *P*). O TPS foi calibrado conforme procedimento recomendado pelo fabricante (Tekscan, Inc., 2016), que é utilizar dois pontos de calibração, com 20% e 80% da tensão máxima estimada para os testes (triângulos azuis). Após a realização dos ensaios, foi realizada a checagem do TPS (círculos amarelos), uma vez que o uso sistemático pode danificar o TPS, o que não se mostrou, pelo menos para o *range* de tensões dos ensaios realizados (valores médios até 50 kPa).



(a) (b) (c)

Figura 2. (a) Sistema Tekscan; (b) câmara de pressão de ar para calibração do TPS; (c) curva de calibração do TPS Modelo 5076.

3 METODOLOGIA E MATERIAIS

A Figura 3 apresenta a metodologia adotada nos testes. O estudo buscou monitorar as tensões de contato solo-fundação, utilizando na interface o TPS – Tekscan – Modelo 5076 (Figura 1). Para simular o meio elástico que representa o terreno de fundação (*TF*), foram utilizadas uma espuma de baixa densidade e uma areia no estado compacto. O elemento estrutural de fundação (*EF*) foi representado por sapatas circulares (Ø = 70 mm), de inércias e materiais com parâmetros elásticos distintos (alumínio e borracha).

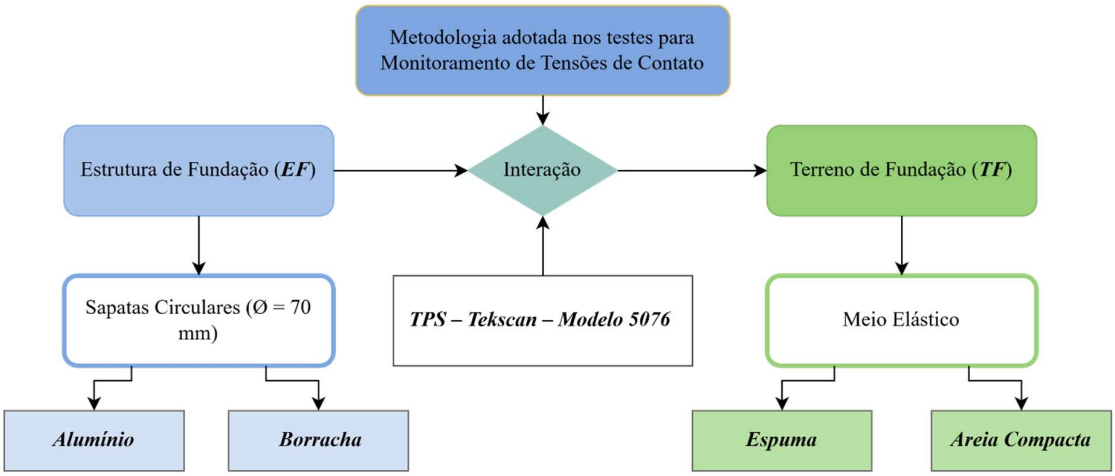


Figura 3. Metodologia adotada no estudo.

A areia utilizada no estudo foi a Areia da Praia de São Francisco em Niterói-RJ, cuja caracterização e parâmetros geotécnicos foram estudados por Oliveira Filho (1987), e mais recentemente por Domingos *et al.* (2023). Trata-se de uma areia quartzosa, de granulometria fina e uniforme (D_{50} = 0,18 mm; CU = 2,1; CC = 1,2). Os CPs foram preparados através do método de pluviação sobre peneiras de Miura e Toki (1982) (Figura 4), com objetivo de atingir a condição compacta da areia. O índice de vazios médio obtido foi 0,648, equivalente a uma compacidade relativa (D_r) média de 88%.

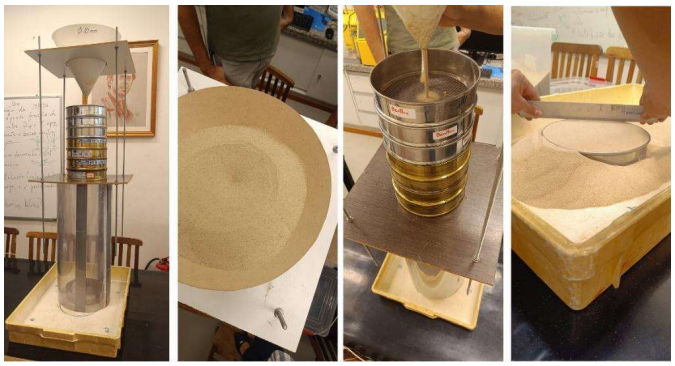


Figura 4. Método de pluviação da areia para atingir a compacidade desejada.

Para a areia compacta foi utilizado o módulo de elasticidade (módulo de Young) de 20 MPa, e um coeficiente de Poisson de 0,35. Este valor de módulo está em consonância com os valores experimentais obtidos por Domingos (2022) e Oliveira Filho (1987), visto que a areia praticamente não possui nenhum confinamento nos ensaios aqui descritos (carregamento na superfície).

De forma similar, para o outro material utilizado como representativo do *TF*, a Espuma D13, o módulo de elasticidade foi estimado pela equação proposta por Gibson e Ashby (1988), que relaciona as propriedades da espuma com as propriedades (peso específico e módulo de Young) do material que a constitui (poliuretano). Essa estimativa forneceu um valor de módulo de 5,3 kPa para a Espuma D13. O coeficiente de Poisson adotado para a espuma foi de 0,33 (Gibson e Ashby, 1988).

Para a sapata de alumínio, empregaram-se os valores de 69 GPa para o módulo de elasticidade, e de 0,33 para o coeficiente de Poisson. No caso das sapatas de borracha, foram adotados o módulo de 5,5 MPa, oriundo da proposição de Gent (1958), em função da dureza shore, cujo valor foi adotado como 70. Adotou-se como coeficiente de Poisson da borracha o valor de 0,49, indicando um material muito próximo de incompressível.

Tabela 1. Matriz de ensaios e propriedades dos materiais utilizados no estudo.

Ensaio	Sapata (*EF*)	Características	Base – Meio Elástico (*TF*)	Características	Rigidez relativa k (*EF–TF*)
I	Alumínio (*Std*)	E = 69.000 MPa ν = 0,33 h = 2 cm r_f = 3,5 cm	Areia compacta	E = 20 MPa ν = 0,35	9,4 x 10^{1}
II			Espuma D13	E = 0,0053 MPa ν = 0,33	4,0 x 10^{5}
III	Borracha (*Std*)	E: 5,5 MPa ν = 0,49 h = 2 cm r_f = 3,5 cm	Areia compacta	E = 20 MPa ν = 0,35	1,9 x 10^{-2}
IV			Espuma D13	E = 0,0053 MPa ν = 0,33	8,3 x 10^{1}
V	Borracha (*Low*)	E: 5,5 MPa ν = 0,49 h = 0,55 cm r_f = 3,5 cm	Areia compacta	E: 20 MPa ν = 0,35	4,0 x 10^{-4}
VI			Espuma D13	E = 0,0053 MPa ν = 0,33	1,7 x 10^{0}

Std – rigidez padrão; *Low* – rigidez reduzida.

A matriz de testes realizados, com as características e parâmetros elásticos dos materiais, está apresentada na Tabela 1. Os valores de rigidez relativa (*EF–TF*) foram calculados a partir da Equação 1 (Borowicka, 1936).

Os carregamentos foram aplicados em estágios, através da colocação de pesos num pendural, que transferia as cargas para o topo das sapatas com o uso de uma esfera (carga pontual centrada na sapata), seguidos de estágios de descarregamento em sequência oposta. Para cada ensaio (I a VI), somente o estágio de carregamento de maior peso aplicado será analisado nos resultados (Figura 5).



Figura 5. Aplicação do carregamento na sapata modelo por meio de pendural e pesos (esquerda) e detalhe do TPS entre a sapata e a areia (direita).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 6 apresenta as tensões de contato para cada um dos casos (I a VI) descritos na Tabela 1, bem como fotos de cada um desses ensaios. Nesta figura, os losangos de hachura cinza e branco representam o centro de carga do carregamento, enquanto que o quadrado representa a região onde ocorreu a tensão máxima de toda a área mobilizada. As tensões de contato em todos os casos em que o material de base foi a espuma

(II, IV e VI) concentraram-se na borda da sapata. Essa distribuição é típica dos casos em que a rigidez relativa da fundação é elevada, isto é, nos casos de sapata muito rígida e/ou solo muito deformável. Os ensaios II, IV e VI representam, respectivamente, casos em que a rigidez relativa decresce à medida que a rigidez da sapata diminui.

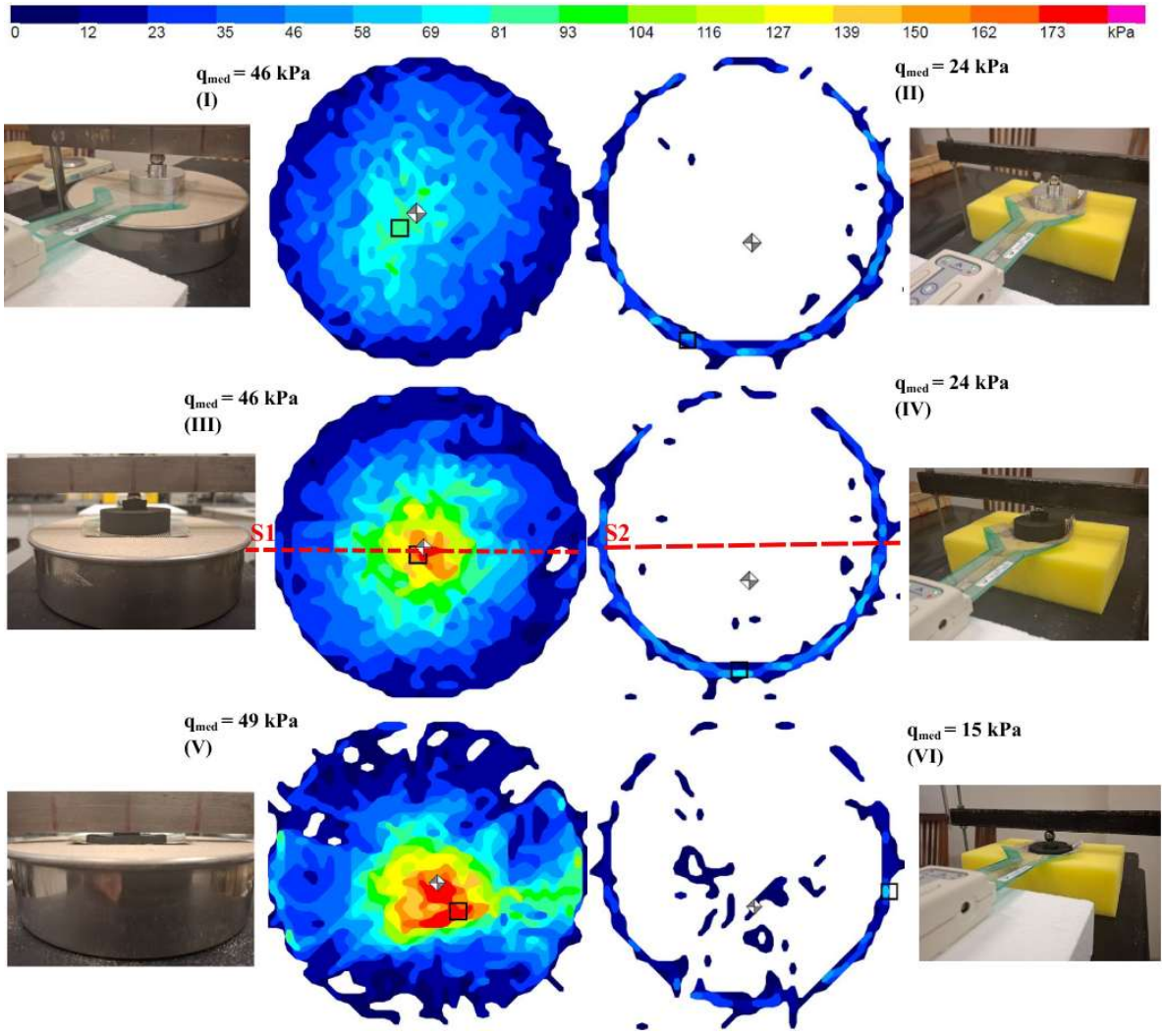


Figura 6. Tensões de contato e fotos dos ensaios I a VI.

Por outro lado, nos ensaios realizados sobre a areia compacta (ensaios I, III, e V), é possível verificar que as tensões de contato distribuem-se por toda a área da sapata, com a tendência de concentrar tensão na região central, com maior concentração de carga à medida que a rigidez relativa da sapata diminui. No entanto, parece haver no caso I uma discrepância fundamental, visto que a rigidez relativa da sapata tende a ser infinita, portanto, deveria se aproximar de um comportamento semelhante ao observado nos ensaios II, IV e VI. Todavia, vale ressaltar que a Figura 7 (Borowicka, 1939) apresenta tensões de contato considerando o *TF* no regime elástico, o que não reflete necessariamente as condições do ensaio, uma vez que, após atingido certo estado de tensões, há ocorrência de plastificação em partes do meio. Uma estimativa da capacidade de carga para a sapata na areia, revelou que a tensão média medida no TPS está na condição próxima da ruptura (FS = 1, considerando $\phi' = 45°$). Dessa forma, tornam-se importantes os efeitos de plastificação do solo e as tensões de contato que se redistribuem e se distanciam das condições elásticas, como demonstrou Schultze (1961).

A Figura 7 apresenta uma comparação das tensões de contato nas seções transversais S1 e S2, indicadas na Figura 6, onde são comparados à previsão teórica de Borowicka (1939) com os ensaios III e IV. Esses casos representam situações em que a mesma sapata se comporta como flexível ($k = 0{,}019$) quando sobre um terreno de fundação rígido (areia compacta), e como rígida ($k = 83$) quando sobre um terreno de fundação deformável (espuma).

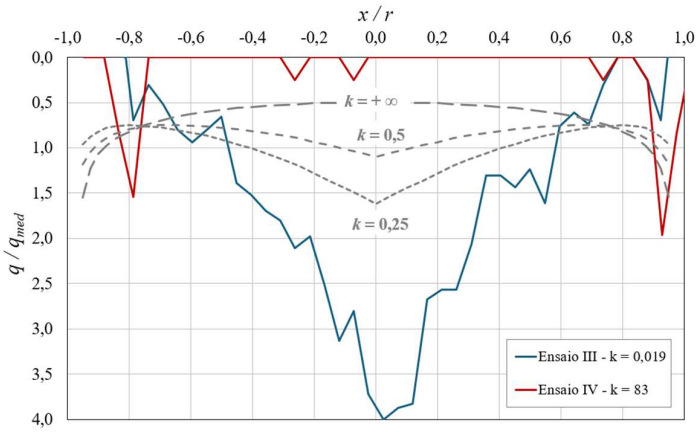


Figura 7. Perfis de tensão de contato obtidos experimentalmente nos ensaios III e IV comparados aos perfis teóricos de Borowicka (1939) para diferentes rigidezes relativas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante destacar o caráter didático dos experimentos apresentados, especialmente da comparação entre os ensaios III e IV, por meio dos quais se pode demonstrar os efeitos da rigidez relativa solo-fundação. Exceto pelo processo de pluviação da areia, que é mais dispendioso, os experimentos com as sapatas modelo puderam ser realizados em tempo relativamente curto, sem grandes dificuldades de ordem técnica, podendo ser perfeitamente realizados em sala de aula, enriquecendo, assim, o aprendizado sobre interação solo-fundação.

Sob a ótica do entendimento da distribuição de tensões sob fundações superficiais, os resultados evidenciam a necessidade de um estudo mais amplo, com uma combinação de elementos representativos dos elementos de fundação (*EF*) e terrenos de fundação (*TF*) de diferentes rigidezes e tensões limite de plastificação, que podem confirmar, experimentalmente, as distribuições teóricas apresentadas por autores como Borowicka (1936, 1939) e Schultze (1961). Este estudo mais aprofundado está em curso e será objeto de publicação futura.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Prof. Francisco de Rezende Lopes pela revisão do texto e pelos comentários que enriqueceram o trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Borowicka, H. (1936) Influence of rigidity of a circular foundation slab on the distribution of pressures over the contact surface. In: Proceedings of the 1st International Conference of Soil Mechanics, Cambridge. Vol 2, p. 144-149.

Borovicka, H. (1939) Distribuição de pressões sob placas elásticas (em alemão). *Ingenieur-Archiv*, 10 (2), p. 113-125.

Domingos, G. S. (2022) *Estudo do creep não drenado da areia da praia de Ipanema sob condição hidrostática*, Tese de Doutorado, Coppe, Programa de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 423 p.

Domingos, G. S., Pereira Pinto, C., Danziger, F. A. B., Pinheiro, A.V. S., Lunne, T. (2023) Use of tactile sensors for horizontal stress measurements on a large calibration chamber. *International Journal of Physical Modelling in Geotechnics*. 23 (6), p. 308–328. https://doi.org/10.1680/jphmg.21.00084

Gent, A. N. (1958) On the relation between indentation hardness and Young's modulus. *Rubber Chemistry and Technology*, 31 (4), p. 896-906.

Ghali, M., Chekired, M., Karray, M. (2020) Laboratory simulator for geotechnical penetration tests. *Geotechnical Testing Journal*, 43 (1), p. 211–234.

Gibson, L. J., Ashby, M. F. (1988) Cellular solids: structure and properties, 1st ed., Pergamon Press, New York, USA, 357 p.

Gutiérrez-Ch, J. G., Galindo, J. G., Antequera, J. P., Mateos, E. E., Graterol, E. P., Domínguez, S. S., Bordehore, L. J., Ramos, M. R., Aires, R. G., Rodriguez, R. J. (2024) Small-scale testing for teaching the behavior of geotechnical structures. In Proceedings of the 17th Annual International Conference of Education, Research and Innovation, Sevilla, Spain, p. 2950-2956.

Ho, M. M. K., Lopes, R. (1969) Contact pressure of a rigid circular foundation. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, 95 (3), p. 791-802. https://doi.org/10.1061/JSFEAQ.0001284

Liang, F., Liang, X., Wang, C., Wang, J., Li, Y. (2019) Influence of Rigidity and Load Condition on the Contact Stress and Settlement Deformation of a Spread Foundation. *Journal of Testing and Evaluation*, 47 (2), p. 1105–1128. https://doi.org/10.1520/JTE20180290

Miura, S., Toki, S. (1982) A sample preparation method and its effect on static and cyclic deformation-strength properties of sand. *Soils and Foundations*, 22 (1), p. 61–77.

Neupane, M., Han, J., Parsons, R. L., Horton, M. (2019) Assessment of tactile pressure sensor for measuring interface pressure in mechanically-stabilized layers. In: Proceedings of Geo-Congress 2019: Geotechnical Materials, Modeling, and Testing (Meehan CL, Kumar S, Pando MA and Coe JT (eds)), American Society of Civil Engineers, Reston, VA, USA. Geotechnical Special Publication 310, p. 402–410.

Nicks, J. E., Adams, M. T., Li, J. (2019) Use of tactile pressure sensor to measure lateral pressures at the face of geosynthetic reinforced soil piers. In: Proceedings of Geo-Congress 2019: Earth Retaining Structures and Geosynthetics (Meehan CL, Kumar S, Pando MA and Coe JT (eds)), American Society of Civil Engineers, Reston, VA, USA. Geotechnical Special Publication 306, p. 212–221.

Oliveira, E. A. S., Garcia, J. R. (2025) Numerical and experimental analysis of shallow foundations on tropical climate soil using Mohr-Coulomb cap model. *Soils and Rocks*, 48, p. e2025004724. https://doi.org/10.28927/SR.2025.004724

Oliveira Filho, W. L. (1987) *Considerações sobre ensaios triaxiais em areias*, Dissertação de Mestrado, Coppe, Programa de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 266 p.

Paikowsky, S. G., Hajduk, E. L. (1997) Calibration and use of grid-based tactile pressure sensors in granular material. *Geotechnical Testing Journal*, 20 (2), p. 218–241.

Palmer, M. C., O'Rourke, T. D., Olson, N. A., Abdoun, T., Ha, D., O'Rourke, M. J. (2009) Tactile pressure sensors for soil-structure interaction assessment. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 135, p. 1638-1645. https://doi.org/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0000143

Ramos, T. C., Vertchenko, L. (2011) Uma abordagem experimental das propriedades dos corpos deformáveis no ensino de Física Geral para os cursos de engenharia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 33 (1), p. 1502.

Schultze, E. (1961) Distribution of stress beneath a rigid foundation. In: Proceedings of the 5th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Paris. Vol. 6, p. 807-813.

Selvadurai, A. P. S. (1979) Elastic analysis of soil-foundation interaction. Elsevier, Amsterdam, 1979.

Velloso, D. A., Lopes, F. R. (2010) Fundações: Critérios de projeto, Investigação do subsolo, Fundações superficiais, Fundações profundas. Volume completo. Oficina de Textos, São Paulo, 568 p.

Tekscan, Inc. (2016) I-Scan Equilibration & Calibration – Practical Suggestions, Rev. B. Tekscan, Inc., South Boston, MA, USA.

Tekscan, Inc. (2018) I-Scan & High-Speed I-Scan – User Manual, Version 7.7x, Rev. Z. Tekscan, Inc., South Boston, MA, USA

Yamin, M. M., Ashteyat, M. A., Al-Mohd, I., Mahmoud, E. (2017) Numerical study of contact stresses under foundations resting on cohesionless soil: Effects of foundation rigidity and applied stress level. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 21 (4), p. 1107-1114, 2017. https://doi.org/10.1007/s12205-016-1770-0

Zhang, Z., Wang, Y. H. (2019) An innovative experimental setup for characterizing friction fatigue during cyclic jacking of piles in dense sand. *Geotechnical Testing Journal*, 42 (3), p. 573–596.

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/14

Gamificação no Ensino de Geotecnia: GeoDetetive e GeoMestre para o Desenvolvimento de Habilidades Técnicas e Transversais

Larissa Andrade de Aguiar
Docente, Instituto Federal de Brasília (IFB), Coordenação de Construção Civil, Brasília, DF, Brasil, larissa.aguiar@ifb.edu.br

Dulce Mayele Rocha Silva
Discente, Universidade Federal de Goiás (UFG), Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Aparecida de Goiânia, GO, Brasil, dulcemayele@discente.ufg.br

Márcia Maria dos Anjos Mascarenha
Docente, Universidade Federal de Goiás (UFG), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Goiânia, GO, Brasil, marcia.mascarenha@ufg.br

Renato Resende Angelim
Docente, Universidade Federal de Goiás (UFG), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Goiânia, GO, Brasil, angelim@ufg.br

RESUMO: Este trabalho apresenta o desenvolvimento de dois jogos didáticos, GeoDetetive e GeoMestre, projetados para aprimorar a aprendizagem. O “GeoDetetive: o Desafio SUCS” simula o processo de classificação de solos pelo Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS), transformando os estudantes em "detetives da engenharia geotécnica". O “GeoMestre: a engenharia em Jogo” eleva a complexidade ao integrar a classificação de solos (SUCS e TRB/AASHTO) com a gestão de projetos de engenharia civil. A proposta de aplicação desses jogos em ambientes educacionais tem o potencial de demonstrar um aumento significativo no engajamento dos estudantes e no reforço do aprendizado ativo. Os jogos buscam desenvolver habilidades fundamentais como raciocínio lógico, análise crítica, argumentação técnica, tomada de decisão sob incerteza, gerenciamento de recursos, visão sistêmica, integração e diversão. Ao gamificar situações práticas e simular decisões profissionais, o GeoDetetive e o GeoMestre têm o propósito de tornar os conceitos teóricos da geotecnia mais tangíveis e de favorecer o desenvolvimento de habilidades técnicas e comportamentais essenciais para a formação de técnicos e engenheiros civis.

PALAVRAS-CHAVE: Solos Tropicais, Classificação Solos, Metodologias Ativas, Engenharia Civil.

ABSTRACT: This work presents the development of two educational games, GeoDetective and GeoMaster, designed to enhance learning. "GeoDetective: the USCS Challenge" simulates the soil classification process using the Unified Soil Classification System (USCS), transforming students into "geotechnical engineering detectives." "GeoMaster: Engineering in Play" raises the complexity by integrating soil classification (USCS and TRB/AASHTO) with civil engineering project management. The proposed application of these games in educational environments has the potential to demonstrate a significant increase in student engagement and the reinforcement of active learning. The games seek to develop fundamental skills such as logical reasoning, critical analysis, technical argumentation, decision-making under uncertainty, resource management, systemic vision, integration, and enjoyment. By gamifying practical situations and simulating professional decisions, GeoDetective and GeoMaster aim to make theoretical concepts in geotechnics more tangible and to promote the development of technical and behavioral skills essential for the training of technicians and civil engineers.

KEYWORDS: Tropical Soils; Soil Classification; Active Learning Methodologies, Civil Engineer.

1 INTRODUÇÃO

A classificação de solos constitui um dos conteúdos fundamentais da engenharia geotécnica, sendo amplamente aplicada em projetos de fundações, pavimentação e obras de terra. O correto enquadramento dos solos em sistemas classificatórios exige a integração entre conceitos teóricos, interpretação de ensaios laboratoriais e aplicação de critérios normativos. Segundo Das (2014), esse processo é o estágio primordial para prever o comportamento mecânico do terreno sob carregamento, garantindo a viabilidade técnica e a segurança das estruturas. No entanto, tal complexidade frequentemente representa uma dificuldade para estudantes do ensino técnico e superior, que encontram obstáculos na transição do conhecimento teórico para a prática analítica.

Nesse contexto, metodologias ativas têm se destacado como alternativas para tornar o processo de ensino-aprendizagem mais eficiente e significativo. O uso de jogos didáticos no ensino de engenharia tem sido apontado como uma estratégia capaz de estimular o engajamento e a motivação. Para Kapp (2012), a gamificação é essencial nesse cenário pois utiliza "a estética e a lógica dos jogos para engajar pessoas, motivar a ação e promover a aprendizagem na resolução de problemas".

Chrusciak et al (2024) apresentam uma proposta de jogo de tabuleiro educativo sobre caracterização geotécnica básica do solo e Chrusciak e Lopes (2024) apresentam o GeoFun, um projeto que disponibiliza diversos jogos didáticos para serem aplicados no ensino geotécnico (https://geofun.com.br/). Apesar disso, a gamificação ainda é pouco explorada no ensino de geotecnia, especialmente no que se refere à classificação de solos e, especialmente, com situações práticas e de simulação de decisões profissionais.

Diante desse cenário, este artigo tem como objetivo apresentar e discutir a elaboração de dois jogos didáticos GeoDetetive e GeoMestre desenvolvidos para o ensino da classificação de solos na engenharia geotécnica, destacando suas características, formas de aplicação e potencial pedagógico no ensino técnico e superior.

2 CONCEPÇÃO E DESENVOLVIMENTO DOS JOGOS DIDÁTICOS

Os jogos GeoDetetive e GeoMestre foram concebidos a partir da necessidade de criar recursos didáticos que auxiliassem os estudantes na compreensão do processo de classificação de solos, respeitando diferentes perfis de aprendizagem.

Estes conteúdos contemplam conceitos fundamentais da classificação de solos, incluindo identificação táctil-visual, análise granulométrica, limites de Atterberg e critérios do Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS). As atividades e desafios foram elaborados com base em bibliografia clássica da mecânica dos solos (DAS, 2014).

A partir dessa fundamentação teórica, sua estrutura foi desenhada para promover uma progressão de habilidades: enquanto o GeoDetetive foca na lógica procedimental da classificação SUCS, o GeoMestre expande a visão do aluno para a integração entre classificação e gestão de projetos. Esse design permite que o estudante desenvolva raciocínio lógico, análise crítica com tomada de decisão sob incerteza, argumentação técnica e visão sistêmica, preparando-o para lidar com a imprevisibilidade e a análise de risco inerentes à engenharia.

Já seu desenvolvimento gráfico foi realizado com o auxílio de ferramentas digitais, priorizando clareza visual, simplicidade e acessibilidade, de modo a permitir sua aplicação em diferentes níveis de ensino, técnico e superior e contextos educacionais tanto presencial quanto remoto.

3 DESCRIÇÃO E FUNCIONAMENTO DOS JOGOS

3.1 Jogo GeoDetetive

O GeoDetetive: o Desafio SUCS é estruturado para simular, de forma sequencial e sistemática, o processo real de classificação de solos segundo o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS). Inicialmente, o tabuleiro é organizado de modo a representar as etapas do fluxograma de classificação (Figura

1), e as cartas são separadas por tipo. Cada rodada tem início com o jogador retirando uma "Carta de Caso", que apresenta os dados técnicos de uma amostra de solo, incluindo as cartas de "ferramentas", Limites de Atterberg, análise granulométrica e a carta de plasticidade (Figura 2).

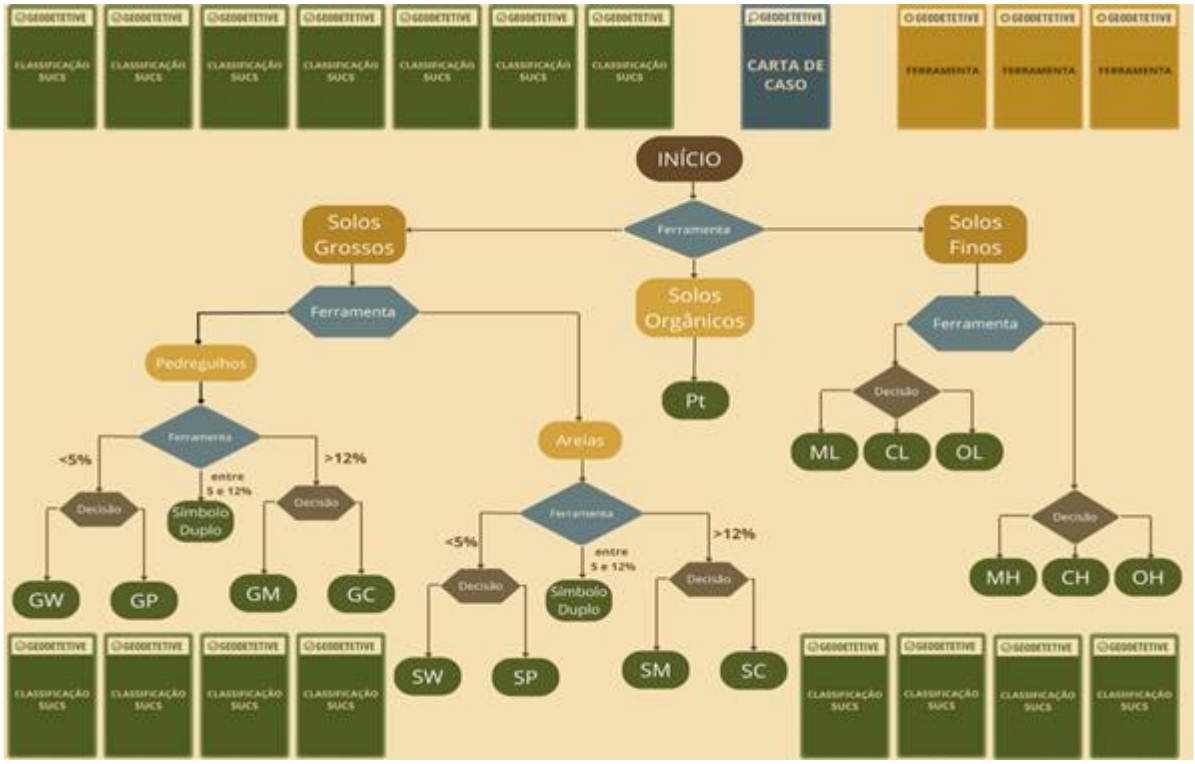


Figura 1. Tabuleiro do Jogo GeoDetetive.



(a) (b) (c) (d) (e)

Figura 2. Exemplos das cartas do jogo. a) Cartas de Classificação; b) Carta de Caso; c) Carta de Ferramenta: Limites de Atterberg; d) Carta de ferramenta: Análise granulométrica; e) Carta Ferramenta: Carta de plasticidade.

O funcionamento do jogo ocorre em rodadas sucessivas seguindo a Carta de caso retirada. Em cada rodada, o jogador percorre o tabuleiro seguindo a sequência lógica do SUCS, iniciando pela identificação da fração predominante do solo até a definição do grupo correspondente. A dinâmica promove o "pensar em voz alta" e oferece modos de dificuldade progressiva para desafiar o estudante: Clássico (foco na classificação), Consultor Especialista (classificação com justificativa técnica), "Advogado do Diabo" (defesa contra contestação técnica) e Detetive Completo (combinação dos anteriores), além de cenários com dados incompletos.

Concluído o percurso, o jogador indica o resultado selecionando a carta de classificação compatível. A resposta é validada pelo mediador com base no gabarito técnico, e a progressão no jogo está condicionada à correta aplicação dos critérios normativos. Esta abordagem busca estimular habilidades fundamentais como o raciocínio lógico, a análise crítica de engenharia, a argumentação técnica e a tomada de decisão.

O jogo é finalizado quando um jogador ou grupo acumula o número predefinido de cartas de caso corretamente resolvidas ou quando todas as cartas disponíveis são concluídas. A aplicação pode ocorrer de forma individual ou em grupos, sendo o número de casos, o tempo de aplicação e a complexidade ajustados conforme o nível da turma.

3.2 Jogo GeoMestre

O GeoMestre é um jogo didático analógico, desenvolvido para o ensino da classificação de solos com ênfase no Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS). Voltado a cursos técnicos e de graduação em Engenharia, a ferramenta simula, de maneira estruturada, o processo decisório para seleção e aplicação de solos em obras geotécnicas.

A estrutura do jogo compreende um tabuleiro (Figura 3), que funciona como um painel de controle operacional, apresentando espaços organizados para o "Mercado de Solos", onde as cartas de recursos ficam expostas, o "GEO Banco" para circulação da moeda fictícia "GEO$", e áreas de descarte como o "Bota-fora". A estrutura do jogo conta com conjuntos de cartas de “projeto”, “solo”, “evento” e “curingas” (Figura 4) que ditam o ritmo da partida e exigem análise de risco e adaptabilidade dos participantes.



Figura 3. Tabuleiro do GeoMestre.



(a) (b) (c)

(d) (e)

Figura 4. Modelos das cartas e GEO$: a) Cartas de Projeto; b) Carta de Solo S02; c) Moedas GEO$; d) Carta Curinga; e) Carta de Evento.

As cartas de projeto representam obras reais da prática geotécnica, como fundações, pavimentos e aterros, apresentando as classes de solo exigidas segundo os sistemas SUCS e TRB/AASHTO. A execução de um projeto somente é permitida quando o jogador possui as cartas de solo tecnicamente compatíveis com a exigência da obra, reproduzindo o processo de seleção de materiais empregado em decisões reais de engenharia. Variações avançadas como "Mercado Volátil", "Eventos de Obra" e "Licitação de Projetos" introduzem realismo e imprevisibilidade ao jogo

A dinâmica da partida se inicia com cada jogador assumindo o papel de um engenheiro que recebe uma quantia inicial de 300 "GEO$", o participante deve decidir estrategicamente entre utilizar sua ação para comprar "Cartas de Solos" disponíveis no mercado ou adquirir novos projetos de engenharia. Durante a rodada, o engenheiro analisa se as propriedades dos solos adquiridos atendem aos requisitos técnicos de suas obras, enquanto reage a cartas de "Evento" que podem alterar custos ou restringir materiais, exigindo planejamento estratégico imediato. O jogo se desenvolve até que um jogador atinja a meta de completar 3 Cartas de Projetos, finalizando com a vitória daquele que melhor integrou o conhecimento técnico à gestão eficiente do orçamento e dos seus recursos.

4 PROPOSTA DE APLICAÇÃO E DISCUSSÕES

A proposta de utilização dos jogos GeoDetetive e GeoMestre demonstra que a gamificação pode atuar como um elo fundamental entre a teoria da mecânica dos solos e a prática de campo. A transição da simples classificação procedimental para a gestão estratégica de projetos revela como a integração de diferentes sistemas (SUCS e TRB/AASHTO) pode ser ensinada de forma orgânica.

A aplicação dos jogos pode ser estruturada de forma complementar ao conteúdo teórico, atuando como instrumento de consolidação e aprofundamento dos critérios de classificação. Enquanto o GeoDetetive reforça a sequência lógica do enquadramento segundo o SUCS, o GeoMestre amplia essa abordagem ao exigir a correlação entre classes de solo e exigências técnicas de diferentes tipologias de obra. Assim, a dinâmica favorece a sistematização do raciocínio e a contextualização das decisões técnicas, aproximando o processo de ensino das demandas reais da prática geotécnica.

A principal vantagem dessa abordagem reside no estímulo à argumentação técnica e na tomada de decisão, competências reforçadas pelos modos de dificuldade progressiva, e pelos imprevistos de obra. No entanto, a implementação eficaz desses recursos deve considerar desafios como o balanceamento das mecânicas para não comprometer o rigor acadêmico, a gestão do tempo em sala de aula e a necessidade de treinamento dos mediadores (professores) para garantir que os objetivos de visão sistêmica e integração técnica sejam plenamente atingidos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os jogos didáticos GeoDetetive e GeoMestre mostram-se ferramentas pedagógicas com alto potencial para o ensino da classificação de solos na engenharia geotécnica, especialmente nos níveis técnico e superior. Sua concepção visa promover o engajamento dos estudantes, o estímulo ao raciocínio lógico e a assimilação de conceitos complexos de forma tangível. Ao gamificar situações práticas e simular decisões profissionais, as ferramentas têm o propósito de favorecer o desenvolvimento de habilidades técnicas e transversais essenciais para a formação de engenheiros civis.

Adicionalmente, a proposta evidencia a possibilidade de diversificação metodológica no ensino da mecânica dos solos, oferecendo ao docente um recurso estruturado que pode ser integrado a diferentes momentos da disciplina, como revisão de conteúdo, atividade avaliativa ou aprofundamento temático. Assim, os jogos ampliam o repertório didático disponível, contribuindo para uma abordagem mais dinâmica e contextualizada da classificação de solos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chrusciak, M. R., Lopes, B. C. F. L. (2024). Considerações de educadores sobre Inovação na Educação de Mecânica dos Solos um estudo de caso do projeto GeoFUN. In: XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica- COBRAMSEG 2024, Balneário Camboriú. *Anais*... COBRAMSEG. DOI: DOI: 10.47094/COBRAMSEG2024/126.

Chrusciak, M. R., Luz, H. K. M., Souza, R. D., Lopes, B. C. F. L. (2024). The development and evaluation of an educational board game on basic geotechnical soil characterization. *Soils and Rocks*, v. 47, n. 2, p. 1–12. DOI: https://doi.org/10.28927/SR.2024.003723

DAS, Braja M. *Fundamentos de Engenharia Geotécnica*. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

KAPP, Karl M. *The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education*. San Francisco: Pfeiffer, 2012.

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/15

Inclusão de jogos didáticos no processo ensino aprendizagem na área de Geotecnia

Lana Kainy Torres Souza
Doutoranda, UFG, Goiânia, Brasil, lana.torres@discente.ufg.br

Jessica Buzolo Câmara
Mestranda, UFG, Goiânia, Brasil, jessicacamaraf@discente.ufg.br

Márcia Maria dos Anjos Mascarenha
Professora, UFG, Goiânia, Brasil, marciamascarenha@ufg.br

RESUMO: O uso de jogos didáticos vem ganhando destaque no processo de aprendizagem, uma vez que o perfil dos alunos exige novas demandas cognitivas e tecnológicas do ensino contemporâneo. O objetivo do trabalho é descrever a experiência do desenvolvimento de jogos didáticos para tornar o ensino de Geotecnia mais dinâmico e motivador e contribuindo para uma maior fixação dos conteúdos. A pesquisa foi desenvolvida com alunos da disciplina de Mecânica dos Solos 1 ministrada no curso de graduação Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Goiás. Cada grupo ficou responsável por criar um jogo didático e apresentá-lo à turma, abordando um conteúdo relacionado ao plano de aula da disciplina. Ao final da disciplina, foi aplicado um questionário via Google Forms para avaliar a eficiência dos jogos. Como resultados foram confeccionados jogos dinâmicos que mesclam características de jogos conhecidos (Jogo das três pistas, Show do Milhão, Palavras Cruzadas), mas adaptados aos conteúdos curriculares da disciplina em estudo. Os grupos estruturaram os jogos de maneira interativa, incorporando tecnologias (uso do QR Code, campainhas, *softwares* de criação de visuais) e dinâmicas de competição (rodada surpresa, dicas, prêmios, etc.). A análise do questionário indicou que os jogos didáticos são eficazes para a aprendizagem e complementam os métodos tradicionais. Conclui-se que os jogos didáticos são eficazes, pois promovem engajamento, colaboração e um aprendizado mais dinâmico e integrado às tecnologias.

PALAVRAS-CHAVES: Gamificação, Geotecnia, Ensino contemporâneo, Engajamento Discente, Metodologias ativas.

ABSTRACT: The use of educational games has been gaining prominence in the learning process, as the profile of students demands new cognitive and technological requirements from contemporary teaching. The objective of this study is to describe the experience of developing educational games to make the teaching of Geotechnics more dynamic and motivating, contributing to a greater retention of content. The research was conducted with students in the Soil Mechanics 1 course taught in the Environmental and Sanitary Engineering undergraduate program at the Federal University of Goiás. Each group was responsible for creating an educational game and presenting it to the class, addressing content related to the course syllabus. At the end of the course, a questionnaire was administered via Google Forms to evaluate the effectiveness of the games. The results were dynamic games that combine features of well-known games (Three Clues, Millionaire Show, Crossword Puzzles), but adapted to the curriculum content of the course under study. The groups structured the games in an interactive way, incorporating technologies (use of QR codes, bells, visual creation software) and competitive dynamics (surprise rounds, hints, prizes, etc.). The analysis of the questionnaire indicated that educational games are effective for learning and complement traditional methods. It can be concluded that educational games are effective because they promote engagement, collaboration, and more dynamic learning that is integrated with technology.

KEYWORDS: Gamification, Geotechnics, Contemporary teaching, Student engagement, Active methodologies

1 INTRODUÇÃO

Integrar teoria e prática no processo de ensinar muitas vezes é repleto de desafios recorrentes (Borges; Chrusciak; Lopes, 2024). Sejam desafios relacionados à complexidade de conceitos, a promover a assimilação eficiente desses conhecimentos pelos alunos ou assegurar que eles saibam onde aplicá-los adequadamente (Borges; Chrusciak; Lopes, 2024). Além disso, atualmente, a nova geração de estudantes têm um perfil ligado às tecnologias, o que adiciona obstáculos na educação, já que eles preferem aprender de forma mais interativa, flexível e digital (Luchesi; Lara; Santos, 2022). Desse modo, estratégias pedagógicas tradicionais, baseadas predominantemente em aulas expositivas e discursivas e resolução de exercícios, nem sempre são suficientes para promover aprendizagem significativa e engajamento discente (Chrusciak; Lopes, 2024).

Nesse contexto, o uso de ferramentas não convencionais no processo de ensino-aparendizagem, como os jogos, vêm ganhando destaque por auxiliar nas experiências de aprendizado e desenvolver novas habilidades associadas ao ambiente científico (Cardoso *et al*., 2023). Em plena era digital, metodologias ativas têm sido cada vez mais incorporadas ao ensino superior e a pós-graduação no aprendizagem no ensino de engenharia (Buckley, Doyle, 2017; Luchesi, Lara, Santos, 2022; Borges, Chrusciak, Lopes, 2024; Chrusciak *et al.,*2024). Luchesi, Lara e Santos (2022) ressalvam que o uso de metodologias ativas colaboram para o desenvolvimento de diversas habilidades dos estudantes como comunicação, o trabalho em equipe, a postura de liderança, o respeito aos colegas e a capacidade de avaliação crítica, além de envolver a interdisciplinaridade, pois muitas vezes os alunos precisam ter conhecimento além do básico de sala de aula, por exemplo, conhecimentos em informática e *design* gráfico.

Dentre as metodologias ativas, sobressaem-se os jogos didáticos, que são ferramentas capazes de estimular a participação, a colaboração, a autonomia, a revisão de conteúdos técnicos, o trabalho em equipe, múltiplas inteligências, promovendo um aprendizado mais dinâmico, atrativo e integrado ao uso de tecnologias (Buckley, Doyle, 2017; Mascarenha *et al.*, 2024). Importante enfatizar que desde muito tempo, século XVI, os jogos fazem parte para formação do ser humano e são utilizados como recurso auxiliar do ensino (Moraes; Soares, 2021).

A gameficação na engenharia, embora menos comum, contribui positivamente para a motivação e desenvolvimento cognitivo dos estudantes, em especial, quando se tem um sistema de recompensas ou premiações, além de simular situações reais de engenharia, que contribui para formação de profissionais preparados para lidar com adversidades práticas da profissão (Borges, Chrusciak, Lopes, 2024; Chrusciak, Lopes, 2024). O uso dessa metodologia ativa, ainda promove aos docentes a oportunidade de atender diferentes estilos de aprendizagem, pois ao incorporar elementos visuais, sonoros e/ou sensoriais no processo de ensino-aprendizagem existe tendência da melhor compreensão e retenção dos conteúdos, uma vez que se amplia as interações dos discentes com o conhecimento (Buckley, Doyle 2017; Chrusciak, *et al.*, 2024).

Assim, a gamificação tem grande potencial para colaborar com os desafios associados à Mecânica dos Solos, podendo atuar como um complemento ou, em situações específicas, como uma alternativa às práticas de certos experimentos tradicionais de laboratório (Chrusciak, *et al.*, 2024). Contudo, essa abordagem não substitui, quando viáveis, as experiências proporcionadas por determinados ensaios laboratoriais, que permanecem fundamentais para a formação geotécnica (Chrusciak, *et al.*, 2024).

Os jogos fazem parte do cotidiano das gerações mais novas, o que facilita e torna atraente tal metodologia no processo de ensino. Portanto, este trabalho tem como objetivo apresentar a experiência do desenvolvimento de materiais educativos (jogos didáticos) para tornar o ensino de Geotecnia mais dinâmico e motivador, estimulando o engajamento discente e contribuindo para uma maior fixação dos conteúdos.

2 METODOLOGIA

A disciplina de Mecânica dos Solos 1 é uma matéria muito importante para formação profissional dos engenheiros, uma vez que no plano de curso da mesma são estudados conceitos básicos da mecânica dos solos, essenciais para formar alunos com habilidades de reconhecimento de tipos de solo, conhecimento básico de suas propriedades físicas, classificação, conhecimentos prévios sobre compactação, tensões nos solos e a influência da água nesses materiais. Consequentemente os discentes têm embasamento teórico mínimo para realizar análises de terrenos para obras de engenharia.

O estudo desenvolvido caracteriza-se como uma pesquisa aplicada mista (qualitativa e quantitativa), voltada à contribuição dos jogos didáticos no processo ensino-aprendizagem de conteúdos de Geotecnia nos

cursos de graduação de Engenharia Civil e Engenharia Ambiental e Sanitária na Universidade Federal de Goiás. O projeto foi desenvolvido como parte dos critérios de avaliação da disciplina de Mecânica dos Solos 1, ministrada a 36 (trinta e seis) estudantes regularmente matriculados e que participaram de forma voluntária.

O conteúdo do curso de Mecânica dos Solos foi dividido em seis tópicos. Cada equipe elaborou um jogo sobre um tema específico: i) Origem do solo, ii) Estado do solo, iii) Classificação dos solos, iv) Compactação dos solos, v) Tensões nos solos e vi) Permeabilidade dos solos, previamente definido, a ser aplicado para o restante da turma. A elaboração dos jogos didáticos foi vinculada aos conteúdos desenvolvidos nas aulas expositivas e discursivas e à resolução de exercícios, contando com o auxílio de alunas de pós-graduação durante o estágio em docência. A cada dois capítulos da disciplina, o grupo de estudantes responsável por esses conteúdos elaborava e apresentava os jogos, os quais eram jogados pelos demais alunos da turma. Essa dinâmica foi utilizada como estratégia de revisão dos conteúdos, antecedendo a realização de atividades avaliativas voltadas à verificação da aprendizagem.

Cada grupo pôde utilizar de vários recursos, tanto físicos quanto digitais, desde a elaboração até a aplicação do jogo em sala de aula, como: celular, QR Code, *softwares* de criação de visuais, fichas impressas e virtuais, campainhas, premiações etc.

Os jogos foram aplicados durante o período regular de aula, integrando-se à sequência didática previamente planejada pelo docente, com duração aproximada de 40 minutos cada um e mais 10 minutos de discussões de melhorias e correções. Os critérios de avaliação dos jogos foram: i) grau de dificuldade e variabilidade das perguntas, ii) qualidade das respostas, iii) dinamismo e criatividade do jogo e iv) envolvimento da turma. Essa avaliação foi feita pela professora responsável, auxiliada por alunas de pós-graduação, participantes do processo.

Para a avaliação dos resultados, ao término da disciplina, foi empregado um questionário via *Google Forms* a todos os alunos matriculados. O questionário é referente a Avaliação da Eficiência dos Jogos Didáticos e apresentam quatro partes, descritas a seguir.

Parte 1: coleta de dados que permite caracterizar o perfil dos participantes: curso, sexo, idade.

Parte 2: perguntas sobre a percepção dos estudantes quanto ao engajamento e motivação, processo de aprendizagem, interdisciplinaridade, interação e dinâmica da turma, além da percepção geral e possíveis sugestões para aprimoramento. Para essa segunda parte do questionário, as respostas foram obtidas por meio de escala Likert, composta por cinco níveis de concordância: “discordo totalmente”, “discordo”, “não sei”, “concordo” e “concordo plenamente”.

Parte 3: uma questão de múltipla escolha, relacionada a quais critérios avaliativos foram considerados mais eficientes pelos estudantes na avaliação do conhecimento da disciplina. Nessa pergunta podia-se escolher mais de uma opção.

Parte 4: contemplou três questões abertas, nas quais em duas os estudantes foram convidados a indicar um ponto positivo e outro negativo relacionados a elaboração dos jogos didáticos e a participação nos jogos didáticos, respectivamente. E outra questão discursiva sobre melhorias no uso de jogos didáticos no ensino de Geotecnia. Ambas questões com intuito de captar as percepções dos discentes, quanto ao potencial e as limitações da atividade, permitindo também uma análise das experiências dos participantes.

Durante a aplicação do questionário, as alunas de pós-graduação e a professora responsável observavam o engajamento dos estudantes para que o maior número de discentes participassem, para que fosse possível analisar a percepção geral dos alunos sobre a utilização do jogo como estratégia pedagógica e ter resultados concretos quanto a isso.

Os dados quantitativos foram analisados por meio de estatística básica, enquanto as informações qualitativas foram tratadas por análise interpretativa, permitindo avaliar a percepção dos alunos sobre a utilização do jogo como estratégia pedagógica.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Apresentação dos jogos didáticos

Os seis jogos didáticos desenvolvidos pelos estudantes são sintetizados na Tabela 1 abaixo, destacando as datas de aplicação, seus formatos e conteúdos abordados. Importante ressaltar que os dois primeiros grupos tiveram maiores dificuldades na aplicação do material didático, por serem os pioneiros e não estarem familiarizados com o formato. Logo, os próximos grupos obtiveram maior sucesso, em especial, com maior interação dos participantes.

Tabela 1. Caracterização dos jogos didáticos desenvolvidos e aplicados na disciplina de Mecânia dos Solos.

Jogo	Data de aplicação	Formato do jogo	Conteúdo abordado
Jogo 1	08/09/25	Quiz (estilo Show do Milhão e Palavras Cruzadas)	Origem do solo
Jogo 2	08/09/25	Jogo das três dicas	Estado do solo
Jogo 3	14/10/25	Jogo de perguntas e respostas com uso de campainha (estilo Rock Bowl)	Classificação dos solos
Jogo 4	14/10/25	Jogo de perguntas e respostas com jogadas especiais (cartas/envelopes) e tempo cronometrado (estilo Quem quer ser um milionário?, Show do Milhão e Passa ou repassa)	Compactação dos solos
Jogo 5	25/11/25	Quiz (estilo Show do Milhão)	Tensões nos solos
Jogo 6	25/11/25	Quiz (estilo Show do Milhão e Verdade ou Consequência)	Permeabilidade dos solos

Durante a aplicação dos jogos foram identificados acertos e limitações recorrentes entre os grupos. Dentre os aspectos positivos, a maior parte dos jogos baseava-se em um ou mais jogos conhecidos da plateia, mas de forma mais abrangente os alunos mesclavam conceitos de outros jogos e criavam um novo jogo misto. Os alunos utilizavam de questões objetivas e discursivas, perguntas com textos e/ou cálculos, exemplos práticos na Engenharia, uso de tempo de resposta, divisões entre níveis (fácil, médio e difícil), mostrando bem a parte conceitual da disciplina e provocando a rápida ativação da memória e de habilidades de argumentação, a organização do pensamento e a comunicação do raciocínio.

Os grupos explicavam as regras antes, entretanto, nem todos grupos conseguiram comunicá-las de maneira clara. Contudo, a dinâmica ativou o senso de justiça e a atenção dos colegas, que passaram a intervir quando alguém burlava as regras, solicitando a repetição da jogada ou evidenciando que isso descumpria as normas iniciais estabelecidas. Como acertos tem-se também que o uso de sistemas de pontuações e premiações fez com que a competição ficasse mais divertida e acirrada, isso mostra estratégias dos discentes para deixar o jogo dinâmico, divertido e envolvente.

Notou-se muitas vezes que os alunos apresentaram dificuldades na organização do tempo, desde a chamada das perguntas e das respostas até ajustes relacionados às regras. Os grupos também perdiam muito com a organização dos recursos audiovisuais (QR Code, roleta virtual, visual de *slides*), com o controle manual do placar e ao responder uma pergunta de teor difícil, configurando-se como limitações da atividade. Mas isso era esperado, pois a metodologia ativa ainda está em fase de testes na Universidade Federal de Goiás, e mostra que em jogos didáticos, tanto o corpo docente e como o corpo discente estão sempre desenvolvendo novas habilidades, como se pode destacar nesse caso de organização e planejamento.

Os critérios adotados para a avaliação dos jogos permitiram analisar a parte conceitual e teórica dos alunos como também competências intrapessoais e cognitivas. Os grupos eram liderados por um aluno, o que estimulava a capacidade de liderança. Os critérios de dinamismo e criatividade do jogo e envolvimento da turma ressaltam a competência de adaptação às diferentes situações durante o jogo e como adequar um jogo geral para um tema geotécnico específico. Além de explorar a criatividade, a competitividade dos grupos e a habilidade de criarem mecanismos que promovam interação e engajamento. Por outro lado, critérios como grau de dificuldade das perguntas e qualidade das respostas, tem menos aceite por parte dos alunos, por exigir um domínio maior de todo o conteúdo da disciplina. Contudo, alguns grupos se destacavam por conseguir corrigir as respostas erradas sob seu entendimento, mas fundamentados nos conceitos da disciplina, de maneira clara e objetiva e, ainda, gerar discussões entre a turma e a professora responsável.

3.2 Análise do questionário

No estudo a população total foi de 36 alunos, sendo 23 homens e 13 mulheres. A amostra (coleta de dados por meio do questionário) consistiu em 10 participantes, o que representa 27,8% de retorno dos alunos matriculados na disciplina. Nesse caso, é uma amostra não probabilística por adesão voluntária. A Figura 1 mostra como é caracterizado o perfil dos participantes. Cerca de 90% dos participantes do questionário pertenciam ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária e somente 10% ao curso de Engenharia Civil. A distribuição dos participantes da pesquisa quanto ao sexo demonstram uma predominância 70% masculina e 30% feminina. Essa distribuição na amostra condiz com a população inicial que também é majoritariamente masculina, desse modo esse aspecto se manteve. A distribuição etária dos participantes concentrou-se

majoritariamente em estudantes com 20 anos de idade, que corresponderam a 40% da amostra, enquanto as faixas etárias de 18 e 28 anos representaram, cada uma, 10% dos respondentes. Esse fato era esperado e sugere que a maioria dos participantes dos jogos didáticos aplicados na disciplina está no início de sua carreira profissional e fazem parte da geração Z. Segundo Yawson e Yamoah (2020) essa geração é nativa digital, o que explica sua afinidade com jogos, ambientes digitais, dinâmicas interativas e domínio de recursos audiovisuais que foram utilizados durante a elaboração e apresentação dos jogos.

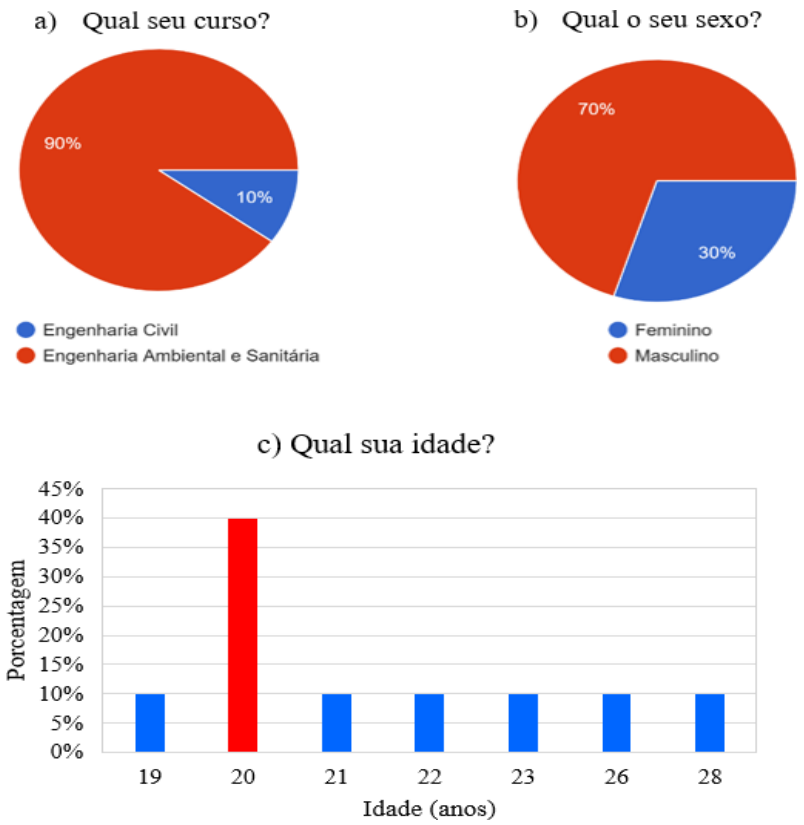


Figura 1. Caracterização do perfil dos participantes (a) curso, (b) sexo e (c) idade.

Em relação aos jogos didáticos 50% dos entrevistados concordaram e 30% concordam plenamente que a elaboração dos jogos didáticos ajudou a entender o conteúdo. Quanto à contribuição exclusiva da participação nos jogos didáticos para o entendimento do conteúdo, 50% dos respondentes declararam que discordam, 30% que não sabem e 10% concordam ou concordam plenamente. Isso demonstra que o processo de elaboração é sim benéfico para fixação do conteúdo, uma vez que a participação isolada, sem ter conhecimentos prévios sobre os conceitos abordados nos jogos, não é tão efetiva, pois o aluno fica alheio e pode resultar em menor envolvimento do estudante com a atividade.

Quanto ao desempenho individual nas verificações de aprendizagem, a maioria dos participantes concorda (50%) ou concorda plenamente, e (20%), que foi favorecida durante o exame por ter contribuído com a elaboração dos jogos. Esses números indicam que o envolvimento ativo na elaboração do recurso didático contribuiu para a consolidação dos conteúdos da disciplina. Na etapa de elaboração os discentes estudam os conceitos para formular perguntas pertinentes, e logo eles têm domínio prévio para retirar dúvidas dos colegas durante a aplicação. Metade dos participantes (50%) concordaram e 10% concordam plenamente que o seu desempenho nas provas foi favorecido pela participação em jogos dos outros grupos. O que é uma incoerência ao responderem, visto que 50% dos participantes disse acima que apenas a participação nos jogos didáticos não ajudou na aprendizagem. Conforme Buckley e Doyle (2017) e Subhash e Cudney (2018), a gamificação pode influenciar positivamente o desempenho em atividades avaliativas, pois os alunos passam a ser mais protagonistas daquele conteúdo e isso reflete nas provas, pois espera-se que o discente absorva melhor o conteúdo e por conseguinte tenha melhor desempenho acadêmico comparando-se à participação passiva em atividades tradicionais.

As respostas às perguntas relacionadas à percepção dos estudantes sobre se os jogos didáticos favoreceram a interdisciplinaridade, entendida como a integração entre conhecimentos de Tecnologia da Informação e de Geotecnia, indicam que 60% dos participantes concordam plenamente que tanto elaborar como participar dos jogos exige conhecimentos que vão além da sala de aula. Subhash e Cudney (2018)

destacam que criar e aplicar um jogo é mais do que aplicar conceitos, exige-se também uso de ferramentas digitais (QR Code, campainhas, *softwares* de criação de visuais, *design* gráfico), planejamento (controle de tempo, premiações, contagem de pontos) e lógica (estruturação das regras do jogo e na resolução de questões).

No que diz respeito aos jogos didáticos favorecerem a dinâmica das aulas, 70% dos participantes concordam plenamente. Esse fato é destacado também por Subhash e Cudney (2018) e Chrusciak e Lopes (2024) , ao afirmarem que o ambiente de aprendizado torna-se mais dinâmico e eficaz, uma vez que é cultivado o interesse dos discentes em adquirir conhecimento, onde o "aprender" deixa de ser tedioso e passa a ser fascinante para a grande maioria por utilizar essa inovação educacional.

Por trabalharem em equipe, 70% dos participantes concordam plenamente que a atividade contribuiu para melhorar o seu relacionamento interpessoal com seus colegas. Esse resultado está em consonância com a literatura sintetizada por Subhash e Cudney (2018), que descrevem que o aprendizado baseado em jogos promove o trabalho individual e em equipe, a competição entre os alunos, a comunicação, a motivação, engajamento e a interação social no ensino superior. Segundo os autores, jogos didáticos criam ambientes de colaboração, pois os estudantes tem que negociar regras, compartilhar conhecimento, ter senso de justiça, o que influencia no melhor estreitamente das relações interpessoais. Essas características fazem com que exista desenvolvimento também de competências sociais importantes para a formação de profissionais na Engenharia.

O impacto dos jogos didáticos vinculado à questão "Quanto você recomendaria o jogo que você elaborou para um colega estudar para a disciplina?" foi favorável. A Figura 2 mostra que a maior parte dos estudantes avaliou de forma positiva, já que 70% das respostas, estão nos níveis mais elevados de recomendação. Para a maioria recomendar o uso dos jogos, observa-se que os estudantes perceberam que é um recurso eficaz para apoiar o processo de ensino-aprendizagem. Quanto às respostas nos níveis inferiores de recomendação, é apontado que existem percepções diversas, mas em geral a aceitação da metodologia ativa é elevada. Isso mostra mais uma contradição, pois 50% dizem que a exclusiva participação não ajudou na aprendizagem, mas após confeccionado seu jogo, eles o recomendam para auxiliar no processo de aprendizagem.

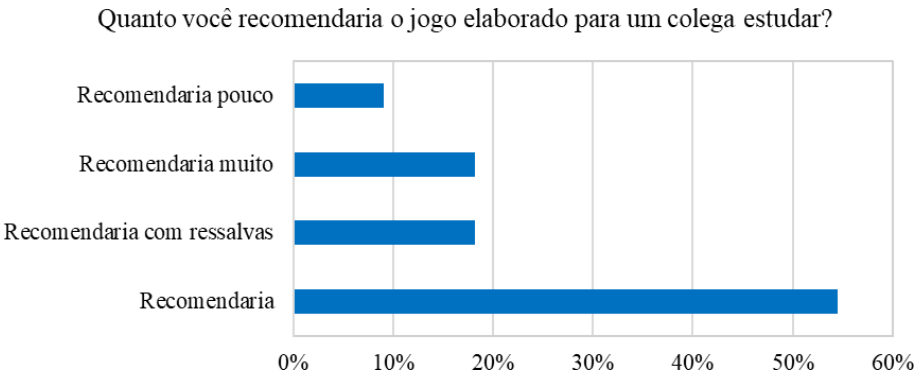


Figura 2. Impacto dos Jogos Didáticos

Em referência aos critérios avaliativos mais eficientes para avaliar o conhecimento individual da disciplina, o critério de envolvimento da turma foi frequentemente apontado como mais eficiente, sendo selecionado por 60% dos partipantes, o que subtende-se que a maioria dos estudantes considera que a participação ativa e a interação coletiva foram relevantes. Em seguida, a variabilidade das perguntas, dinamismo e criatividade do jogo, com 50% e 50%, respectivamente, foram destacadas. Esse fato sugere que jogos com características mais diversificadas, contextualizadas e em diferentes níveis de conhecimento são mais adequados para compreensão e participação em massa das atividades. Em contrapartida, o grau de dificuldade e a qualidade das respostas, representam ambos 20%, indicando que avaliações de conteúdo mais individualizadas têm menor peso na percepção dos estudantes. Tais resultados mostram que no contexto de jogos didáticos, os participantes tem maiores preferências por abordagens com maior engajamento, interação e diversidade, o que está de acordo com observado por Subhash e Cudney (2018) no campo sobre metodologias ativas em ambientes gamificados.

Quanto à questão discursiva sobre os pontos positivos e negativos na elaboração dos jogos didáticos, os principais pontos positivos citados de forma geral são associados ao prazer e diversão de elaborar e participar do jogo didático, ao estímulo a criatividade para elaborar perguntas variadas dentro do conteúdo

ministrado e ao aprofundamento da temática desenvolvida por cada grupo que passa a constituir uma abordagem diferente de se estudar. Otimização, gestão, envolvimento da plateia e busca por jogos mais interativos são pontos negativos destacados pelos discentes, muito relacionados a como tornar dinâmica e potencializada a participação da turma. Outro ponto negativo apontado foi que, em determinados casos, diferentes grupos desenvolveram jogos com ideias semelhantes, o que reduziu a diversidade das abordagens e dos desafios propostos.

Já em relação à participação nos jogos didáticos, os pontos positivos de destaque foram as premiações e a competição entre os grupos. Outro ponto benéfico citado por grande parte dos participantes foi a melhor fixação de conteúdo e uma maneira de aprender de forma alternativa, o que alguns deles consideraram o processo divertido por entender o conteúdo de uma forma mais descontraída e motivados. A apresentação pouco clara das regras, a desvantagem para estudantes mais introvertidos, em razão da necessidade de comunicação constante, e a participação parcial da turma, decorrente da ausência de alguns alunos, foram apontadas como falhas observadas durante a aplicação dos jogos em sala de aula.

Por fim, os estudantes sugeriram propostas de melhorias para aprimorar o uso de jogos didáticos no ensino de Geotecnia. Dentre as propostas principais foi notada a necessidade de melhores justificativas das respostas consideradas erradas, isso infere que os elaboradores dos jogos devem ter mais domínio do conteúdo e evita que parte dos alunos tenham tendência de responder de forma muito superficial. Outra proposta foi em relação à organização das ideias durante a elaboração dos jogos, o que impactou a fluidez das dinâmicas propostas. Esse ponto crítico mostra que embora a atividade promova o ensino-aprendizagem mais ativo, ainda existem competências como planejamento, síntese e estruturação lógica que necessitam de melhor desenvolvimento.

4 CONCLUSÕES

Este estudo ofereceu uma análise sobre a eficiência da inclusão de jogos didáticos no processo ensino-aprendizagem na área de Geotecnia. A elaboração e apresentação dos jogos didáticos mostrou-se como uma excelente ferramenta didática de ensino. Elaborar os jogos estimulou os discentes a fazer pesquisas nas referências bibliográficas da disciplina e em outros locais, fazendo com que o conteúdo fosse melhor assimilado. Outro ponto positivo, foi a promoção de uma melhor organização, pois era necessário ter controle do tempo e da função de cada componente do grupo para que o jogo fosse apresentado de maneira clara, concisa e no tempo adequado. A apresentação dos jogos trouxe engajamento entre os alunos participantes e os alunos elaboradores. Como os alunos já estão familiarizados com o conceito de engajamento nas redes sociais, a utilização desse termo como ponte para introduzir conceitos técnicos da Geotecnia, constitui uma estratégia didática que potencializa a compreensão, estimula a participação e torna o processo de aprendizagem mais significativo. Os jogos didáticos elaborados mesmo com limitações, podem ser utilizados em turmas posteriores da disciplina e provocar discussões de melhorias, sendo considerado um material pedagógico em constante desenvolvimento.

Em relação à avaliação da proposta pedagógica pelos discentes, observou-se satisfação dos estudantes quanto à eficiência dos jogos didáticos no ensino de Geotecnia, mesmo com a existência de pontos a serem aprimorados. A maioria dos estudantes considerou os jogos estratégicos para fixação de conteúdo e melhor engajamento da turma, e os recomendam a outros colegas.

Conclui-se que a inclusão de jogos didáticos no processo ensino-aprendizagem na área da Geotecnia é vantajosa, melhorando a retenção de conhecimento dos alunos e sendo uma nova alternativa a complementar o ensino tradicional, com potencial para enriquecer o aprendizado também em outras áreas da educação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Borges, C. R., Chrusciak, M. R., Lopes, B. C. F. L. (2024). A experiências de docentes no desenvolvimento e implementação de metodologias ativas no ensino de geotecnia. In: XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica- COBRAMSEG 2024, Balneário Camboriú. *Anais...* COBRAMSEG. DOI: DOI: 10.47094/COBRAMSEG2024/131.

Buckley, P., Doyle E. (2017). Individualising gamification: An investigation of the impact of learning styles and personality traits on the efficacy of gamification using a prediction market. *Computers & Education,* v. 106, p.43-55. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.11.009

Cardoso, G. A. F., Chrusciak, M. R., Cordao-Neto, M. P., Lopes, B. C. F. L. (2023). UnSaLuDo: The development of an educational board game on unsaturated soil mechanics, *E3S Web of Conferences*, v. 382,

p. 24008. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338224008.

Chrusciak, M. R., Lopes, B. C. F. L. (2024). Considerações de educadores sobre Inovação na Educação de Mecânica dos Solos um estudo de caso do projeto GeoFUN. In: XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica- COBRAMSEG 2024, Balneário Camboriú. *Anais...* COBRAMSEG. DOI: DOI: 10.47094/COBRAMSEG2024/126.

Chrusciak, M. R., Luz, H. K. M., Souza, R. D., Lopes, B. C. F. L. (2024). The development and evaluation of an educational board game on basic geotechnical soil characterization. *Soils and Rocks*, v. 47, n. 2, p. 1–12. DOI: https://doi.org/10.28927/SR.2024.003723

Luchesi, B. M., Lara, E. M. de O., Santos, M. A. (2022). Guia Prático de introdução às metodologias ativas de aprendizagem. *In:* Guia prático de introdução às metodologias ativas de aprendizagem. UFMS. https://repositorio.ufms.br

Mascarenha, M. M. A., Jesus, A. S., Gonzaga, C. M. O., Silva, T. J. L., Lopes, B. C. F. L. (2024). Elaboração de jogo didático para fins de ensino e aprendizagem em solos tropicais na pós-graduação. . In: XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica- COBRAMSEG 2024, Balneário Camboriú. *Anais...* COBRAMSEG. DOI: 10.47094/COBRAMSEG2024/131

Moraes, F. A., Soares, M. H. F. B. (2021). A proposal for the elaboration of a pedagogical game from the formulation of conceptual schemes. *Educação em Revista,* v. 37, e 25000. DOI: https://doi.org/10.1590/0102-469825000.

Subhash, S., Cudney, E. A. (2018). Gamified learning in higher education: A systematic review of the literature. *Computers in Human Behavior,* v.87, p.192-206. DOI: https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.05.028

Yawson, D. E., Fred Amofa Yamoah, F. A. (2020). Understanding satisfaction essentials of E-learning in higher education: A multi-generational cohort perspective. *Heliyon,* v. 6, n. 11. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05519

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/16

Inclusão Operacional: Transformando Conhecimento Tácito em Capacitação de Operadores Remotos com Deficiência na Descaracterização de Barragens

Luana Rodrigues Araujo
Engenheira Especialista, Vale, Belo Horizonte, Brasil, luana.araujo@vale.com

Grazielle da Silva Nascimento
Instrutor de Capacitação Técnica I, Vale, Belo Horizonte, Brasil, grazielle.nascimento@vale.com

Kenia Mara de Oliveira
Instrutor de Capacitação Técnica I, Vale, Belo Horizonte, Brasil, kenia.mara@vale.com

RESUMO: A Resolução nº 13/2019 da Agência Nacional de Mineração (ANM) criada após o rompimento da barragem B1 em Brumadinho, determinou a descaracterização de barragens alteadas a montante. Para atender à norma, em 2019 passaram a ser realizados investimentos na operação remota de equipamentos de terraplenagem e, em 2021, a mineradora referente ao estudo de caso apresentado implantou o Centro de Operações Remotas (COR), viabilizando a descaracterização segura de suas estruturas a qualquer distância. Ao mesmo tempo que representa um desafio, a implantação do COR permite inclusão de pessoas com deficiência na operação de equipamentos. A expertise humana é baseada no conhecimento tácito, que vem da experiência em situações de trabalho. Assim, utilizando-se do conhecimento dos operadores experientes, foi formulado um treinamento visando acelerar a curva de aprendizado dos novatos, inclusive daqueles sem experiência prévia em equipamentos ou conhecimentos de terraplenagem e construção. Através da metodologia da análise do trabalho, foram estudadas as atividades de operadores de caminhão, trator e escavadeira para a construção de uma trilha de treinamento capaz de acelerar a transferência do conhecimento tácito. Quatro pessoas com deficiência e sem qualquer experiência prévia em operação foram capacitadas na condução de equipamentos de forma remota, tendo sido integrados na operação de forma bem-sucedida. Como resultado, comprovou-se a capacidade de inclusão de pessoas com deficiência na operação de equipamentos remotos, permitindo a ampliação deste público nas operações.

PALAVRAS-CHAVE: Conhecimento tácito, equipamento não tripulado, pessoa com deficiência, Centro de Operações Remotas, descaracterização de barragens.

ABSTRACT: Resolution No. 13/2019 of the National Mining Agency (ANM), initiated after the rupture of B1 dam in Brumadinho, demanded the closure of dams constructed using the upstream method. To comply with this regulation, investments in remote operation of earthmoving equipment began in 2019 and, in 2021, the mining company involved in this case study implemented the Remote Operations Center (COR), enabling the safe decharacterization of its structures from any distance. Although challenging, the implementation of COR opened opportunities for the inclusion of people with disabilities in equipment operation. Human expertise is based on tacit knowledge, which comes from practical experience. Using the knowledge of experienced operators, a training program was developed to accelerate the learning curve of newcomers, including those without prior experience in equipment operation or knowledge of earthworks and construction. Using work analysis methodology, the activities of truck, dozer and excavator operators were studied to design a training framework capable of accelerating the transfer of tacit knowledge. Four individuals with disabilities and no previous operational experience were trained to remotely operate equipment and were successfully integrated into operations. As a result, the inclusion of people with disabilities in remote equipment operations proved feasible, enabling the expansion of this group within operational activities.

KEYWORDS: Tacit knowledge, teleoperation, unmanned equipment, person with disability, remote operations center, dam closure.

1 INTRODUÇÃO

Desde o rompimento da barragem B1 em Brumadinho em 25 de janeiro de 2019, a Resolução nº 13/2019 da Agência Nacional de Mineração (ANM) foi implementada, trazendo a obrigatoriedade de descaracterização de barragens construídas no método de alteamento a montante no Brasil (Agência Nacional de Mineração, 2024).

A evacuação de áreas de Zona de Autossalvamento (ZAS) desse tipo de estrutura é tratada principalmente pela Lei nº 14.066/2020 e por resoluções da Agência Nacional de Mineração, como a Resolução ANM nº 95/2022 e atualizações, que, além de proibirem novas construções/alteamentos a montante e regulamentarem a descaracterização e o monitoramento dessas estruturas, tratam da remoção de pessoas e da proibição de novas instalações na ZAS.

Ainda em 2019, mineradoras iniciaram programas para descaracterização de barragens no estado de Minas Gerais. Dessas estruturas, algumas foram classificadas como nível de emergência 3 (NE3) àquele momento. De acordo com a ANM (2022), NE3 pode ser definido como "a) a ruptura é inevitável ou está ocorrendo; ou b) quando o Fator de Segurança drenado estiver abaixo de 1,10 ou o Fator de Segurança não drenado de pico estiver abaixo de 1,0".

Para a execução das obras de descaracterização de estruturas nessa condição, optou-se pela adoção de equipamentos de terraplanagem teleoperados a partir de agosto de 2020, iniciando em junho de 2021 as operações em seu recém-construído Centro de Operações Remotas (COR), em Belo Horizonte. A partir do local são controlados, por meio de cockpits e telas com imagens de câmeras, escavadeiras convencionais e anfíbias, tratores, motoniveladoras e caminhões basculantes, articulados e pipa. Foi idealizado considerando critérios de acessibilidade, uma vez que as estações de trabalho remotas possibilitam a operação de pessoas com diferentes tipos de deficiência, podendo ser facilmente adaptadas às necessidades de usuários de cadeiras de rodas, por exemplo.

Inicialmente, devido ao ineditismo da operação, apenas operadores experientes em equipamentos convencionais foram selecionados. Não havia procedimentos estruturados, tampouco operadores capacitados para a operação remota; o treinamento teórico existente, limitado aos comandos dos controles, fazia com que o aprendizado ocorresse por tentativa e erro, levando os operadores experientes a se tornarem proficientes nos remotos somente após vivenciarem situações reais de trabalho, incluindo situações de quase acidentes. Cada novo operador repetia esse processo arriscado e de tentativa e erro durante em média 20 dias.

Num ambiente onde o aprendizado é construído dessa forma, fica restrito o acesso a pessoas sem experiência prévia na condição de operador. Além das dificuldades de aprender comando e controle, vencidas pelos treinamentos teóricos existentes, falta a uma pessoa inexperiente o conhecimento da operação: atividades realizadas por cada equipamento, dinâmica dos processos, estrutura organizacional e até mesmo o que é uma barragem ou, ainda, terraplanagem.

Frequentemente treinamentos, mesmo operacionais, se baseiam em conteúdos majoritariamente teóricos. Esses conteúdos, "articulados em linguagem formal, incluindo sentenças gramaticais, expressões matemáticas, especificações, manuais", procedimentos operacionais, etc. são conhecidos como conhecimento explícito (Nonaka; Takeuchi, 1995, p. viii, apud Ribeiro, 2012). A leitura de documentos, entretanto, não é suficiente para a aprendizagem e domínio de uma habilidade, que requer prática, contexto e socialização, uma vez que o conhecimento, além de ser governado por regras, é situado: "perceber, ver e fazer as coisas "da mesma" maneira (Wittgenstein 1976 [1953], p. 84e, apud Ribeiro, 2012) ou "apropriadamente" é o resultado de um acordo social que muda conforme as circunstâncias e com o tempo".

O conhecimento adquirido ao longo do tempo através da experiência, socialização e imersão é denominado tácito (Ribeiro, 2012). Operadores experientes em uma determinada atividade possuem a capacidade de realizar julgamentos antecipatórios e isso é possível porque a percepção humana adquirida traz consigo o sentido da situação (Lima *et al.*, 2020). Ela é um processo de "sincronização" entre o sujeito e o mundo, por meio do qual um fenômeno no mundo adquire um sentido e passa a ter significado prático. De acordo com a fenomenologia de Merleau-Ponty, ela é fundamentada pela experiência incorporada e na história individual de cada sujeito. (Ribeiro, 2014).

No contexto de atividades de descaracterização de barragens, isso significa que dirigir um caminhão vai além de saber ligá-lo, guiar a direção e trocar de marcha. É necessário avaliar, sem estar dentro do caminhão, qual o melhor caminho a utilizar e se há risco de atolamento ou tombamento, mesmo sem "sentir" o

equipamento; qual o giro adequado para o motor em determinado contexto – mesmo sem escutá-lo; quanto deve-se encher a caçamba e a qual velocidade trafegar em um determinado tipo de solo, com uma determinada saturação. Os julgamentos dependem, ainda, da meta de produção, de quais outras pessoas estão operando no dia, quais outros equipamentos, e diversas outras variáveis, que só aparecem quando é feita uma análise do trabalho.

Enquanto tais julgamentos parecem óbvios para um operador experiente, o novato tem dificuldade em enxergar o que o experiente vê. Há uma dificuldade em conectar de forma eficiente o conhecimento entre eles. Tal desafio de comunicação e transferência de conhecimento foi definido por Collins (2001) como saliência desencontrada: o aprendiz não sabe o que observar ou quais perguntas fazer por ainda não ter a experiência incorporada e "sincronização"; e o especialista possui competências e habilidades que já foram automatizadas e tornaram-se subconscientes e, por isso, não se dá conta do que ensinar, pois tudo parece óbvio ao seu olhar e julgamento.

Nesse cenário, entre 2023 e 2024, foram contratadas quatro pessoas com diferentes deficiências e sem qualquer experiência prévia, com o objetivo de capacitá-las para a operação remota. Assim, este artigo apresenta a metodologia criada com apoio de consultoria especializada em análise do trabalho para explicitar o conhecimento tácito dos operadores experientes e acelerar sua transferência para os novatos, promovendo a formação inclusiva de operadores remotos na descaracterização de barragens.

2 METODOLOGIA

2.1. Análise do Trabalho

A elaboração da Trilha de Desenvolvimento de Expertise partiu da análise do trabalho, onde foram observadas as atividades realizadas pelos operadores dos três equipamentos priorizados - sendo eles caminhão basculante, escavadeira hidráulica e trator de esteira. Nesta etapa, o analista acompanha a rotina dos operadores a fim de compreender a complexidade do que realmente fazem para além das normas e instruções formais.

É a percepção humana que suporta o conhecimento tácito, permitindo realizar julgamentos tais como: similaridade/diferença, relevância/irrelevância e risco/oportunidade. Durante as observações, o analista busca entender quais são as referências utilizadas pelo experiente para realizar os julgamentos necessários para executar cada atividade, como decide o momento de agir e distingue sinais relevantes de ruídos irrelevantes.

Percebeu-se que as atividades dependem das características do projeto, da área de trabalho (espaço, condições de acesso, tipo de material, condições meteorológicas, entre outras) e da organização social do trabalho. São, portanto, mais complexas do que "dirigir", "escavar" e "empurrar material" e demandam julgamentos tácitos de diferentes níveis de complexidade.

2.2. Árvores de Julgamento e Etapas de Treinamento

Foram elaboradas as árvores de julgamento (Figura 1), apoiadas em âncoras, que são os elementos que sustentam os julgamentos do experiente e funcionam como pontos de atenção - ou referências - sintetizando o conhecimento tácito e permitindo que aspectos importantes do ambiente, do equipamento e organização social não passem despercebidos por quem está aprendendo (Lima *et al.*, 2020).

Após o entendimento das atividades realizadas por cada tipo de equipamento e construção das árvores de julgamento, teve-se clareza de quais conhecimentos eram relevantes para acelerar a aprendizagem de um novato e qual o grau de complexidade de cada um deles. Foram definidos quais conhecimentos sobre barragens, terraplanagem e descaracterização de barragens eram importantes para a formação dos praticantes.

Com as informações, estruturou-se um treinamento teórico e prático que destaca os pontos relevantes de aprendizagem, a ordem que os conteúdos devem ser abordados, quais conteúdos requerem aprendizado prático e qual nível de controle o ambiente deve possuir para as etapas práticas. O treinamento então dividiu-se conforme etapas na Figura 2.

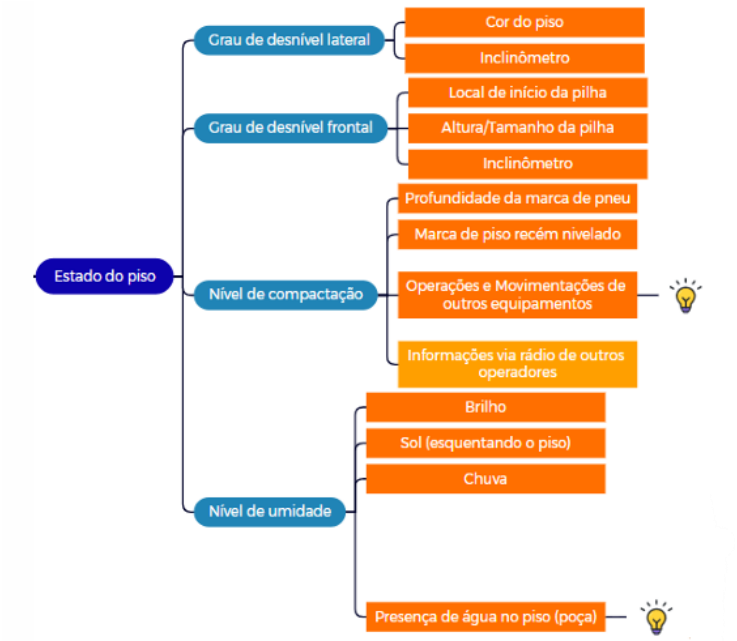


Figura 1. CB-ARV01 Estado do Piso

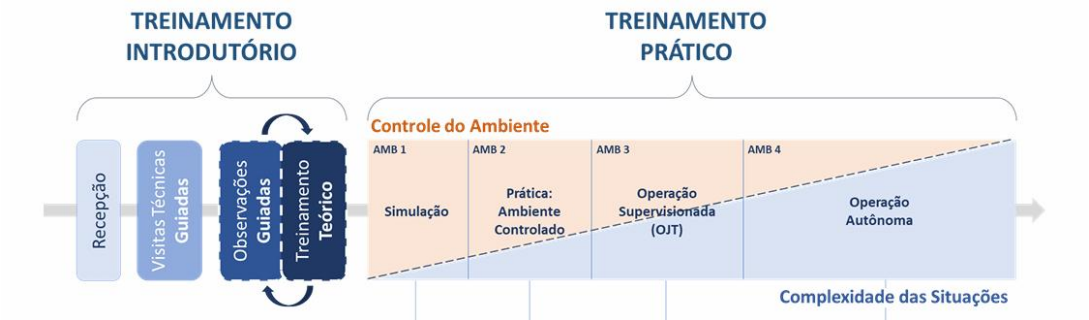


Figura 2. Etapas da Trilha de Desenvolvimento de Expertise da Operação Remota

2.3. Treinamento Introdutório

2.3.1. Recepção

É o primeiro contato do novato com a empresa e tem como foco o acolhimento e apresentação inicial, abordando pontos como aspectos históricos e organizacionais da empresa, além de detalhes específicos sobre a obra e o processo de descaracterização de barragens. O conteúdo é sucinto e focado apenas no que impacta diretamente a operação para não sobrecarregar o novato, que ainda não possui a prática para associar conhecimentos complexos.

2.3.2. Visitas Técnicas Guiadas

Consiste na visita à obra, onde o instrutor apresenta atividades reais e os pontos de referência importantes na obra, permitindo que o novato conheça a real dimensão das estruturas e tenha o primeiro contato físico com o equipamento, além de entender o histórico da obra. No caso do caminhão, os novatos andaram na carona para trajetos realizados,"sentindo" o equipamento e como ele reage ao ambiente. Um operador experiente destaca os principais sistemas e componentes do equipamento, mostrando o posicionamento das câmeras, sensores, antenas e rádios, importantes componentes que impactam especificamente na teleoperação.

O aprendiz começa a identificar termos técnicos e entender o contexto físico que, futuramente, ele verá apenas por câmeras no Centro de Operações Remotas. O roteiro da visita deve garantir que as principais âncoras indicadas sejam visualizadas.

2.3.3. Observações Guiadas

Ocorrem no Centro de Operações Remotas, promovendo a interação entre o novato, o instrutor e os operadores experientes, denominados operadores-padrinhos. Além de serem treinados na leitura e utilização das árvores de julgamento, os operadores-padrinhos possuem facilidade de comunicação e de ensinar e, principalmente, capacidade de colocar-se no lugar do outro, relembrando suas próprias dificuldades enquanto estiveram na posição de novato, criando espaço para a aprendizagem.

Esta etapa foca em desenvolver habilidades e julgamentos tácitos sem que o novato comece a operar ainda. Ele deve compreender as macroatividades, atividades e ações em contextos distintos, aprendendo o que olhar e como tomar decisões utilizando as árvores de julgamento como roteiro. Para isso, realiza perguntas de forma estruturada enquanto acompanha a operação do operador-padrinho, que mostra na prática as referências que utiliza. É este processo que permite a redução ou eliminação da saliência desencontrada.

A árvore de julgamento da Figura 1, por exemplo, refere-se à avaliação do estado do piso pelo motorista de caminhão e é utilizada nesta etapa. Uma das verificações que precisa ser feita pelo condutor é a cor do piso, pois ela diz sobre qual o tipo de material que o equipamento irá trafegar. Neste exemplo, o novato aprende com o experiente através da observação do trabalho e perguntas direcionadas, que um determinado tom de marrom, naquela obra, significa que o material é estéril ou rejeito, e quais as características inerentes a cada tipo de material. No caso do brilho e profundidade da marca de pneu, o novato busca entender com o experiente sobre a saturação do material e risco de atolamento, identificando onde se pode ou não trafegar.

Foram coletados vídeos reais da operação para todas as árvores de julgamento elaboradas a fim de utilizá-los em etapas de observação futuras em caso de indisponibilidade de operação para treinamentos.

2.3.4. Treinamento Teórico

Consiste no aprendizado formal, mas não foca na memorização de normas e procedimentos. Ao invés disso, são abordados os dados técnicos do processo e do equipamento que são relevantes para a prática, como os posicionamentos de câmeras e sensores, funções do controle remoto, principais informações do painel, como utilizar o sistema 3D e como funciona a rede de telecomunicações, além das principais falhas que o sistema pode apresentar e como identificá-las.

Para o caso de pessoas sem experiência prévia, também são passados os principais conceitos sobre barragens e terraplanagem, leitura de projetos, tipo de instrumentação instalada, as funções de cada tipo de equipamento e quais as atividades que cada um executa dentro do contexto de descaracterização de barragens.

O treinamento teórico não é a primeira etapa do processo de aprendizagem e este posicionamento é proposital: no momento em que ele inicia, o novato já teve contato com a prática, e isso facilita a assimilação e a relação entre o conteúdo teórico e o que foi visto em campo e nas observações guiadas. As etapas do treinamento se alternam conforme a necessidade e ritmo de aprendizado individual, uma vez que diferentes pessoas com diferentes experiências aprendem em ritmos distintos.

A passagem de uma etapa a outra do treinamento está atrelada ao domínio pelo novato das habilidades propostas em cada fase e não a uma carga horária fixa por etapa. A quantidade de informação deve ser dosada e a alternância proposta evita a ilusão de que o conhecimento teórico, por si só, qualifica o operador.

2.4. Treinamento Prático

As etapas do treinamento prático são organizadas em quatro ambientes de aprendizagem que progridem conforme o aumento da complexidade das situações e diminuição do controle do ambiente.

2.4.1. Simulação

São treinados movimentos dos controles para realizar atividades básicas como deslocar, dar ré, desviar de obstáculos, manobrar, girar e deslocar a escavadeira, entre outros.

O foco é a sincronização do corpo com os comandos, compreender sensibilidade e tempo de resposta e coordenar os movimentos com os primeiros julgamentos, como avaliar a condição do piso para decidir por

onde passar, parar o caminhão no lugar correto para carga da escavadeira, posicionar a escavadeira para melhor enchimento da concha e para carregar o caminhão sem com ele colidir, entre outros.

Esta etapa dependeu do desenvolvimento de simulador específico para operação remota, replicando o layout das câmeras e âncoras, os comandos e as principais falhas que podem ocorrer nos equipamentos durante as atividades pré-definidas, da mais simples para a mais complexa. Foi priorizado o desenvolvimento do simulador de caminhão e escavadeira (Figura 3) por estarem em maior quantidade nas operações.



Figura 3. Cockpit real x Simulador - Escavadeira

Destaca-se o modo instrutor, que permite a inserção de obstáculos e falhas ao longo das atividades conforme sua definição e sem conhecimento prévio do treinando. Podem ser inseridas poças, borrachudos, falhas mecânicas, falhas de tecnologia e congelamento de câmeras, por exemplo, permitindo treinar o novato em lidar com imprevistos, perceber como avalia os riscos e toma decisão de acordo com o contexto.

2.4.2.Prática em Ambiente Controlado

Consiste no primeiro contato direto com o equipamento numa área onde as variáveis são conhecidas e previsíveis. O treinando coloca em prática os movimentos sincronizados em um ambiente real, mas de menor risco que a área de operação, e o instrutor acrescenta complexidade às atividades conforme o ritmo de aprendizagem do aluno. As ações começam a ser sincronizadas com o ambiente físico e o novato aplica as árvores de julgamento para avaliar condições do piso, tipo de material, inclinação do equipamento, patinação da esteira do trator, dentre outros.

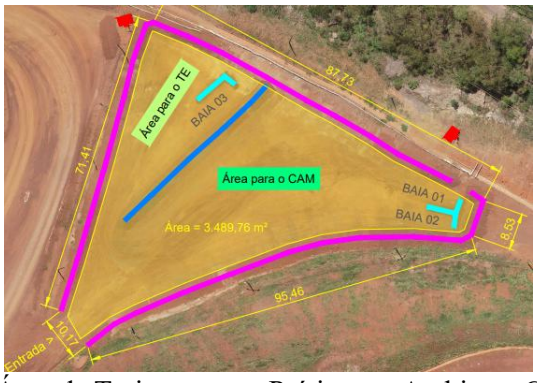


Figura 4. Área de Treinamento - Prática em Ambiente Controlado

Foi utilizada a área da Figura 4, com aproximadamente 3.500 m², onde um operador experiente de escavadeira controlada remotamente deu apoio na escavação e carregamento do material, enquanto os treinandos realizaram atividades com caminhão e trator, entre elas deslocamento, manobra, carregamento e basculamento, controle de giro na descida com caminhão carregado, subida em rampa com caminhão carregado; empurrar e empilhar material, construção de rampa, acerto de praça, confecção de drenagem.

2.4.3. Operação Supervisionada

O treinando finalmente vivencia situações reais de trabalho sob a supervisão do instrutor e operador-padrinho e trabalha com os operadores experientes. Nesta etapa é acrescentada a camada de complexidade da socialização, onde o operador em formação, além de controlar o equipamento e avaliar o ambiente, precisa coordenar suas atividades com as dos outros, entender a dinâmica da operação, receber informações dos colegas e encarregados e agir conforme os diferentes estímulos. Aprende a identificar antecipadamente as consequências das ações para o equipamento e para a meta de produção.

2.4.4. Operação Autônoma

Aqui, o operador já não depende mais de instruções constantes para realizar sua função. Desenvolve a expertise continuamente através do enfrentamento de situações não vivenciadas anteriormente, refinamento das habilidades motoras e perceptivas por meio da repetição e da vivência de variáveis imprevisíveis.

É importante notar que a noção de expertise depende do equipamento, atividade e contexto: um operador pode ter se tornado expert em carregamento de caminhões mas ainda ser um novato numa atividade de desatolamento da escavadeira, por exemplo. O que garante seu aprendizado é a presença de um operador-padrinho mais experiente na equipe. Ao deparar-se com uma situação nova, um operador poderá consultar alguém mais experiente que saiba compartilhar as referências que utiliza para construir julgamentos e tomar decisões para realizar aquela atividade. Ou seja, o experiente explicita seu conhecimento, que lhe é tácito.

3 RESULTADOS

A Trilha de Desenvolvimento foi elaborada e aplicada de forma bem-sucedida com quatro operadores com diferentes deficiências, conforme Quadro 1, onde cada quadrado pintado em cinza refere-se à conclusão da etapa para caminhão “C”, trator “T” e escavadeira “E” e cada quadrado com traço vermelho refere-se à etapa de treinamento não realizada:

Quadro 1. Etapas de Treinamento Concluídas por Operador e Equipamento[1]

	Recepção			Visitas Técnicas Guiadas			Observ. Guiadas			Teórico			Simulação			Prática Controlada			Operação Supervi-sionada			Operação Autônoma		
	C	T	E	C	T	E	C	T	E	C	T	E	C	T	E	C	T	E	C	T	E	C	T	E
Operador 01														-										
Operador 02														-										
Operador 03														-										
Operador 04														-										

Destaca-se que a metodologia foi construída e validada ao longo dos treinamentos conforme *feedbacks* dos treinandos e, portanto, não foi possível dimensionar os tempos de duração exatos de cada uma das fases. A fase de operação autônoma teve duração total de seis meses, onde os novatos foram totalmente integrados à equipe de uma operação real. Realizaram atividades de complexidade crescente e tiveram suas habilidades reconhecidas pelos operadores mais experientes e pelo supervisor da operação. Destaca-se o Operador 02, que, além de operar o trator de maneira autônoma, atuou com êxito como operador-padrinho, replicando a metodologia para outros novatos de construtora parceira.

Os treinamentos também foram aplicados com êxito para 21 operadores experientes nos equipamentos convencionais (caminhão, escavadeira e trator) em um programa de formação em parceria com três construtoras até a prática em ambiente controlado, reduzindo de 20 para 10 dias o tempo de formação médio

[1] Por ser um equipamento menos numeroso, não foi desenvolvido simulador de trator nesta fase do projeto, as atividades de comando e controle do trator foram simuladas no ambiente de prática controlada.

na teleoperação, sem registro de acidente. Isso demonstra que a metodologia pode e deve ser aplicada para formação de operadores com experiência prévia com o objetivo de reduzir o tempo de aprendizagem e aumentar a segurança da operação.

Conclui-se que a metodologia foi validada para formação de operador de caminhão e trator remoto sem experiência prévia e operador de caminhão, trator e escavadeira remoto com experiência prévia na operação convencional. Como resultado do sucesso dos treinamentos, foi retirada a exigência de tempo de experiência mínimo na operação de equipamentos junto às construtoras parceiras, incentivando a ampliação da diversidade e das vagas afirmativas nas operações remotas.

4 CONCLUSÃO

Comprovou-se a aplicabilidade dos treinamentos para operadores sem experiência prévia. Entretanto, não foi possível aferir com precisão a duração dos treinamentos com pessoas com deficiência e sem experiência prévia pois eles foram construídos e aplicados paralelamente. Especialmente nas etapas de simulação e prática controlada foram encontradas barreiras de disponibilidade de recursos, o que impactou a continuidade entre as etapas e o avanço dos treinamentos conforme o ritmo de aprendizado. Foi possível, entretanto, verificar a redução em 50% no tempo de formação para operadores com experiência em equipamentos tripulados.

Como próximos passos, além do desenvolvimento do simulador de trator para complemento aos treinamentos, sugere-se a validação da metodologia para operadores de escavadeira sem experiência prévia e a aplicação da metodologia do início ao fim com outros novatos num cenário em que todos os recursos para todas as etapas estejam disponíveis, permitindo mensurar com mais precisão o tempo de formação.

A metodologia de análise do trabalho, internalizada pela mineradora neste projeto, está sendo aplicada também na construção da Trilha de Desenvolvimento de Expertise para a operação remota do robô responsável pela coleta de amostras indeformadas para o ensaio geotécnico, reforçando seu potencial de replicabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Mineração (2024). *Report Trimestral – Outubro*. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/boletim-de-barragens-de-mineracao/report-trimestral-outubro-2024 retificado-em-15-10-24>. Acesso em: 08 jan. 2026.

Agência Nacional de Mineração (2019). *Resolução nº 13, de 8 de agosto de 2019.* Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/legislacao/resolucao-no-95-2022.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2026.

Agência Nacional de Mineração (2022). *Resolução nº 95, de 7 de fevereiro de 2022*. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/legislacao/resolucao-no-95-2022.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2026.

Collins, H. (2001). *Tacit Knowledge, trust and the Q of sapphire. Social Studies of Science*, v.31, n.1, p. 71-85.

Lima, F. de P. A; Ribeiro, R; La Guardia, M.; Nagem, S. (2020) *Análise do Curso de Ação e do Projeto Antropocêntrico: contribuições para a conceção de sistemas automatizados*. Laboreal, Porto, v. 16, n. 2, 2020.

Nonaka, I.; Takeuchi, H. (1995) *The Knowledge-Creating Company*. New York: Oxford University Press.

Ribeiro, R. (2012). *Tacit Knowledge Management*. Phenomenology and the Cognitive Sciences, [s. l.].

Ribeiro, R. (2014). *The Role of Experience in Perception. Human Studies,* 37, 559-581.

Wittgenstein, L. (1976 [1953]). *Philosophical investigations.Oxford:Blackwell.*

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/17

Integrando Métodos Teórico, Numérico e Experimental no Ensino da Percolação de Água em Barragens: Abordagem para Educação Inclusiva em Geoengenharia

Flávia Gonçalves Pissinati Pelaquim
Professor do Magistério Superior, UTFPR, Pato Branco, Brasil, fgoncalves@professores.utfpr.edu.br

Anne Elise Velho Rossa
Discente, Engenharia Civil, UTFPR, Pato Branco, Brasil, anneelise@alunos.utfpr.edu.br

Eduarda Aiolfi Barionuevo
Discente, Engenharia Civil, UTFPR, Pato Branco, Brasil, eduardabarionuevo@alunos.utfpr.edu.br

Marcelo Cesa Rissardi
Discente, Engenharia Civil, UTFPR, Pato Branco, Brasil, marcelorissardi@alunos.utfpr.edu.br

Alana Dias de Oliveira
Professor do Magistério Superior, UTFPR, Toledo, Brasil, alanaoliveira@professores.utfpr.edu.br

Renan Felipe Braga Zanin
Professor do Magistério Superior, UEL, Londrina, Brasil, renanzanin@uel.br

Raquel Souza Teixeira
Professor do Magistério Superior, UEL, Londrina, Brasil, raquel@uel.br

Volmir Sabbi
Professor do Magistério Superior, UTFPR, Pato Branco, Brasil, volmir@utfpr.edu.br

RESUMO: Este trabalho apresenta uma proposta didática voltada à educação inclusiva no ensino de Geoengenharia, baseada na integração de métodos teóricos, numéricos e experimentais para a compreensão da percolação em barragens de terra. Considerando o caráter abstrato de conteúdos geotécnicos e as dificuldades enfrentadas por estudantes com diferentes perfis cognitivos e estilos de aprendizagem, a metodologia foi estruturada de forma multimodal e progressiva. As atividades envolveram o traçado de redes de fluxo, simulações computacionais no software SEEP/W e a construção de modelos físicos em escala reduzida, permitindo representações complementares do fenômeno hidráulico. A integração dessas abordagens contribuiu para a consolidação dos conceitos e para a interpretação dos resultados obtidos nas diferentes etapas. A comparação entre configurações homogêneas e seções com filtros evidenciou o controle da linha freática e a mitigação de processos associados à erosão interna, além do papel da experimentação como recurso didático no ensino de percolação. Conclui-se que a proposta constitui uma alternativa aplicável ao ensino superior em Engenharia Civil, com potencial para apoiar práticas pedagógicas inclusivas.

PALAVRAS-CHAVE: Percolação de água em barragens de terra; Educação em Geoengenharia, Ensino multimodal, Métodos teóricos, numéricos e experimentais.

ABSTRACT: This study presents a didactic proposal aimed at inclusive education in Geoengineering teaching, based on the integration of theoretical, numerical, and experimental methods to support the understanding of seepage in earth dams. Considering the abstract nature of geotechnical contents and the difficulties faced by students with different cognitive profiles and learning styles, the methodology was structured in a multimodal and progressive manner. The activities included the tracing of flow nets, computational simulations using the SEEP/W software, and the construction of reduced-scale physical models, allowing complementary representations of the hydraulic phenomenon. The integration of these approaches contributed to the consolidation of key concepts and to the interpretation of results obtained throughout the different stages. The

comparison between homogeneous configurations and sections with filters highlighted the control of the phreatic line and the mitigation of processes associated with internal erosion, as well as the role of experimentation as a didactic resource in seepage teaching. It is concluded that the proposal constitutes an applicable alternative for higher education in Civil Engineering, with potential to support inclusive pedagogical practices.

KEYWORDS: Water seepage in earth dams, Geoengineering education, Multimodal teaching, Theoretical, numerical and experimental methods

1 INTRODUÇÃO

A Geoengenharia reúne conteúdos de elevada complexidade técnica, fortemente apoiados em modelos matemáticos e abstrações conceituais, o que pode impor desafios relevantes ao processo de ensino-aprendizagem no ensino superior. Além das dificuldades inerentes aos temas, fatores como limitações de infraestrutura, tempo didático reduzido e heterogeneidade do perfil discente ampliam os obstáculos à promoção de uma aprendizagem efetiva e equitativa. Nesse cenário, estudantes com diferentes estilos de aprendizagem e necessidades educacionais específicas podem encontrar dificuldades adicionais na compreensão de fenômenos geotécnicos, reforçando a necessidade de práticas educacionais alinhadas aos princípios de inclusão e equidade (UNESCO, 2020).

Sob a perspectiva educacional, tais desafios evidenciam a importância de estratégias pedagógicas que favoreçam a aprendizagem significativa e reduzam a dependência exclusiva de abordagens expositivas tradicionais. A incorporação de princípios da educação inclusiva e do ensino multimodal permite diversificar as formas de representação dos conteúdos, ampliando as possibilidades de acesso ao conhecimento. A articulação entre diferentes métodos de ensino (teóricos, numéricos e experimentais) pode contribuir para uma compreensão mais ativa dos conceitos, estimulando o engajamento discente e a consolidação de fundamentos essenciais (GUIMARÃES et al., 2021).

O ensino da percolação de água em barragens de terra insere-se nesse contexto por apresentar desafios específicos associados à natureza abstrata dos conceitos envolvidos. Elementos como redes de fluxo, linha freática e gradientes hidráulicos são frequentemente abordados de forma predominantemente teórica, com apoio em formulações matemáticas e representações bidimensionais, o que pode limitar a compreensão dos fenômenos físicos subjacentes, especialmente entre estudantes com distintos perfis cognitivos. Nesse sentido, práticas orientadas pela integração entre simulações e experimentação em escala reduzida apresentam elevado potencial didático e inclusivo na educação em engenharia (TEMBREVILLA et al., 2024).

Diante dessas características, a percolação em barragens de terra é adotada neste trabalho como recorte temático para a aplicação de uma abordagem pedagógica integrada. O objetivo do artigo é apresentar, de forma concisa, uma proposta de integração entre métodos teóricos, numéricos e experimentais no ensino desse conteúdo, destacando os procedimentos didáticos adotados, sua sistematização e os resultados observados ao longo do processo de aprendizagem dos estudantes. Busca-se, assim, fornecer subsídios para a replicação da abordagem e para a reflexão sobre sua aplicação em outros conteúdos e contextos do ensino superior em Geoengenharia.

2 METODOLOGIA

A metodologia adotada foi estruturada de modo a evidenciar o potencial pedagógico da integração entre diferentes abordagens de análise da percolação, articulando métodos teóricos, numéricos e experimentais como estratégia didática inclusiva. A proposta coloca o estudante como protagonista do processo de aprendizagem, favorecendo a construção do conhecimento e ampliando o acesso ao conteúdo por meio de múltiplas formas de representação – gráfica, computacional e física.

O percurso metodológico foi concebido com intencionalidade educacional, considerando as dificuldades associadas à abstração típica dos conteúdos de percolação em barragens de terra. Dessa forma, as etapas foram organizadas de maneira progressiva, permitindo que os estudantes transitassem entre conceitos matemáticos, simulações digitais e observação direta do fenômeno, contemplando diferentes estilos de aprendizagem e favorecendo a equidade no processo formativo.

Inicialmente, como instrumento norteador da abordagem proposta, foram delimitadas as condições de contorno e realizados, juntamente com os alunos, os ensaios de caracterização dos materiais utilizados. Embora a caracterização não constitua o enfoque central deste artigo, ela representa um subsídio fundamental para o desenvolvimento da metodologia integrada, pois estabeleceu parâmetros comuns que permitem a comparação consistente entre os métodos. Ressalta-se que a compreensão inicial da finalidade desses ensaios contribui para o entendimento do papel da permeabilidade, da granulometria e das condições hidráulicas no comportamento global da barragem.

Na sequência, foram realizados os traçados gráficos das redes de fluxo com base na teoria da parábola básica de Kozeny (1931, *apud* USACE, 1993), as simulações computacionais no software SEEP/W e, posteriormente, a construção de modelos físicos experimentais. Todas essas etapas tiveram como objetivo reproduzir as condições de percolação e possibilitar não apenas a obtenção de resultados técnicos, mas também a observação direta dos processos envolvidos, fortalecendo a abordagem pedagógica multimodal.

2.1 Condições de contorno e ensaios de caracterização iniciais.

Inicialmente, foram determinadas as condições de contorno para as barragens estudadas, de forma a garantir uniformidade geométrica e comparabilidade entre as análises. As principais características adotadas estão apresentadas no Quadro 1. Além dessas definições, foram estabelecidos espaçamentos padronizados para leituras de pressão neutra no corpo das barragens. Os medidores de potencial da água foram dispostos conforme a configuração apresentada na Figura 1.

Quadro 1. Condições de contorno iniciais para as barragens estudadas.

Condição de contorno	**Característica**	**Norma/ Referência**
Material da barragem	Granular (34% areia fina, 61% areia média, 5% areia grossa), class.: areia fina a média, uniforme. k ≈ 10^{-3} cm.s^{-1}	ABNT NBR 7181/2025 ABNT NBR 13292/2021
Material de drenagem (filtro)	Composição granular (≈ 65% brita 0; 35% areia de britagem) $\frac{D_{15,filtro}}{D_{15,solo}} > 5$ e $\frac{D_{15,filtro}}{D_{85,solo}} < 5$ → Satisfazem condição para filtro	ABNT NBR 7181/2025 ABNT NBR 13292/2021 Terzaghi, Peck e Mersi (1996)
Altura Comprimento da base Comprimento da crista Espessura da barragem Inclinação dos taludes * Nível d'água montante	40 cm 140 cm 20 cm 40 cm 1:1,5 (V:H) 35 cm	Souza (2014)
Número de linhas de fluxo	6 linhas – espaçadas a cada 10 cm sob o talude à montante	Este trabalho
Configurações **	(i) barragem homogênea (ii) barragem com filtro de pé (iii) barragem com filtro horizontal (iv) barragem com filtro tipo chaminé	Este trabalho

Nota: * À montante e à jusante; ** filtros compostos de material mais permeável que a areia utilizada no corpo da barragem e revestidos com manta geotêxtil para evitar migração de partículas.

Os ensaios laboratoriais de caracterização do material granular utilizado (areia) foram conduzidos com a participação dos estudantes, permitindo que esta etapa também funcionasse como componente didático. A realização prática dos ensaios contribuiu para contextualizar conceitos fundamentais de Mecânica dos Solos, como condutividade hidráulica e critérios de filtro, frequentemente abordados de forma abstrata em aulas expositivas.

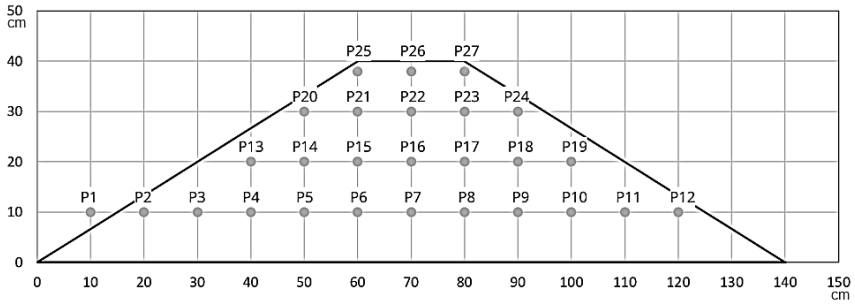


Figura 1. Esboço da localização e identificação dos medidores de pressão neutra.

2.2 Modelagem teórica.

Para a realização do traçado teórico das redes de fluxo em uma barragem homogênea de areia, os estudantes foram orientados a compreender a base conceitual sobre os mecanismos de percolação, identificando a linha freática, os caminhos preferenciais de fluxo e os gradientes hidráulicos no maciço.

Essa etapa teve como foco o desenvolvimento da habilidade de representação gráfica e interpretação física das redes de fluxo, permitindo aos discentes visualizar conceitos essenciais para a compreensão de fenômenos como *piping* e erosão interna. A pesquisa teórica foi fundamentada inicialmente em referências clássicas da Mecânica dos Solos, com possibilidade de complementação por outras fontes confiáveis.

.

2.3 Modelagem computacional.

Para a etapa de modelagem computacional, foi utilizado o módulo SEEP/W, integrante do pacote GeoStudio® (versão 2022.1), que permite a análise da percolação em meios porosos pelo Método dos Elementos Finitos (MEF). Essa etapa proporcionou aos estudantes contato com ferramentas digitais amplamente utilizadas na prática profissional, fortalecendo competências técnicas e interpretativas.

As simulações foram realizadas a partir da geometria das barragens e das propriedades hidráulicas previamente definidas. Antes da execução dos modelos, foi promovido um alinhamento conceitual por meio de aula introdutória e exercícios compatíveis com as configurações adotadas, favorecendo maior acessibilidade ao uso do software, inclusive para estudantes com diferentes níveis de familiaridade computacional.

Foram adotadas condições comuns a todas as seções modeladas, incluindo análises em regime permanente e malha com elementos de dimensão aproximada de 2,6 cm. As simulações consideraram dois materiais: “Areia”, com coeficiente de permeabilidade obtido experimentalmente, e “Filtro”, com coeficiente de permeabilidade representativo de materiais mais grosseiros. Ambos os materiais foram considerados saturados. Detalhamentos adicionais encontram-se em Velho Rossa, Barionuevo e Rissardi (2025).

2.4 Modelagem experimental.

A etapa experimental consistiu na construção e utilização de modelos físicos em escala reduzida, possibilitando a observação direta da percolação e da evolução da linha freática, aspecto especialmente relevante como recurso pedagógico inclusivo.

2.4.1 Montagem do tanque

A etapa de modelagem experimental consistiu na construção e utilização de um tanque impermeável de ensaio, concebido para permitir a visualização direta da percolação e da linha freática em uma barragem de areia. Para a produção do tanque, contou-se com o auxílio de prestadores de serviço externos e dos técnicos e estagiários dos laboratórios vinculados à UTFPR, campus Pato Branco.

O tanque foi confeccionado em aço carbono, com as dimensões apresentadas na Figura 2(a), devidamente vedado e reforçado estruturalmente (Figura 2(b)). O sistema foi equipado com uma face frontal em vidro incolor (Figura 2(c)), possibilitando o acompanhamento visual direto dos fenômenos hidráulicos durante os ensaios.

Sobre o vidro frontal foi traçada uma malha quadriculada com espaçamento de 10 × 10 cm, utilizada como referência para leituras experimentais e interpretação da posição da linha freática.

Para a medição das pressões neutras, foram instalados piezômetros distribuídos ao longo do maciço, posicionados conforme esboçado na Figura 1. A visualização dos dispositivos instalados está apresentada na Figura 2(d). A entrada destes dispositivos foi protegida com manta geotêxtil, de modo a permitir a passagem de água e evitar a obstrução por partículas finas, assegurando maior confiabilidade às leituras.

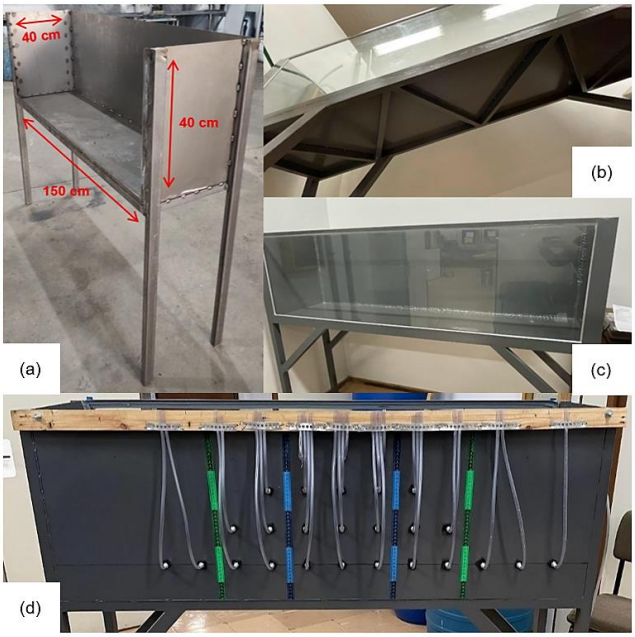


Figura 2. Detalhes da montagem do tanque – modelagem experimental.

O sistema hidráulico do tanque foi composto por dispositivos de entrada, saída e controle do nível d'água, assegurando condições de regime permanente durante os ensaios. Após a montagem, o conjunto experimental foi submetido a ensaio de estanqueidade, apresentando desempenho satisfatório, o que permitiu sua utilização tanto na observação direta do comportamento da percolação quanto na comparação com os resultados obtidos nas etapas teórica e computacional.

2.4.2 Construção das diferentes seções de barragens de areia (sem e com filtros)

As barragens experimentais foram construídas no interior do tanque de ensaio com areia compactada, adotando-se inicialmente um modelo puramente homogêneo como referência. A geometria do maciço foi previamente definida no vidro frontal do tanque e a compactação foi realizada em camadas sucessivas, com espessura e massa controladas, garantindo a homogeneidade do corpo da barragem (Figura 3(a)). O acabamento final e o perfilamento dos taludes foram executados com o auxílio de espátulas, assegurando a reprodução fiel das condições de contorno previamente estabelecidas.

Após a modelagem do maciço, foram inseridos pontos de traçagem com comprimidos de permanganato de potássio ($KMnO_4$) ao longo do talude de montante (Figura 3(b)), possibilitando a visualização das linhas de fluxo durante os ensaios de percolação (Figura 3(c)). O enchimento do reservatório foi realizado de forma gradual e controlada e, uma vez atingida a condição de regime permanente, foram conduzidas medições de vazão percolada e leituras das pressões neutras por meio dos piezômetros instalados (Figura 3(d)).

A construção das barragens com sistemas de drenagem seguiu procedimentos semelhantes aos adotados para o modelo homogêneo, diferenciando-se pela inclusão de filtros, conforme exemplificado na Figura 3(e). As dimensões dos modelos e a disposição dos diferentes tipos de filtros analisados são apresentadas na Figura 3(f).

Para cada configuração, os filtros foram previamente demarcados sobre o vidro frontal do tanque, servindo como guia para a correta disposição do material drenante. Com o objetivo de preservar a integridade das interfaces e evitar o arraste de partículas finas, os filtros foram envoltos em manta geotêxtil, assegurando a adequada transição granulométrica entre o corpo da barragem e o sistema drenante. A execução das camadas

seguiu o mesmo procedimento adotado para a barragem homogênea, com adaptações pontuais para a inserção dos filtros, sendo que o modelo com filtro tipo chaminé demandou maior cuidado construtivo devido à necessidade de execução simultânea ao maciço.

Do ponto de vista pedagógico, essa etapa experimental desempenhou papel central na proposta do estudo, pois permitiu que os estudantes visualizassem concretamente o comportamento da linha freática e compreendessem o efeito dos filtros na redução dos gradientes hidráulicos e na mitigação de mecanismos associados à erosão interna. Assim, a construção das seções experimentais constituiu um recurso multimodal relevante no ensino de percolação, contribuindo para atender diferentes perfis cognitivos na formação em Geoengenharia.

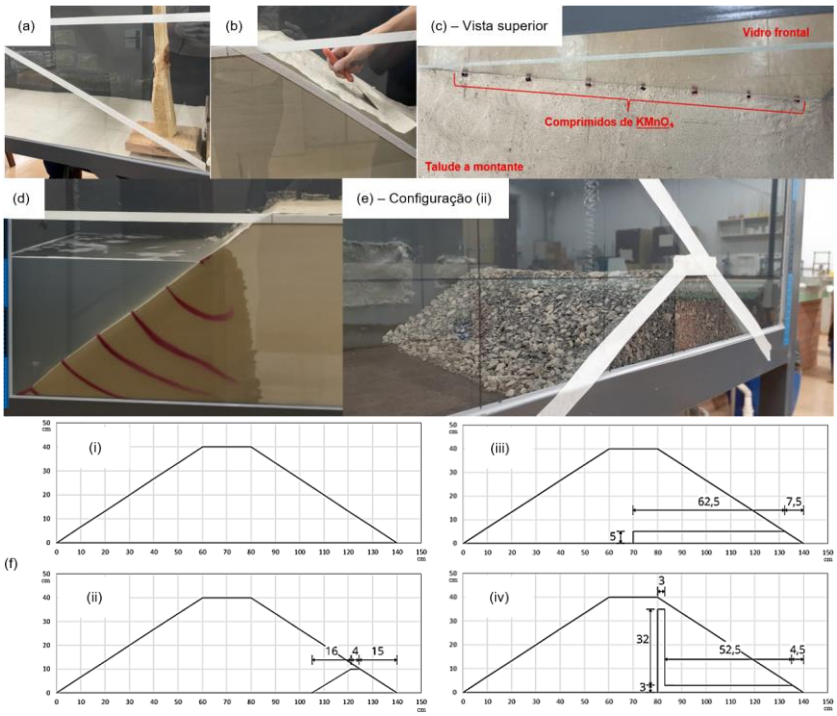


Figura 3. Detalhes da construção das barragens de areia e filtros – modelagem experimental.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

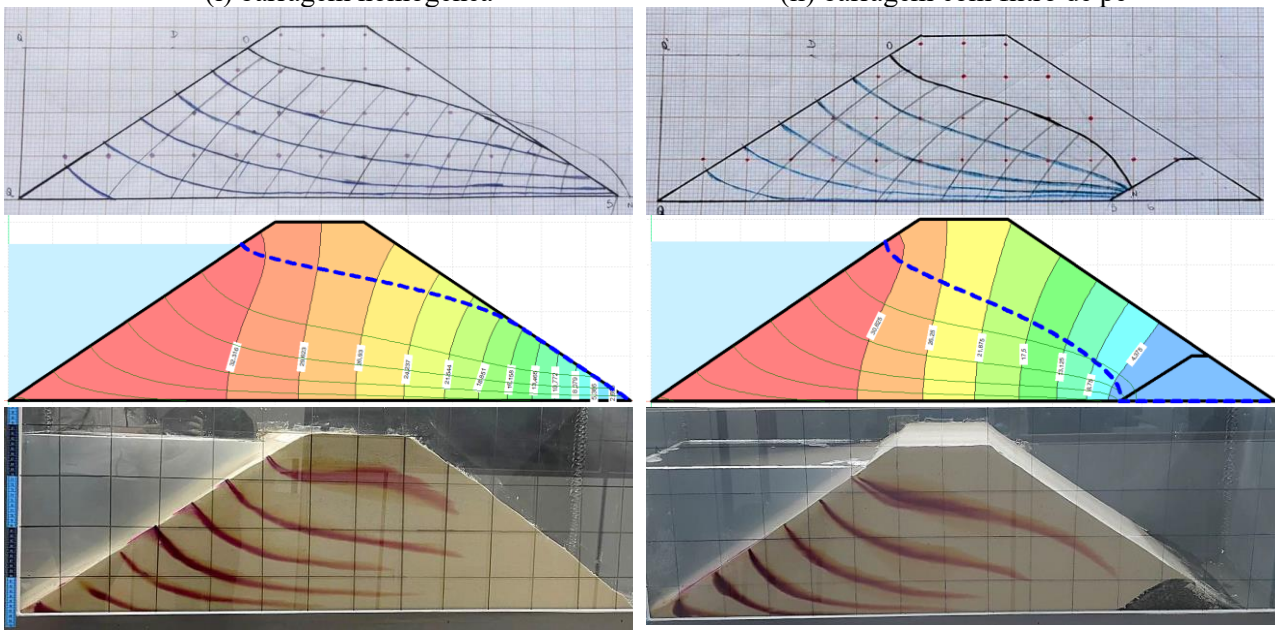
Os resultados obtidos a partir das etapas teórica, numérica e experimental permitiram analisar o comportamento hidráulico das barragens estudadas e, simultaneamente, discutir o potencial da integração metodológica como estratégia de apoio ao ensino da percolação de água em maciços terrosos dentro da Geoengenharia. A articulação entre diferentes formas de representação (gráfica, computacional e física) contribuiu para a compreensão de conceitos tradicionalmente abstratos, como a formação da linha freática, a distribuição de pressões neutras e os gradientes hidráulicos associados à erosão interna.

3.1 Comparação entre os métodos teórico, numérico e experimental.

A comparação entre os métodos teórico, numérico e experimental constituiu uma etapa central da proposta, permitindo que os estudantes desenvolvessem progressivamente a compreensão do fenômeno da percolação em barragens de terra. A síntese comparativa dessas três abordagens – traçado teórico, simulação numérica e visualização experimental – é apresentada conjuntamente na Figura 4.

Inicialmente, os alunos realizaram o traçado teórico da rede de fluxo com base no método da parábola básica de Kozeny, construindo uma interpretação qualitativa dos caminhos preferenciais do fluxo e da posição esperada da linha freática no maciço. Essa atividade contribuiu para a assimilação dos fundamentos hidráulicos por meio de uma representação gráfica direta.

(i) barragem homogênea (ii) barragem com filtro de pé



(iii) barragem com filtro horizontal (iv) barragem com filtro tipo chaminé

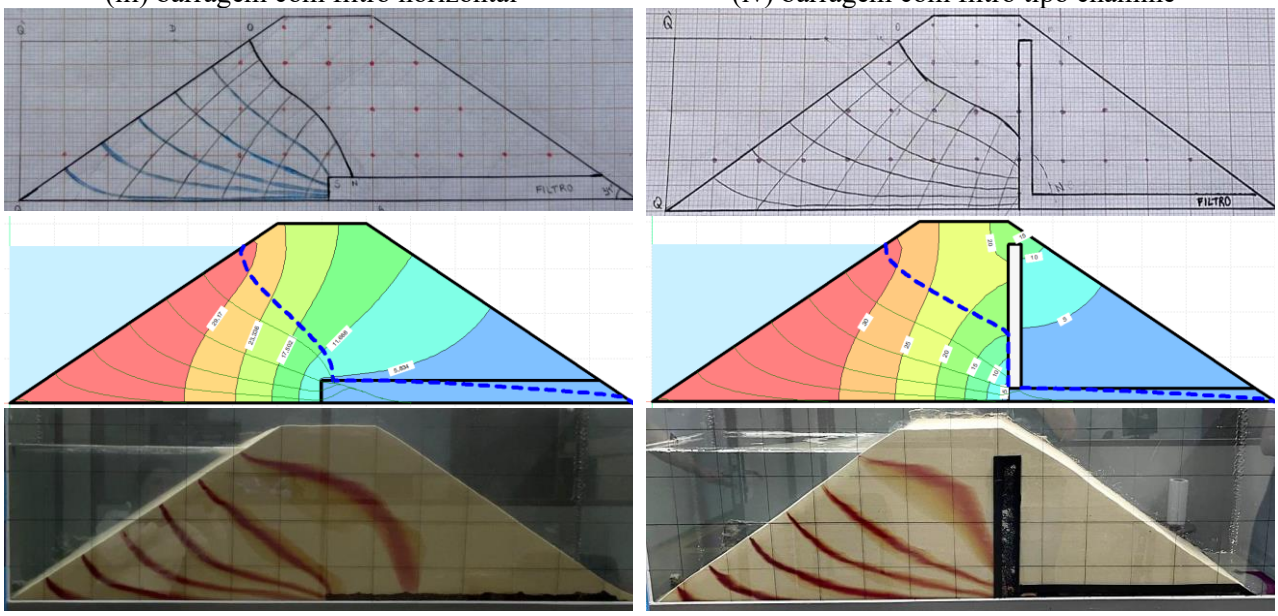


Figura 4. Resultados da representação das redes de fluxos considerando os diferentes métodos e seções.

Na sequência, as simulações computacionais no software SEEP/W foram conduzidas como forma de aprofundar e complementar a análise inicial. A modelagem numérica possibilitou aos estudantes quantificar a distribuição de pressões neutras e visualizar com maior precisão a configuração da zona saturada.

Por fim, os modelos físicos experimentais em escala reduzida permitiram a observação direta da percolação, com traçagem visual obtida pelo permanganato de potássio. Essa etapa funcionou como elemento integrador do processo ao relacionar os resultados das redes de fluxo e das simulações computacionais com o comportamento observado no interior do maciço.

A convergência dos resultados apresentados reforça o benefício do uso complementar dos métodos tanto na validação técnica quanto no contexto didático. Ou seja, a articulação entre diferentes formas de representação do fenômeno contribuiu para apoiar o processo de construção do conhecimento em Geoengenharia, especialmente em conteúdos com elevada abstração.

3.2 Influência dos filtros e comportamento hidráulico.

A análise da influência dos filtros sobre o comportamento hidráulico das barragens foi desenvolvida pelos estudantes a partir da integração entre as três abordagens aplicadas no estudo. O traçado teórico das redes de fluxo forneceu uma interpretação qualitativa da linha freática esperada em cada configuração, enquanto as simulações no SEEP/W permitiram quantificar a distribuição de pressões neutras e verificar com maior precisão o efeito dos dispositivos drenantes. Por fim, os modelos físicos experimentais possibilitaram a observação direta da evolução da linha freática e da percolação no interior da barregam de areia.

Neste processo, os estudantes puderam formular hipóteses e interpretar os comportamentos observados, relacionando-os com conceitos aprendidos previamente em sala de aula e pesquisas anteriores. Os alunos identificaram, por exemplo, que no modelo homogêneo a linha freática se mantém mais elevada, aumentando gradientes hidráulicos próximos ao talude de jusante, condição potencialmente mais crítica do ponto de vista da ocorrência de erosão interna. Já nas seções dotadas de filtros, verificou-se um rebaixamento progressivo da linha freática e uma redistribuição mais favorável das pressões neutras, evidenciando o papel fundamental desses dispositivos no controle da percolação e na mitigação de mecanismos como o *piping*.

A avaliação das poropressões e das vazões também contribuiu para uma leitura crítica das limitações e potencialidades de cada método. Os estudantes observaram que o método teórico tende a superestimar as vazões devido às simplificações adotadas, enquanto os modelos numérico e experimental apresentaram maior convergência, sobretudo nas configurações com filtros. Esse exercício comparativo reforçou a compreensão de que diferentes ferramentas devem ser utilizadas de forma complementar na prática da engenharia.

Além do aspecto técnico, o desenvolvimento dessas conclusões mostrou-se relevante no processo formativo, pois desenvolveu competências essenciais à formação em engenharia: análise crítica, tomada de decisão fundamentada e articulação entre teoria e prática.

3.3 Contribuições pedagógicas e perspectiva inclusiva.

Do ponto de vista educacional, a integração metodológica promoveu uma abordagem multimodal e ativa, ampliando o acesso ao conhecimento ao apresentar o mesmo fenômeno por diferentes meios: representação gráfica, simulação computacional e experimentação física.

Essa estratégia reduz a dependência de uma única forma de aprendizagem, beneficiando estudantes com diferentes perfis cognitivos e estilos de compreensão, alinhando-se aos princípios contemporâneos da educação inclusiva no ensino superior.

De forma geral, os resultados indicam que a integração entre métodos promove tanto a validação técnica das análises quanto o aprimoramento do processo de ensino-aprendizagem, configurando-se como uma abordagem replicável e alinhada aos princípios da educação inclusiva em Geoengenharia.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou uma abordagem pedagógica integrada para o ensino da percolação de água em barragens de terra, combinando métodos teóricos, numéricos e experimentais. A estratégia mostrou-se eficaz para minimizar o caráter abstrato do conteúdo, favorecendo a compreensão dos fenômenos hidráulicos associados à percolação.

Sob a perspectiva educacional, a metodologia adotada mostrou-se eficaz ao colocar o estudante como protagonista do processo de aprendizagem, estimulando a formulação de hipóteses, a interpretação crítica dos resultados e a tomada de decisões fundamentadas. A complementaridade entre as abordagens atendeu a diferentes estilos de aprendizagem, contribuindo para um ambiente mais inclusivo e favorecendo o engajamento discente. Além disso, a análise comparativa entre os métodos possibilitou discutir não apenas os resultados obtidos, mas também as limitações e potencialidades de cada ferramenta, aspecto essencial à formação em engenharia.

Por fim, a abordagem apresentada demonstra potencial de replicação e adaptação a diferentes realidades institucionais. Os resultados indicam que a integração metodológica contribui para a consolidação conceitual e para o engajamento dos estudantes em processos de aprendizagem ativa, constituindo uma alternativa didática alinhada aos princípios da educação inclusiva no ensino superior.

AGRADECIMENTOS

Aos prestadores de serviço de torno e solda e vidraçaria. Aos técnicos e estagiários dos laboratórios da UTFPR – campus Pato Branco. Ao LabMult – Central de Análises, da UTFPR – campus Pato Branco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 7181:2025*. Solo — Análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2025.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 13292:2021*. Solo — Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

Guimarães, L. M.; Barionuevo, W. R.; Rossa, D. V. A systematic literature review of classroom observation protocols and their adequacy for engineering education in active learning environments. *European Journal of Engineering Education*, v. 46, n. 6, p. 908–931, 2021. DOI: https://doi.org/10.1080/03043797.2021.1937946

Souza, V. M. C. *Estudo da percolação de água em maciços de solo, uma análise comparativa entre modelos teóricos, experimentais e computacionais*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2014.

Tembrevilla, G.; Phillion, A.; Zeadin, M. Experiential learning in engineering education: A systematic literature review. *Journal of Engineering Education*, v. 113, n. 1, p. 195–218, 2024. DOI: https://doi.org/10.1002/jee.20575

USACE – United States Army Corps of Engineers. *Seepage analysis and control for dams*. Engineer Manual EM 1110-2-1901. Washington, DC: USACE, 1993.

UNESCO. *Global Education Monitoring Report 2020: Inclusion and Education – All Means All*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), 2020. DOI: https://doi.org/10.54676/JJNK6989. ISBN: 978-92-3-100388-2.

Velho Rossa, A. E.; Barionuevo, E. A.; Rissardi, M. C. *Estudo comparativo entre os métodos teórico, computacional e experimental em modelo reduzido na análise da percolação de água em barragem homogênea de areia.* Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2025.

Terzaghi, K.; Peck, R.B.; Mesri, Gholamreza. *Soil mechanics in engineering practice*. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1996.

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/18

Ludicidade em Ensaios Técnicos de Mecânica dos Solos e Conceitos de Geotecnia Aplicados para Alunos da Educação Básica

Joseleide Pereira da Silva Antunes
Docente, Instituto Federal de Brasília, Brasília, Brasil, email: joseleide.silva@ifb.edu.br

Wilson Conciani
Docente convidado, Instituto Federal de Brasília, Brasília, Brasil, email: concianiw@gmail.com

Jennifer Ribeiro Balbino da Silva
Discente, Instituto Federal de Brasília, Brasília, Brasil, email: jennifer.silva2@estudante.ifb.edu.br

João Victor Moreira Gomes
Discente, Instituto Federal de Brasília, Brasília, Brasil, email: joao.gomes1@estudante.ifb.edu.br

Gabriel Paulino de Melo Neto
Discente, Instituto Federal de Brasília, Brasília, Brasil, email: gabriel.neto1@estudante.ifb.edu.br

RESUMO: O presente trabalho relata uma experiência educacional em geotecnia voltada à aproximação entre ciência, tecnologia e educação básica, diante do desafio contemporâneo representado pela crescente escassez de profissionais nas áreas das ciências aplicadas. Nesse contexto, iniciativas que tornam o conhecimento técnico acessível a estudantes mais jovens assumem relevância pedagógica e social. A geotecnia apresenta-se como campo estratégico para integrar conceitos científicos a fenômenos do cotidiano, permitindo que conteúdos tradicionalmente complexos sejam traduzidos em atividades práticas e experimentais capazes de despertar a curiosidade, estimular a reflexão crítica e evidenciar a aplicação concreta da ciência. O projeto caracteriza-se como ação de extensão de natureza experimental e educativa, desenvolvida em escolas públicas da região periférica do Distrito Federal, como Samambaia e Cidade Estrutural. A metodologia fundamentou-se na elaboração de guia experimental de geotecnia, com uso de aparatos simples construídos majoritariamente com materiais recicláveis, possibilitando a reprodução de ensaios de permeabilidade, compressibilidade e colapso dos solos, relacionando-os a situações como erosão, infiltração de água e estabilidade das construções. Espera-se que a iniciativa estimule práticas ambientalmente responsáveis, amplie o interesse pelas ciências e pelas carreiras de engenharia e incentive docentes a incorporarem experimentação em sala de aula, fortalecendo a conexão entre ciência e sociedade.

PALAVRAS-CHAVE: Educação básica, solos na escola, geotecnia na educação básica.

ABSTRACT: This paper reports an educational experience in geotechnics aimed at strengthening the connection between science, technology, and basic education, in response to the contemporary challenge posed by the growing shortage of professionals in the applied sciences. In this context, initiatives that make technical knowledge accessible to younger students gain pedagogical and social relevance. Geotechnics emerges as a strategic field for integrating scientific concepts with everyday phenomena, allowing traditionally complex content to be translated into practical and experimental activities that foster curiosity, stimulate critical reflection, and demonstrate the concrete application of science. The project is characterized as an experimental and educational extension initiative developed in public schools located in peripheral areas of the Federal District, such as Samambaia and Cidade Estrutural. The methodology was based on the development of an experimental geotechnical guide using simple devices built primarily from recyclable materials, enabling the reproduction of permeability, compressibility, and soil collapse tests, and relating them to situations such as erosion, water infiltration, and building stability. The initiative is expected to encourage environmentally

responsible practices, increase interest in science and engineering careers, and motivate teachers to incorporate experimental activities into their classes, thereby strengthening the connection between science and society.

KEYWORDS: Basic education, soils at school, geotechnics in basic education.

1 INTRODUÇÃO

As práticas lúdicas de ensino-aprendizagem são frequentemente associadas a metodologias ativas, aprendizagem baseada em jogos (*Game-Based Learning* – GBL) e gamificação. Estas metodologias apesar dos fundamentos terem surgido no início século XX, ainda hoje são consideradas evoluções contemporâneas e alinhadas às tendências da pedagogia moderna.

O uso da ludicidade no ensino tem sido amplamente explorado como uma estratégia pedagógica eficaz para facilitar a aprendizagem de conteúdos complexos, envolvendo mobilização emocional, cognitiva e social dos estudantes. Metodologias que incorporam jogos, simulações e materiais concretos partem de uma perspectiva construtivista da educação que remonta a autores clássicos como Jean Piaget (1975) e Lev Vygotsky (1998), cujas teorias defendem que aprendizagem significativa ocorre mediante a ação, a interação social e o engajamento ativo do aluno com o ambiente e os objetos de estudo, ainda nesta linha John Dewey (1979) define a "teoria da investigação", uma ideia baseada na concepção de que a mudança do ambiente ocasiona problemas de adaptação, os quais devem ser resolvidos por meio de uma investigação onde várias hipóteses são examinadas (GARRISON, J. 2006) e Paulo Freire propôs uma pedagogia baseada na educação dialógica (diálogo horizontal) e na educação ativa (práxis e criticidade), em oposição à "educação bancária" (passiva e transmissiva). Sua abordagem foca na conscientização, onde o educando deixa de ser espectador para ser sujeito da própria história (RODRIGUES, 2022)

O campo da educação básica tem a ludicidade como um elemento que estrutura o processo de ensino-aprendizagem por meio de atividades que envolvem jogo, brincadeira e expressão criativa, promovendo não apenas a aquisição de conteúdos, mas também o desenvolvimento de competências socioemocionais e cognitivas. Pesquisas educacionais empregam práticas lúdicas que são associadas à construção de significado, à melhoria da motivação e à redução da abstração excessiva, elementos que, muitas vezes, dificultam a compreensão de conceitos técnicos por alunos de níveis iniciais de escolaridade.

Na educação científica em particular, abordagens experimentais como oficinas de geociências — que combinam exposição teórica e atividades práticas — têm apresentado resultados promissores ao permitir que alunos conectem fenômenos naturais e técnicos ao seu cotidiano e curiosidade.

Valença (2021) mostra que no contexto de engenharia aplicada, a introdução de métodos lúdicos também tem se expandido. A literatura recente indica que abordagens como aprendizagem baseada em projetos (PBL), gamificação e simulações didáticas podem enriquecer o ensino de disciplinas tradicionalmente vistas como complexas, como a mecânica dos solos e geotecnia. Por exemplo, modelos didáticos de ensino de mecânica dos solos baseados em jogos ou problematização têm sido propostos para aproximar os estudantes da experiência prática, estimulando a resolução colaborativa de problemas e a construção ativa de conhecimento técnico aplicado.

Iniciativas internacionais voltadas para a formação de professores de STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) têm explorado a integração de conceitos geotécnicos em currículos do ensino fundamental e médio, por meio de módulos que relacionam atividades concretas — como o estudo da inclinação de superfícies e distribuição de partículas de solo — com ideias acessíveis ao desenvolvimento infantil e juvenil (LOESS, 2023).

O projeto “A engenharia e os solos não saturados na educação básica” busca aproximar estudantes do ensino fundamental e médio do conhecimento científico por meio de experimentos práticos de geotecnia. Desenvolvido por discentes do Curso de Engenharia Civil do IFB – Campus Samambaia, o trabalho surge em um contexto social de desconfiança em relação à ciência e de escassez de profissionais nas áreas das ciências aplicadas. Ao traduzir conteúdos complexos em atividades simples e interativas, a proposta pretende despertar a curiosidade dos jovens, estimular a reflexão crítica e demonstrar a importância das engenharias para a sociedade. Transformando ensaios técnicos realizados em laboratório de Mecânica dos Solos em atividades divertidas e lúdicas que atraiam a atenção das crianças do ensino fundamental 1 e 2.

Buscando despertar a curiosidade e interesse dos alunos, as atividades pedagógicas focaram em: Elaborar uma cartilha de geotecnia (com termos simples e linguagem de fácil entendimento), com descrição de materiais, roteiros e sugestões de discussão em sala de aula; Desenvolver experimentos acessíveis, utilizando majoritariamente materiais recicláveis e de baixo custo; Promover a integração de conceitos de física, química, geografia e matemática em atividades práticas; Estimular o interesse dos estudantes pelas ciências e pelas carreiras de engenharia; e Contribuir para a divulgação dos cursos técnicos e superiores oferecidos pelo IFB - Campus Samambaia.

2 METODOLOGIA

O desenvolvimento dos experimentos baseou-se em ensaios convencionais da Mecânica dos Solos — permeabilidade, suspensão de partículas finas e caracterização táctil-visual — originalmente realizados em laboratório com equipamentos específicos e regidos por normas técnicas, como ABNT. Esses procedimentos foram simplificados para aplicação em ambiente escolar, preservando os princípios físicos e geotécnicos envolvidos, com foco na introdução de conceitos geotécnicos a estudantes do Ensino Fundamental I e II. A iniciativa configura-se como pesquisa de natureza experimental e educativa, desenvolvida no âmbito do Projeto de Extensão “A engenharia e os solos não saturados na educação básica”, vinculado ao curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Brasília (IFB) – Campus Samambaia. A adaptação considerou:

- Segurança dos estudantes;
- Facilidade de reprodução;
- Clareza visual dos fenômenos.

Uso de materiais acessíveis (garrafas PET, filtros de café, frascos transparentes, vinagre, entre outros) tem o objetivo de facilitar a reprodução destes experimentos em outras esferas.

A metodologia foi estruturada em duas etapas principais:

1. Desenvolvimento do Cartilha:
   - Levantamento bibliográfico sobre geotecnia e ensino de ciências.
   - Planejamento de experimentos simplificados, com foco em viabilidade pedagógica e acessibilidade.
   - Elaboração de roteiros para cada experimento, contendo objetivos, lista de materiais, passo a passo e sugestões de discussão.
2. Aplicação em Escolas:
   - Organização de visitas a escolas de educação básica.
   - Realização dos experimentos em conjunto com professores e estudantes.
   - Coleta de observações sobre receptividade, compreensão dos conceitos e adequação dos materiais.
   - Divulgação das áreas de atuação da engenharia e dos cursos do IFB.

2.1 Cartilha de experimentos Geotécnicos

A Cartilha foi desenvolvida com objetivo de incentivar a curiosidade dos estudantes e construir uma referência para reprodução das atividades. A forma lúdica, os desenhos, a escrita (linguagem acessível para crianças) e um formato atrativo para crianças (Figura 1).

2.2 Aulas Práticas - Adaptação dos Ensaios Laboratoriais para Educação Básica

2.2.1 Caracterização Táctil-Visual

A prática foi estruturada com fundamento nas diretrizes da ABNT NBR 6484, porém adaptada ao contexto didático. Em substituição ao uso de trado e de ensaios laboratoriais completos, empregaram-se amostras deformadas e procedimentos de avaliação sensorial, baseados na percepção tátil e visual. A proposta consistiu em introduzir os princípios da classificação dos solos sem a utilização de peneiramento, incentivando a identificação empírica dos diferentes materiais.



Figura 1. Cartilha de experimentos geotécnicos

Durante a manipulação de amostras em condição úmida, os estudantes foram orientados a reconhecer características distintivas: a areia, marcada por textura áspera e ausência de coesão; o silte, com sensação macia ao toque, semelhante ao talco; e a argila, caracterizada por elevada plasticidade e capacidade de moldagem.

Adicionalmente, aplicou-se o denominado “teste de impregnação”, no qual o participante suja as mãos com o solo e, posteriormente, tenta removê-lo com água. A dificuldade de limpeza evidencia a maior coesão e aderência das argilas, associadas à sua elevada superfície específica e às interações físico-químicas entre partículas e água. Tal observação contribui para a compreensão de conceitos fundamentais da mecânica dos solos.

As cores dos solos se destacam de forma visual, facilitando a compreensão dos alunos sobre suas variações. Para tanto apresentou-se a Carta Munsell, onde demonstra as variações de cores e minerais presentes (Figura 2).



Figura 2. Ensaio tátil-visual

2.2.2 Observação da Permeabilidade

O experimento de permeabilidade foi inspirado nos ensaios de permeâmetro, sendo adaptado com a utilização de garrafas PET e filtros de café como meio de retenção do solo. Foram montadas colunas de infiltração com diferentes tipos de solo (areia e argila), nas quais foi adicionada a mesma quantidade de água e observado o tempo de filtragem em cada aparato (Figura 3).



Figura 3. Adaptação do ensaio de permeabilidade

2.2.3 Suspensão e Decantação de Solos Finos

O experimento teve como referência a ABNT NBR 7181 e na Lei de Stokes, utilizando garrafas PET como recipientes, buscando facilitar a visualização da velocidade de queda das partículas sem a necessidade de densímetros, preenchendo o recipiente com solos e água. Posteriormente agita-se a garrafa com solo em água, possibilitando a visualização da diferença de decantação entre grãos grossos e finos. A turbidez persistente na água com argila ilustra visualmente a Lei de Stokes (velocidade de queda proporcional ao diâmetro da partícula) (Figura 4).



Figura 4. Adaptação do ensaio de permeabilidade

2.2.4 Detecção de Calcário

Este experimento foi fundamentado na observação da liberação de Dióxido de Carbono gasoso a partir da reação do ácido acético presente no vinagre com o carbonato de cálcio presente na amostra de sol).

Com o uso de copos plásticos e o vinagre (ácido acético), identificou- se a efervescência do solo introduz a mineralogia e a observação da reação química permite chamar a atenção dos alunos para problemas de engenharia, como a dissolução de rochas carbonáticas que pode levar à formação de cavernas e colapsos (dolinas) (Figura 5).



Figura 5. Adaptação do ensaio

3 AULA PRÁTICA

A aula experimental foi realizada em uma escola localizada na Cidade Estrutural, região administrativa situada a 13 km do Plano Piloto de Brasília-DF. Os alunos frequentam esta escola no contraturno das aulas, envolvendo turmas do ensino fundamental, com 60 estudantes, com idades entre 6 e 14 anos, conforme figura 6. Todas as atividades foram realizadas seguindo o resguardo ético e os Termos de Consentimento (TCLE) foram tratados junto à escola.

As atividades foram conduzidas pelos discentes do curso de Engenharia Civil, com apoio docente. Os experimentos foram organizados de forma demonstrativa e participativa, permitindo a manipulação direta dos materiais pelos estudantes.



Figura 6. Aplicação das dinâmicas

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Antes da aplicação definitiva junto aos estudantes da educação básica, os experimentos foram submetidos a testes prévios com o objetivo de verificar sua clareza, viabilidade operacional e potencial

pedagógico. Essa etapa permitiu identificar ajustes necessários na condução das atividades, no tempo de execução e na forma de apresentação dos conceitos, garantindo maior adequação à faixa etária atendida e melhor alinhamento entre prática e objetivo didático.

Na aplicação em sala de aula, a proposta metodológica priorizou linguagem acessível, explicações breves antes de cada experimento, estímulo à participação ativa e constante conexão com situações do cotidiano dos alunos. Cada atividade foi introduzida por meio de uma alusão criativa, estabelecendo uma comparação lúdica com princípios geotécnicos. Por exemplo, ao explicar a coesão dos solos argilosos, comparou-se o comportamento do material úmido à modelagem de massinha, evidenciando como a presença de água altera a interação entre partículas. Da mesma forma, a mudança de cor do solo ao ser molhado foi relacionada à intensificação das tonalidades observadas quando uma pedra é retirada da água, facilitando a compreensão do fenômeno físico associado à variação de umidade.

Durante as atividades práticas, observou-se elevado interesse dos estudantes, especialmente nas análises visuais e táteis, que permitiram explorar textura, plasticidade e variação de consistência. Questionamentos espontâneos emergiram ao longo da experimentação, como: “Por que o solo muda de cor quando colocamos água?”, “Por que o solo molhado gruda na mão?” e “Por que solo borbulha quando colocamos vinagre?”. Tais indagações evidenciam a ativação da curiosidade científica e a tentativa de estabelecer relações causais entre observação e fenômeno.

A conclusão das atividades retomou essas perguntas iniciais, conectando as percepções sensoriais aos conceitos científicos da mecânica dos solos, como teor de umidade, coesão e comportamento dos vazios. Assim, a observação prática deixou de ser apenas experiência sensorial e passou a constituir etapa fundamental da construção conceitual. Verificou-se que a abordagem experimental, estruturada com base em comparações lúdicas e mediação técnica adequada, favoreceu a aprendizagem significativa, promovendo a compreensão ativa e contextualizada dos princípios geotécnicos.

Como perspectiva de continuidade, propõe-se o aprimoramento das oficinas futuras por meio da adaptação de novos experimentos da geotecnia ao contexto da educação básica, incluindo temas como estabilidade de taludes, compactação, capilaridade e resistência dos solos, mantendo a proposta de simplificação com materiais acessíveis e linguagem didática. Pretende-se ainda diversificar as estratégias metodológicas, ampliar o tempo de interação prática e incorporar novas analogias e recursos visuais, fortalecendo o engajamento dos estudantes e aprofundando a compreensão dos conceitos geotécnicos de forma progressiva e contextualizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6484:2001 – Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7181:2016 – Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. Resolução no 7, de 18 de dezembro de 2018. Estabelece as diretrizes para a extensão na educação superior brasileira e regulamenta o disposto na Meta 12.7 da Lei no 13.005/2014. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 49-50, 19 dez. 2018.

BORGES, Camilla Rodrigues; CHRUSCIAK, Mariana Ramos; LOPES, Bruna de Carvalho Faria Lima. As experiências de docentes no desenvolvimento e implementação de metodologias ativas no ensino de Geotecnia. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica – COBRAMSEG 2024.

DEWEY, J. Democracia e educação. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1979.

FARIA, Sabrina Roberta de; PEREIRA JÚNIOR, Richard Elvaston; RABELLAIS, Laura Moreira; MIQUELOTTI, Dante Silva; ALMEIDA, Julia Righi de. Análise da aplicação de metodologias ativas no desenvolvimento de competências em Engenharia Civil e Ambiental. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica – COBRAMSEG 2024.

GARRISON, J. teoria do raciocínio prático de John Dewey. In: Educação e cultura contemporânea. Trad. Roberto Cavallari Filho. Rio de Janeiro: Universidade Estácio de Sá, v. 3, nº 6, p.13-43, jul/dez. 2006a.

Loess(2023). Literacy Boost Through an Operational Educational Ecosystem of Societal Actors on Soil Health. https://www.europeanschoolnetacademy.eu/courses

PIAGET, J. A formação do símbolo na criança: imitação, jogo e sonho, imagem e representação. Rio de Janeiro: LTC, 1975.

RODRIGUES, Zélia Inez Lazaro. O conceito de diálogo na obra de Paulo Freire. In : MIGUEL, José Carlos (org.). Educação de jovens e adultos: Teoria, Práticas e Políticas. Marília: Oficina Universitária; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2022. p. 177-192. DOI: https://doi.org/10.36311/2022.978- 65-5954-310-6.p177-192

Valença, A.K.A. (2021). Metodologias ativas no ensino de engenharia: uma revisão bibliográfica. Este artigo revisa o uso de PBL, PjBL e outras metodologias ativas no ensino de engenharia. https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/4982.

VYGOTSKY, L. S. A formação social da mente. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/19

Mapeamento de risco participativo: estudo de caso em uma comunidade de Jaboatão dos Guararapes (PE)

Roberto Quental Coutinho
Professor, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, roberto.coutinho@ufpe.br

Rejane Lucena
Pesquisadora, Centro de Monitoramento de Alertas e Desastres Naturais, São José dos Campos, Brasil, rejane.lucena@cemaden.gov.br

Danisete Pereira de Souza Neto
Professor, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, Brasil, danisete.neto@ufpe.br

Wilson Ramos Aragão Júnior
Doutorando, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, wilson.ramos@ufpe.br

Betânia Queiroz da Silva
Pesquisadora, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, bethqueiroz@gmail.com

Bruno Diego de Morais
Pesquisador, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, brunomoraisec12@gmail.com

Ana Cláudia Almeida Calado
Mestre, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, claudiacallado9@gmail.com

RESUMO: O mapeamento de risco participativo tem se destacado na gestão de riscos socioambientais por integrar análise técnica do território e percepção comunitária. Este artigo analisa o processo de construção do mapeamento participativo realizado na comunidade de Monte Verde, em Jaboatão dos Guararapes (PE), com foco em seus fundamentos metodológicos e implicações para a gestão de riscos. A metodologia envolveu oficinas participativas, análise de conteúdo, cartografia social e integração de dados geoespaciais, incluindo ortofotos e modelos digitais de terreno (MDT). Como resultado, foram identificados 25 pontos de risco muito alto, 17 alto, 9 médio e 8 baixo, demostrando a elevada suscetibilidade da área a processos de instabilidade. Observou-se que a percepção dos moradores contribuiu para qualificar a interpretação dos dados técnicos, especialmente na identificação de áreas críticas e dinâmicas de encosta. O processo também favoreceu o fortalecimento do protagonismo comunitário e a ampliação da compreensão do risco. Conclui-se que o mapeamento participativo atua como ferramenta complementar à análise técnica, contribuindo para diagnósticos mais aderentes à realidade local e para o aprimoramento de estratégias de gestão de riscos.

PALAVRAS-CHAVE: Mapeamento de risco participativo, Cartografia social, Percepção de risco, Vulnerabilidade urbana, Gestão participativa do território.

ABSTRACT: Participatory risk mapping has been gaining prominence in socio-environmental risk management due to its ability to integrate technical analysis of the territory with community perception. This article analyzes the process of developing participatory risk mapping carried out in the Monte Verde community, in Jaboatão dos Guararapes (PE), Brazil, focusing on its methodological foundations and implications for risk management. The methodology involved participatory workshops, content analysis, social cartography, and the integration of geospatial data, including orthophotos and Digital Terrain Models (DTM). As a result, 25 very high-risk points, 17 high-risk, 9 medium-risk, and 8 low-risk were identified, demonstrating the high susceptibility of the area to instability processes. It was observed that residents' perception contributed to improving the interpretation of technical data, especially in the identification of critical areas and slope dynamics. The process also contributed to strengthening community protagonism and

expanding the understanding of risk. It is concluded that participatory mapping acts as a complementary tool to technical analysis, contributing to diagnoses more consistent with the local reality and to the improvement of risk management strategies.

KEYWORDS: Participatory risk mapping, Social cartography, Risk perception, Urban vulnerability, Participatory territorial management.

1 INTRODUÇÃO

Os riscos, vulnerabilidades e desastres socioambientais têm mobilizado esforços globais voltados à mitigação, prevenção e adaptação, especialmente em contextos urbanos marcados por desigualdades socioespaciais. No Brasil, a ocupação de encostas em áreas urbanas, frequentemente associada à ausência de planejamento territorial e infraestrutura adequada, tem contribuído para a intensificação de desastres relacionados a movimentos gravitacionais de massa, evidenciando a complexidade da interação entre fatores naturais e antrópicos (DEBORTOLI et al., 2017; SAITO et al., 2019).

O risco de desastre pode ser compreendido como resultado da interação entre ameaças, vulnerabilidades e capacidades de resposta, sendo influenciado pela efetividade das políticas públicas e pelas condições socioeconômicas das populações expostas (WISNER et al., 2014). Nesse contexto, a vulnerabilidade assume caráter multidimensional, variando conforme aspectos sociais, econômicos, culturais e institucionais, o que exige abordagens analíticas integradas. Além disso, a percepção de risco desempenha papel central, uma vez que o risco não é apenas um fenômeno físico, mas também uma construção social, moldada pelas experiências, valores e interpretações dos indivíduos e grupos (VEYRET, 2007; MARCHEZINI, 2015).

Diante dessa complexidade, abordagens tradicionais baseadas exclusivamente em parâmetros técnicos e análises geotécnicas mostram-se insuficientes para compreender plenamente as dinâmicas de risco em áreas urbanas vulneráveis. Nesse sentido, o mapeamento participativo tem se consolidado como uma estratégia relevante por possibilitar a integração entre conhecimento técnico e saberes locais, promovendo uma leitura mais abrangente e contextualizada do território (ACSELRAD; COLI, 2008; MARCHEZINI et al., 2017).

O mapeamento participativo insere-se no campo da cartografia social e dialoga com perspectivas que reconhecem o território como espaço vivido, no qual diferentes formas de conhecimento são produzidas, negociadas e validadas coletivamente (OLIVEIRA et al., 2022). Essa abordagem também encontra respaldo em fundamentos pedagógicos, como os propostos por Freire (1996), ao valorizar o protagonismo dos sujeitos na construção do conhecimento, contribuindo para o fortalecimento da autonomia comunitária.

Além de seu caráter técnico, o mapeamento participativo possui dimensões políticas e educativas, ao favorecer a ampliação da percepção de risco, o fortalecimento do protagonismo social e a construção de estratégias coletivas de enfrentamento dos desastres. Essa perspectiva está alinhada às diretrizes da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei nº 12.608/2012) e ao Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres (UNDRR, 2015), que destacam a importância da participação social na gestão de riscos.

Apesar de seus avanços, ainda persistem desafios relacionados à sistematização metodológica, especialmente no que se refere à integração entre dados técnicos e informações comunitárias, à validação dos produtos gerados e à mensuração dos impactos dessas práticas na gestão de riscos. Nesse sentido, torna-se necessário aprofundar a análise de experiências que permitam compreender como o mapeamento participativo pode contribuir para a produção de conhecimento mais robusto, replicável e aplicável ao planejamento territorial.

Diante desse contexto, este artigo tem como objetivo analisar o processo de construção do mapeamento de risco participativo realizado na comunidade de Monte Verde, no município de Jaboatão dos Guararapes (PE), destacando seus fundamentos metodológicos, a integração entre diferentes formas de conhecimento e suas implicações para a gestão de riscos socioambientais.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa foi desenvolvida a partir de uma abordagem qualitativa de caráter participativo, orientada pela integração entre dados técnicos geoespaciais e saberes locais na análise de risco em encostas urbanas. O

estudo foi realizado na comunidade de Monte Verde, em Jaboatão dos Guararapes (PE), área caracterizada por ocupação em encostas e recorrência de eventos associados a movimentos de massa.

A base teórico-metodológica do estudo apoia-se nos conceitos de risco, vulnerabilidade e resiliência definidos pela UNDRR (2015; 2017), articulados às diretrizes do Marco de Sendai e à legislação brasileira voltada à gestão de riscos. O mapeamento participativo foi adotado como estratégia central, compreendido como um processo de construção coletiva do conhecimento territorial, no qual se integram saberes técnicos e experiências locais (ACSELRAD; COLI, 2008; MARCHEZINI et al., 2017).

Essa abordagem dialoga com a cartografia social, ao reconhecer que o território não é apenas um espaço físico, mas também um espaço socialmente construído, permeado por relações, significados e práticas cotidianas (OLIVEIRA et al., 2022). Assim, a análise do risco incorpora dimensões sociais, culturais e políticas, além dos condicionantes físicos tradicionalmente considerados (WISNER et al., 2014).

2.1 Base geoespacial e caracterização do terreno

O mapeamento foi desenvolvido com base na integração entre dados geoespaciais e informações obtidas junto à comunidade. Foram utilizadas ortofotos e Modelos Digitais de Terreno (MDT) provenientes do Programa Pernambuco Tridimensional – PE3D (PERNAMBUCO, 2017), os quais possibilitaram a identificação de elementos relevantes para a análise do relevo, tais como declividade, posição na encosta e características do terreno. As ortofotos utilizadas foram produzidas na escala 1:1.000, referenciadas ao Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000), em projeção UTM, zona 25S. O MDT apresenta resolução espacial de 1,0 m e foi gerado a partir de levantamento aerotransportado com tecnologia LiDAR cujas especificações técnicas são descritas em Pernambuco (2017). Para as oficinas participativas, os produtos cartográficos foram impressos em grande formato (A0), favorecendo a leitura espacial coletiva, a localização de referências territoriais e o registro das contribuições dos participantes.

A ortofoto foi utilizada como base cartográfica para localização de residências, vias e demais elementos da infraestrutura urbana, enquanto o MDT permitiu a análise da variação altimétrica, da morfologia da encosta e a geração de produtos derivados, como mapas de declividade e curvatura. Cabe destacar que os dados do PE3D, embora de alta qualidade para mapeamento regional, apresentam limitações inerentes à defasagem temporal em relação às condições atuais de ocupação, o que foi compensado pelo conhecimento atualizado dos moradores sobre modificações recentes no terreno. Esses produtos serviram como suporte para as atividades participativas, sendo utilizados como instrumentos de mediação entre a leitura técnica e a percepção dos moradores.

A utilização desses dados foi conduzida de forma adequada, buscando evitar a sobreposição do conhecimento técnico sobre o saber local, conforme discutido por Oliveira et al. (2022), e promovendo um diálogo entre diferentes formas de interpretação do território.

2.2 Etapas do processo metodológico

O processo de mapeamento participativo foi estruturado em quatro etapas principais:

a) Mobilização e sensibilização

Foram realizados encontros iniciais com lideranças comunitárias e moradores, com o objetivo de apresentar a proposta da pesquisa, reconhecer o território e estabelecer vínculos entre a equipe técnica e a comunidade. Essa etapa foi fundamental para promover a participação e construir um ambiente de confiança.

b) Oficinas participativas

As oficinas constituíram o principal espaço de coleta de informações, permitindo a identificação de áreas de risco a partir das experiências dos moradores. Durante essas atividades, foram discutidos aspectos como histórico de desastres, sinais de instabilidade, dinâmica de escoamento superficial e intervenções antrópicas na encosta.

As informações foram registradas por meio de anotações, marcações em material cartográfico e observação participante, possibilitando a análise de conteúdo dos dados coletados (Figura 1).



Figura 1. Registro das informações pelos moradores

c) Construção do mapeamento participativo

A elaboração do mapa de risco foi realizada a partir da sobreposição entre as informações obtidas nas oficinas e os dados geoespaciais. Os pontos indicados pela comunidade foram associados às características físicas do terreno, permitindo integrar a leitura técnica com a percepção local.

Esse processo possibilitou a construção de uma representação do território que incorpora tanto os condicionantes geomorfológicos quanto os aspectos sociais e históricos relacionados ao risco.

d) Validação comunitária

O mapa preliminar foi apresentado à comunidade para validação, permitindo a revisão das informações, a inclusão de novos elementos e o ajuste das áreas identificadas. Essa etapa funcionou como um mecanismo de verificação qualitativa, garantindo que o produto final refletisse a percepção coletiva dos moradores.

2.3 Critérios de análise e validação

A análise das áreas de risco baseou-se na convergência entre três fontes independentes de informação: (i) características do relevo identificadas no MDT (declividade, morfologia, zonas de convergência de fluxo); (ii) padrões de ocupação e uso do solo observados na ortofoto; e (iii) relatos da comunidade sobre ocorrências históricas, sinais de instabilidade e condições de risco. Para cada ponto indicado nas oficinas, foram verificados os atributos geomorfológicos correspondentes nos dados geoespaciais. A sobreposição foi considerada consistente quando ao menos duas das três fontes apontavam para a mesma classificação de risco. Nos casos de divergência, especialmente quando a percepção comunitária indicava risco em áreas sem sinal morfológico evidente, ou vice-versa, o ponto foi submetido a discussão coletiva na etapa de validação comunitária, com registro das razões de discordância e decisão consensuada sobre a classificação final.

A validação foi realizada por meio da triangulação dessas informações, buscando aumentar a confiabilidade dos resultados e reduzir incertezas associadas a cada fonte de dado (WISNER et al., 2014). A concordância entre os dados técnicos e as percepções locais foi considerada como critério fundamental para a definição das áreas prioritárias de risco.

2.4 Limitações do método

O método apresenta limitações relacionadas à precisão dos dados geoespaciais, à subjetividade das percepções individuais e à ausência de investigações geológico-geotécnicas diretas. No entanto, essas limitações foram parcialmente mitigadas pela triangulação de dados e pela validação comunitária, que contribuíram para aumentar a consistência e a legitimidade do mapeamento (MARCHEZINI et al., 2017).

Apesar dessas restrições, a abordagem adotada mostrou-se adequada para a construção de diagnósticos mais aderentes à realidade local, especialmente em contextos urbanos com alta complexidade socioambiental.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do mapeamento participativo na comunidade de Monte Verde resultou na elaboração de um produto cartográfico que identificou 25 pontos classificados como risco muito alto, 17 como risco alto, 9 como risco médio e 8 como risco baixo, evidenciando a elevada concentração de áreas suscetíveis a processos de instabilidade em encostas urbanas. A distribuição espacial dos pontos de risco pode ser observada na Figura 2.

A análise espacial desses pontos indica que as áreas de maior criticidade estão predominantemente associadas a setores com maiores declividades e proximidade a talvegues, onde se intensificam processos de concentração de fluxo superficial, infiltração e transporte de material. Essa distribuição espacial está em consonância com padrões reconhecidos em estudos de movimentos gravitacionais de massa em ambientes urbanizados, nos quais a interação entre morfologia do relevo e intervenções antrópicas atua como fator condicionante da instabilidade.

A utilização integrada de ortofotos e Modelos Digitais de Terreno (MDT) permitiu estabelecer uma base técnica para a interpretação das feições do terreno, sobretudo no que se refere à identificação de descontinuidades topográficas e zonas de convergência de fluxo superficial. No entanto, a principal contribuição metodológica do estudo reside na articulação desses dados com as informações provenientes das oficinas participativas, o que possibilitou qualificar a análise para além da leitura geomorfológica.

A triangulação entre dados técnicos e conhecimento local mostrou-se um elemento central para a consistência dos resultados. Observou-se elevada correspondência entre as áreas indicadas pelos moradores e aquelas identificadas a partir da análise do relevo, especialmente em locais historicamente afetados por eventos de movimentos de massa. Esse alinhamento sugere que a experiência acumulada da comunidade constitui uma fonte relevante de informação para a identificação de padrões espaciais de risco, corroborando abordagens que defendem a integração entre diferentes formas de conhecimento (WISNER et al., 2014; MARCHEZINI et al., 2017).

Por outro lado, também foram identificadas situações de divergência pontual entre a leitura técnica e a percepção comunitária, especialmente em áreas onde os sinais de instabilidade não são facilmente perceptíveis ou onde intervenções recentes alteraram a dinâmica local. Esses casos foram discutidos durante a etapa de validação, evidenciando a importância de processos iterativos de construção e revisão do mapeamento.

A análise das oficinas mostrou que os moradores possuem conhecimento sobre o comportamento da encosta, incluindo a identificação de indicadores empíricos de instabilidade, como surgimento de fissuras, deformações no terreno, alterações no escoamento superficial e episódios anteriores de deslizamento. Esses elementos, frequentemente ausentes em levantamentos técnicos convencionais, contribuíram para refinar a interpretação dos dados geoespaciais e ampliar a compreensão das dinâmicas locais.

Cabe ressaltar que os relatos evidenciaram uma dissociação entre a percepção do risco e a capacidade de resposta institucional. Embora os moradores reconheçam a existência de áreas críticas, há limitações relacionadas ao acesso à informação técnica, à compreensão das classificações de risco e à efetividade das ações públicas. Esse resultado reforça a compreensão do risco como fenômeno que transcende a dimensão física, incorporando condicionantes sociais, institucionais e políticos (VEYRET, 2007; MARCHEZINI, 2015).

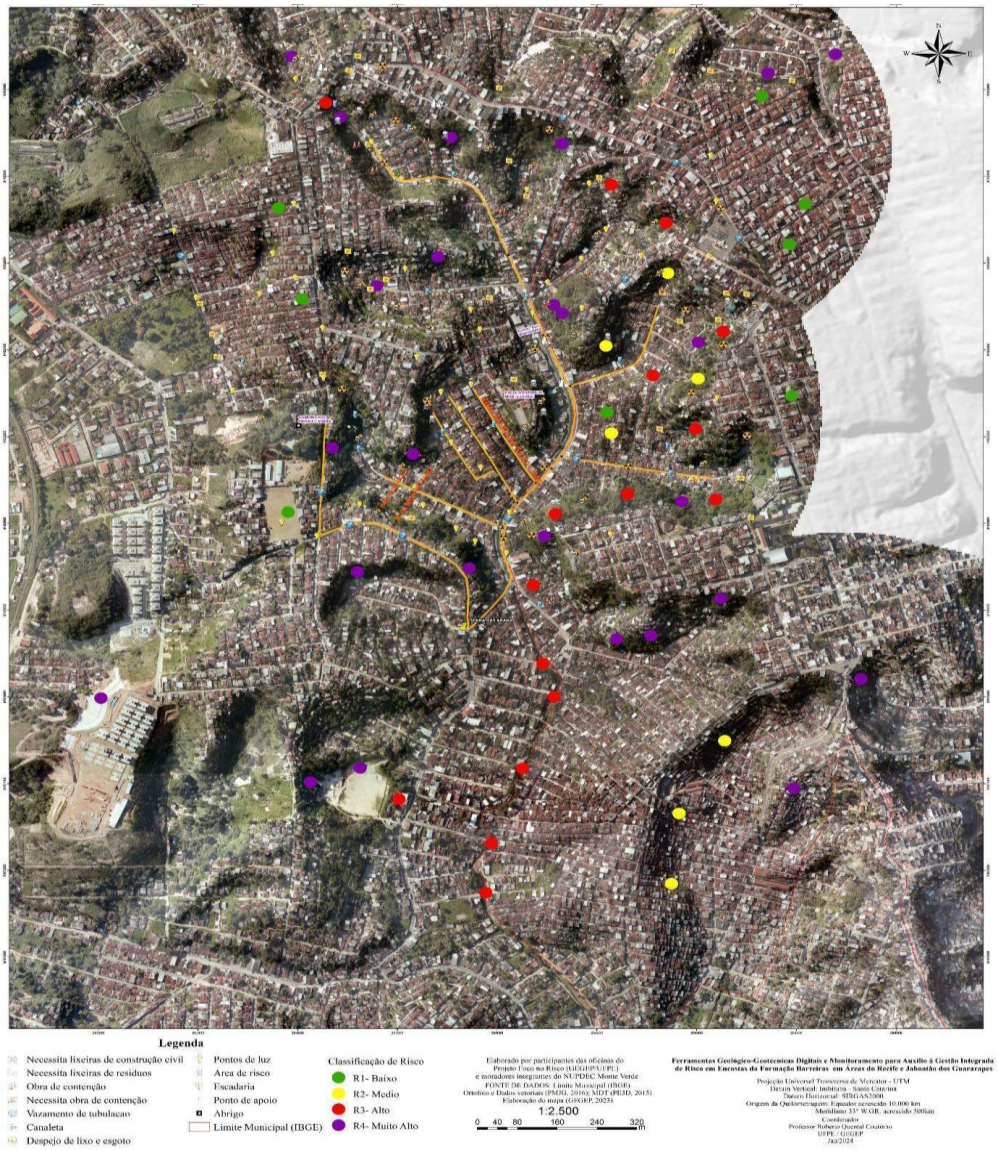


Figura 2. Mapa de Risco Participativo elaborado com o NUPDEC Monte Verde

Do ponto de vista metodológico, as oficinas participativas configuraram-se não apenas como instrumento de coleta de dados, mas como espaço de construção coletiva de interpretações sobre o território. Esse processo contribuiu para deslocar o papel da comunidade de informante para coprodutora do conhecimento, em consonância com os princípios da cartografia social.

A etapa de validação comunitária assumiu papel fundamental como mecanismo de controle qualitativo, permitindo a revisão das informações, a incorporação de novos elementos e o ajuste das classificações atribuídas. Esse procedimento contribuiu para aumentar a coerência interna do mapeamento, embora não substitua métodos quantitativos de verificação, o que deve ser considerado na interpretação dos resultados.

Em termos de aplicabilidade, o mapa produzido apresenta potencial para subsidiar ações de gestão de riscos, especialmente no que se refere à priorização espacial de intervenções, planejamento urbano e definição de estratégias de monitoramento.

Entretanto, é importante destacar que o estudo não incorporou métricas quantitativas para avaliação do impacto do mapeamento sobre a redução efetiva do risco ou sobre mudanças nas decisões institucionais. Dessa forma, os efeitos observados restringem-se a evidências qualitativas,

como o aumento da percepção de risco, o fortalecimento do engajamento comunitário e a ampliação do diálogo entre moradores e agentes públicos. Para consolidar a contribuição científica deste tipo de metodologia, estudos futuros deverão incorporar indicadores mensuráveis de impacto, tais como: (i) variação no percentual de moradores que demonstram conhecimento sobre as classificações de risco de suas moradias, aferível por questionários pré e pós-oficinas; (ii) número de decisões institucionais como obras, reassentamentos e planos de contingência, diretamente referenciadas ao mapa participativo; (iii) redução da exposição ao risco expressa em número de domicílios relocados ou com medidas de mitigação implantadas em áreas de risco muito alto ou alto; e (iv) índice de concordância entre a classificação participativa e levantamentos geotécnicos independentes posteriores, quando disponíveis.

Os resultados indicam que a configuração do risco na área de estudo está fortemente associada ao padrão de ocupação do território e à insuficiência de infraestrutura urbana, fatores que contribuem para a ampliação da vulnerabilidade. A permanência da população em áreas de risco, mesmo diante da consciência dos perigos, evidencia a presença de vínculos sociais, econômicos e simbólicos com o território, o que impõe desafios à implementação de medidas de mitigação baseadas exclusivamente em soluções técnicas.

Por fim, o estudo mostra que o mapeamento participativo, quando estruturado de forma sistemática, pode operar como uma ferramenta complementar às abordagens tradicionais de análise de risco, contribuindo para a produção de diagnósticos mais aderentes à realidade local. Sua principal contribuição reside na capacidade de integrar diferentes fontes de informação e promover maior legitimidade social aos resultados, ainda que sua consolidação como instrumento técnico plenamente validado dependa do avanço na incorporação de critérios quantitativos e procedimentos de verificação mais robustos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo demostrou que o mapeamento de risco participativo constitui uma abordagem relevante para a análise de encostas urbanas, ao integrar dados geoespaciais e percepção comunitária na identificação de áreas suscetíveis a instabilidade. A correspondência observada entre os pontos indicados pelos moradores e as características geomorfológicas do terreno reforça o potencial dessa metodologia para qualificar diagnósticos de risco, tornando-os mais aderentes à realidade local.

Do ponto de vista metodológico, a estrutura adotada, envolvendo mobilização, oficinas, construção e validação, mostrou-se adequada para promover a coprodução do conhecimento e aumentar a consistência do mapeamento. Destaca-se que a validação comunitária atuou como mecanismo importante de verificação qualitativa, embora não substitua procedimentos quantitativos de avaliação.

Como limitação, ressalta-se a ausência de métricas objetivas para aferição da acurácia dos dados e do impacto do mapeamento na redução do risco, indicando a necessidade de avanços metodológicos nesse campo. A acurácia posicional dos dados geoespaciais utilizados (PERNAMBUCO, 2017) deve ser verificada junto à documentação técnica do produto e explicitada em versões futuras do trabalho. Para o impacto do mapeamento, propõe-se que estudos subsequentes adotem protocolos de avaliação baseados em indicadores como: variação na percepção de risco (mensurada por instrumentos padronizados antes e após as oficinas), rastreabilidade das decisões públicas ao mapa participativo, e concordância com levantamentos geotécnicos de referência. Ainda assim, os resultados demonstram que o produto gerado possui potencial para subsidiar ações de planejamento urbano e gestão de riscos, especialmente quando articulado às diretrizes da Lei n.º 12.608/2012 e ao Marco de Sendai (UNDRR, 2015), desde que acompanhado de validação empírica e conexão explícita com instrumentos institucionais de gestão territorial.

O estudo reforça que a compreensão do risco socioambiental demanda abordagens integradas, nas quais o conhecimento técnico e o saber local sejam considerados de forma complementar, contribuindo para a construção de estratégias mais eficazes e socialmente legitimadas de redução de desastres.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acselrad, H.; Coli, L. (2008). *Cartografia social e dinâmicas territoriais*. Rio de Janeiro: IPPUR/UFRJ.

Brasil. (2012). Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil.

Debortoli, N.S.; Camarinha, P.I.M.; Marengo, J.A.; Rodrigues, R.R. (2017). An index of Brazil's vulnerability to expected increases in natural flash flooding and landslide disasters in the context of climate change. *Natural Hazards*, v. 86, n. 2, p. 557–582.

Freire, P. (1996). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 25. ed. São Paulo: Paz e Terra.

Lucena, R.; Albuquerque, D.L.; Oliveira, M.S.; Santos, I.N.M.; Calado, A.C.A.; Silva, B. (2023). A importância da Educação para Redução de Riscos e Desastres (ERRD) na escola. In: *Anais do IX CONEDU*. Campina Grande: Realize Editora.

Macedo, E.S.; Sandre, L.H. (2022). Mortes por deslizamentos no Brasil: 1988 a 2022. *Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental*, v. 12, n. 1, p. 110–117.

Marandola Jr., E.; Modesto, F. (2012). Percepção dos perigos ambientais urbanos e os efeitos de lugar na relação população-ambiente. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 29, n. 1, p. 7–35.

Marchezini, V. (2020). Pesquisa transdisciplinar como suporte ao planejamento de ações de gestão de risco de desastres. *Saúde em Debate*, v. 44, p. 33–47.

Marchezini, V.; Iwama, A.Y.; Andrade, M.R.M.; Trajber, R.; Rocha, I.; Olivato, D. (2017). Geotecnologias para prevenção de riscos de desastres: usos e potencialidades dos mapeamentos participativos. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 69, n. 1, p. 107–128.

Oliveira, A.I.L.; Lobão, J.S.B.; Chao, R.B. (2022). Mapeamento participativo: principais aspectos, definições e experiências. In: Lobão, J.S.B.; Oliveira, A.I.L.; Oliveira Junior, I. (org.). *Cartografia social: (re)descobrindo saberes*. Feira de Santana: UEFS Editora, p. 17–78.

Pernambuco. Secretaria de Recursos Hídricos e Saneamento. *Programa Pernambuco Tridimensional (PE3D): recobrimento aerofotogramétrico e perfilamento a laser do Estado de Pernambuco*. Recife: Governo do Estado de Pernambuco, 2017.

Saito, S.M.; Dias, M.C.A.; Alvalá, R.C.S.; Stenner, C.; Franco, C.O.; Ribeiro, J.V.M.; Souza, P.A.; Santana, R.A.S.M. (2019). População urbana exposta a riscos de deslizamentos, inundações e enxurradas no Brasil. *Sociedade & Natureza*, v. 31, p. 1–25.

Souto, R.D.; Menezes, M.L.; Fernandes, M.C. (org.). (2021). *Mapeamento participativo e cartografia social: aspectos conceituais e trajetórias de pesquisa*. Rio de Janeiro.

UNDRR (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030*. Geneva.

UNDRR (2017). *Annual report 2017*. Geneva.

Valencio, N. (2020). Onde os desastres se escondem? Das crises compostas aos horizontes de incertezas. In: Magnoni Junior, L. et al. (org.). *Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano*. São Paulo: CPS, p. 101–119.

Verbicaro, C.C.; Nunes, C.S. (2015). Percepção da distribuição espacial das palmeiras de açaí e miriti ao longo de 20 anos na várzea da Amazônia paraense. In: *Anais do XI ENANPEGE*.

Veyret, Y. (2007). *Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente*. São Paulo: Contexto.

Wisner, B.; Blaikie, P.; Cannon, T.; Davis, I. (2014). *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. 2. ed. London: Routledge.

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/20

Maquete de Barragem: Modelo Didático do Processo de Percolação de Água em Sistema de Filtros em Barramento de Solo

Josias Eduardo Rossi Ladeira
Professor, Pontifícia Universidade Católica de Minas, Belo Horizonte, Brasil, proqual@uol.com.br

Otarcione Felipe Cesário
Gerente de Laboratório, Diefra Engenharia e Consultoria Ltda, Belo Horizonte, Brasil, otarcione.cesario@diefra.com.br

Ingrid Maria de Souza Melo
Estudante, Pontifícia Universidade Católica de Minas, Belo Horizonte, Brasil, imsmelo@sga.pucminas.br

Thalita Braga Silva
Estudante, Pontifícia Universidade Católica de Minas, Belo Horizonte, Brasil, thalitatbs@hotmail.com

Adib Antunes Chequer
Coordenador, Diefra Engenharia e Consultoria Ltda, Belo Horizonte, Brasil, adib.chequer@diefra.com.br

RESUMO: A maquete física de barragem de terra foi desenvolvida como para apresentar os elementos constituintes e o funcionamento geotécnico de um barramento em solo compactado. O modelo contempla espaldares em solo argiloso, filtros vertical e horizontal, zonas de transição no filtro horizontal, do tipo sanduíche, dreno de pé; simulando o perfil típico de barragem homogênea, ilustrando a percolação de água e sua influência na estabilidade da estrutura. O objetivo consiste em demonstrar como a água se movimenta no interior do maciço de solo e mecanismo de drenagem interna para controlar seu fluxo. Para garantir aderência ao comportamento real de uma barragem, os materiais empregados foram submetidos a ensaios de caracterização completa, além de ensaios de permeabilidade que asseguram a capacidade de drenagem aplicada a filtros em barragens de terra. Essa estrutura de maquete demonstra princípios essenciais em barragem de terra, como o controle do fluxo descendente e horizontal da água, que permite a prevenção de erosão interna por 'piping' pelo direcionamento da água a jusante da barragem, evitando elevação de superfície freática no espaldar de jusante. Desse modo, a maquete facilita a visualização de fenômenos hidráulicos e geotécnicos mediante mecanismos de controle do fluxo de água no interior da barragem, e também pode ser utilizada para aproximar a teoria da prática, apoiando a formação de estudantes de engenharia.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem, Maquete, Barragem, Percolação de Água, Filtros

ABSTRACT: A physical model of an earth dam was developed to present the constituent elements and geotechnical functioning of a dam in compacted soil. The model includes clay soil supports, vertical and horizontal filters, sandwich-type transition zones in the horizontal filter, and a toe drain; simulating the typical profile of a homogeneous dam, illustrating water percolation and its influence on the structure's stability. The main objective is to demonstrate how water moves within the soil mass and what mechanisms contribute to controlling its flow. To ensure adherence to the real behavior of a dam, the materials used were subjected to complete characterization tests, in addition to permeability tests that ensure the drainage capacity when applied to filters in earth dams. This scale model demonstrates essential principles in earth dams, such as controlling the downward and horizontal flow of water, which prevents internal erosion by piping, directing the water downstream of the dam and avoiding the elevation of the water table on the downstream slope. Thereby, the model facilitates the visualization of hydraulic and geotechnical phenomena through mechanisms for controlling water flow inside the dam, and can also be used to bridge the gap between theory and practice, supporting the training of engineering students.

KEYWORDS: Drainage, Dam, Water percolation, Filters

1 INTRODUÇÃO

As barragens de terra são consideradas uma das estruturas mais difundidas no Brasil, em função das condições topográficas e da abundância de solos terrosos disponíveis no país (Massad, 2010). No entanto, falhas associadas à caracterização do maciço, etapa fundamental da concepção do projeto, podem levar à adoção de hipóteses incorretas sobre o comportamento do solo frente às solicitações hidrológicas e mecânicas. Entre essas, destaca-se o controle inadequado da percolação do movimento da água no interior do maciço de solo do barramento, bem como o dimensionamento incorreto de filtros no sistema de drenagem, os quais estão entre as principais causas de acidentes envolvendo esse tipo de estrutura.

Assim, é necessário que o projeto de barragem de terra seja precedido por uma caracterização geotécnica criteriosa dos materiais, composta por ensaios de granulometria, limites de Atterberg e ensaio de compactação para a identificação da umidade ótima, além de ensaios de permeabilidade que evidenciam a capacidade de drenagem de filtros em barragens de terra; de modo a fornecer parâmetros confiáveis para o dimensionamento do maciço.

No ensino de engenharia civil, especialmente na disciplina de Mecânica dos Solos, a dificuldade de entendimento dos fenômenos hidráulicos e geotécnicos em uma barragem constitui um desafio recorrente para os alunos da graduação em nível superior. A maquete física de barragem de terra surge, nesse contexto, como uma estratégia didática para aproximar a teoria à prática. A maquete apresentada neste trabalho (Figura 1), representa uma barragem genérica de terra que foi desenvolvida seguindo procedimentos técnicos alinhados às boas práticas de engenharia. Essa estrutura permite demonstrar princípios essenciais das barragens de terra, como o controle do fluxo descendente e horizontal da água, a prevenção da erosão interna por ‘piping’ e o papel dos sistemas de drenagem interna no alívio das poropressões, promovendo o direcionamento seguro da água a jusante da barragem.

O modelo também possibilita a compreensão da estabilidade dos taludes a montante e a jusante da crista do barramento, uma vez que a infiltração de água pode reduzir a resistência do solo e aumentar as tensões de poropressões, exigindo a garantia de fatores de segurança adequados em situações críticas, como o final da construção, o primeiro enchimento do reservatório, o nível máximo do reservatório e o rebaixamento rápido do nível d’água de montante (Cruz, 2004). A maquete foi concebida para demonstrar a importância da interação entre materiais de características físicas diferentes e fluxo interno de água em barragem de terra.

Neste sentido, a maquete foi construída em equipe por dois engenheiros da empresa parceira Diefra Engenharia e Consultoria Ltda, professor da disciplina de Mecância dos Solos e a participação de duas alunas do Programa de Educação Tutorial da PUC Minas. Esse modelo possibilitou a demonstração do comportamento hidráulico e geotécnico de um barramento de terra, o que facilitou transmitir conhecimentos geotécnicos com apoio do software Slide2, versão 9.041 da Rocscience.

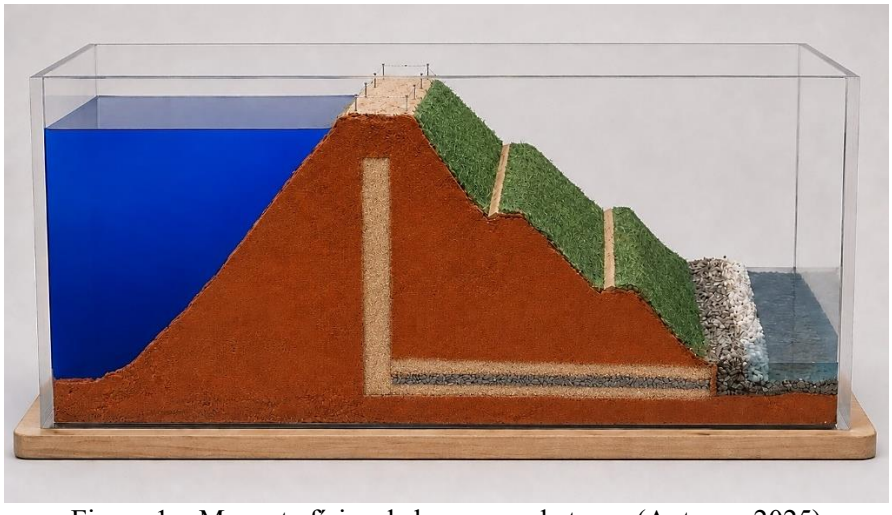


Figura 1 – Maquete física de barragem de terra. (Autores, 2025)

A busca por metodologias que superem o modelo expositivo tradicional tem levado pesquisadores a investigar ferramentas que coloquem os estudantes como protagonistas. Nesse contexto, a estratégia é utilizar a maquete como "materialização" de conceitos abstratos e a construção coletiva do conhecimento.

A possibilidade de uso da maquete como ferramenta de representação na engenharia, tem se mostrado um recurso didático poderoso em diversas áreas do conhecimento. Conforme Pitano e Roqué (2015), o uso de maquetes no ensino favorece a práxis, permitindo que o aluno visualize fenômenos que seriam de difícil compreensão em sala de aula.

A utilização da maquete, portanto, reside na sua capacidade de transformar a teoria abstrata em um objeto tangível, facilitando a apropriação do conhecimento espacial e estrutural (Simão, 2020). Saindo da área de engenharia civil e ingressando na área de ciências biológicas, Saraiva e Oliveira (2025) demonstram que a construção de modelos táteis de células atua como um substituto eficaz na ausência de microscópios.

Neste contexto, uma turma de alunos do curso de Engenharia Civil da PUC Minas, matriculados na disciplina de Mecânica dos Solos Aplicada teve a oportunidade de vivenciar uma aula sobre sistema de drenagem interna em barragem com uso da maquete em abril/2025 nas instalações do laboratório da empresa parceira: Diefra Engenharia e Consultoria Ltda, conforme mostra a Figura 2.



Figura 2 – Aula com uso de Maquete de Barragem (Autores, 2025)

2 METODOLOGIA

O protótipo da maquete (Figura 3) representa uma barragem de terra homogênea, com espaldares em solo argiloso; filtros vertical e horizontal; zonas de transição no filtro horizontal, do tipo sanduíche; dreno de pé; crista da barragem e bermas de alívio. A maquete tem as seguintes dimensões: comprimento total do maciço 1 m; altura máxima da maquete de barragem 0,33 m; largura da crista 0,07 m; inclinação do talude de montante na proporção 1V:1H (45°); inclinação do talude de jusante na proporção 1V:1H (45°).

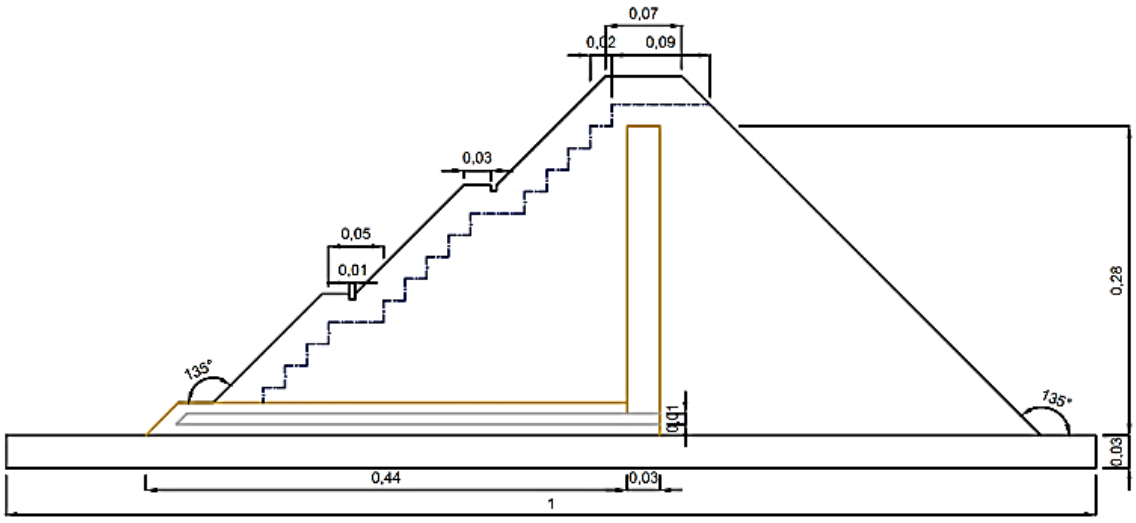


Figura 3 – Vista lateral do projeto da maquete de barragem de solo. Dimensões em metros, escala 1:1. (Autores, 2025)

A construção da maquete iniciou-se com a preparação da base da barragem em um tanque de vidro com base de chapa de aço, executada com solo argiloso disposto sobre uma placa de isopor, mantida afastada das paredes de vidro. Em seguida, procedeu-se à execução do filtro tapete, tipo sanduíche, constituído por três camadas, sendo duas camadas de areia e uma camada intermediária de pedrisco, conforme a Figura 4.



Figura 4 – Filtro Horizontal (tapete), tipo sanduiche. (Autores, 2025)

A construção do espaldar de montante foi realizada por meio da execução de camadas subsequentes de solo argiloso, com espessura aproximada de 1 cm, compactadas com o auxílio de um soquete cilíndrico. Entre as camadas de argila compactada, as superfícies entre as camandas foram previamente escarificadas como mostra na Figura 5, de modo a promover maior aderência e homogeneização entre as camadas. Esse procedimento foi adotado com o objetivo de evitar a formação de caminhos preferenciais de percolação da água durante o enchimento do reservatório, contribuindo para a integridade hidráulica do maciço de solo.



Figura 5 – Escarificação do solo. (Autores, 2025)

Após finalizar a contrução do espaldar de montante, o dreno vertical de areia foi incluido para interceptar o fluxo descendente de água e direcioná-lo para o sistema de drenagem do filtro horizontal. Posteriormente, para finalizar o maciço de terra, foi feito a remoção dos excessos de solo, moldando os taludes para o formato jusante e montante, ilustrado na Figura 6. Posteriormente os taludes da maquete foram cobertos por vegetação sintética (Figura 7), para representar barragens reais onde a cobertura vegetal ajuda a evitar erosão superficial.



Figura 6 – Maquete de barragem sem acabamento. (Autores, 2025)



Figura 7 – Cobertura sintética no talude de jusante. (Autores, 2025)

Ao finalizar a construção da maquete, deu-se início ao enchimento do tanque com água (Figura 11). A partir dos parâmetros provenientes de ensaios laboratoriais, foi utilizado o software Slide2, versão 9.041 (Rocscience) para fazer a modelagem do maciço de solo produzido na maquete, com aplicação de um aumento de escala geométrica de 1:100, visando à análise de fluxo de percolação da água próximos da referida escala, devido à grandeza dos parâmetros geotécnicos identificados nos ensaios de caracterização dos materiais. As análises realizadas ao logo do Artigo, portanto, demosntram os dados obtidos pelo comportamento do maciço construído na maquete e modelado numericamente no software Slide2.

3 ANÁLISE GEOTÉCNICA DO MACIÇO DA MAQUETE

A análise de fluxo de água no interior do maciço de terra da maquete foi representada no modelo numérico, conforme descrito a sequir.

A modelagem numérica representativa da maquete utilizou o software Slide2 (Rocscience) com uma malha composta por 1.598 elementos finitos triangulares de seis nós, para melhor precisão na interpolação dos campos de deslocamento e de carga hidráulica, pois considera não apenas os vértices dos triângulos, mas também os pontos médios de cada lado dos triângulos.

Os parâmetros obtidos a partir dos ensaios de caracterização do solo (Tabela 1), realizados em laboratório para a contrução da maquete, foram utilizados para a modelagem da maquete. Ressalta-se que, devido ao filtro horizontal, do tipo sanduíche, e o dreno de pé não representarem uma área significativa na maquete, seus dados foram estimados com base na respectiva classe de solo.

Tabela 1 - .Dados de entrada para a análise de fluxo de percolação

Classe de solo	Permeabilidade (cm/s)	Peso Específico dos Grãos (KN/m^3)	Coesão (kPa)	Ângulo de Atrito (°)	Umidade Ótima (%)
Argila Vemelha	$7{,}7 \cdot 10^{-7}$	17,85	44,9	24,1	27,8
Pedrisco	$1{,}78 \cdot 10^{-2}$	19,52	-	-	-
Areia Fina	$7{,}1 \cdot 10^{-3}$	19,03	-	-	-

Fonte: Ensaios realizados pela empresa Diefra Engenharia e Consultoria Ltda.

Para a fundação do maciço foi considerado solo argiloso e abaixo dele impermeável, influenciando o regime de fluxo e a dissipação de poropressões. Como cota de topo da barragem foi atribuída a cota da soleira do extravasor em 30,4 metros (escala 1:100), valor utilizado como referência para a carga hidráulica, mostrada na Figura 8.

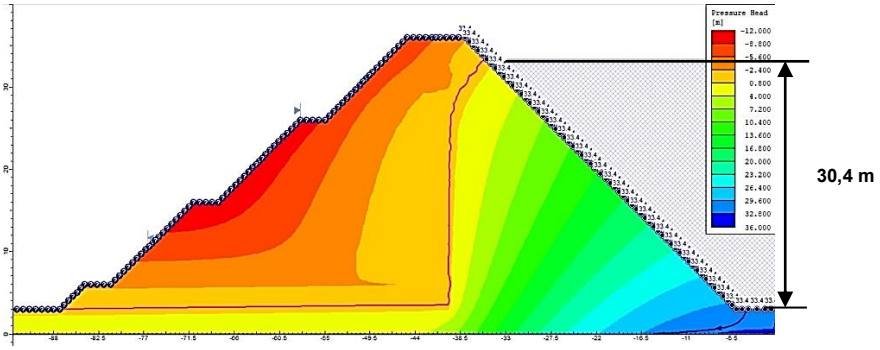


Figura 8 – Cota da carga hidráulica, escala 1:100 (30,4 m). (Autores, 2025)

Para fazer a análise do fluxo de percolação foi considerado um regime permanente, ou seja, em tempo infinito onde o sistema atinge o equilibrio hidráulico. Assim, inicialmente foram testadas 10 linhas de rede de fluxo além de anisotropia entre a permeabilidade horizontal e vertical na proporção de 0,1; indicando que a permeabilidade vertical é equivalente a um décimo da permeabilidade horizontal, mas, para fins acadêmicos e para a representação gráfica mais clara e didática, foi desconsiderada a anisotropia e houve um aumento para 13 linhas na rede de fluxo de água (Figura 9).

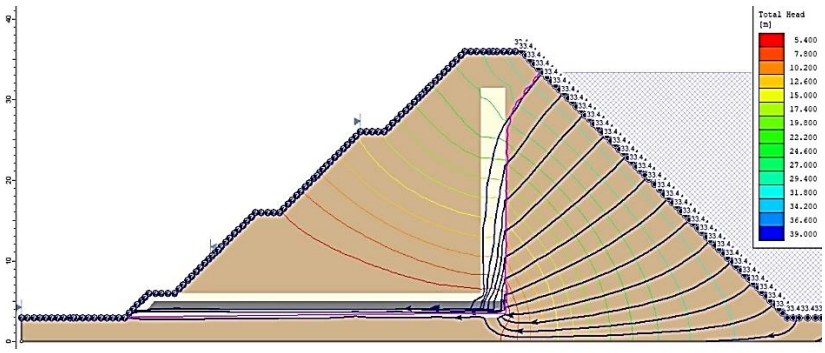


Figura 9 – Análise do fluxo de percolação com 13 linhas na rede de fluxo de água. (Autores, 2025)

A linha ‘vertical’ em cor magenta no modelo (Figura 10) indica o nível de saturação do maciço, ou seja, abaixo dessa linha o solo encontra-se totalmente saturado. A partir dessa delimitação foi possivel avaliar a extensão das zonas saturadas e sua relação com a estabilidade da barragem.

Após traçar as linhas de fluxo de percolação foi feita a análise do fluxo transiente no primeiro enchimento, para esta etapa foi utilizado a variação da cota da carga hidráulica de 30,4 m em função do tempo. O primeiro enchimento do reservatório foi modelado com duração total de 24 horas, com uma taxa de enchimento de aproximadamente 1,25 m por hora. A variação da carga hidráulica ao longo do tempo foi dividida em três etapas de 10 m cada, de modo que a cada 8 horas ocorria uma elevação de 10 m no nível do reservatório (escala 1:100).

Após estabilizar a carga hidráulica foram consideradas as seguintes etapas de análises de comportamento do maciço em relação à percolação de água, a saber: 0,3 dia; 0,6 dia; 1 dia; 2 dias, 1 ano; 2 anos; 4 anos; 8 anos; 16 anos; 32 anos, 64 anos e 100 anos, com o objetivo de observar a evolução da saturação do maciço conforme a Figura 10; a qual mostra as linhas escuras do avanço da saturação que repressentam as superfícies freáticas no maciço (espaldar de montante). Na Figura 10, obseva-se que o sistema de filtros vertical e horizontal estão funcionam adequadamente, não havendo elevação de superfície freática no espaldar de jusante da barragem. Portanto, a barragem possui apropriado controle geotécnico sem haver elevação de poropressão no maciço no espaldar de jusante.

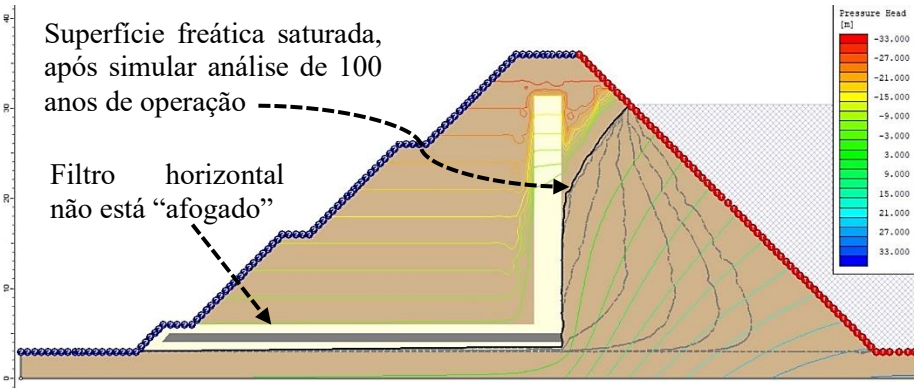


Figura 10 – Análise de saturação do maciço da barragem ao londo do tempo, até 100 anos. (Autores, 2025)

A representação da modelagem numérica com apoio do software foi também observada no modelo físico (maquete) pelo adequado funcionamento dos filtros vertical e horizontal, onde observou-se visualmente que não houve saturação do solo acima do filtro vertical (elevação de superfície freática), no espaldar de jusante da maquete da barragem de terra, conforme Figura 11.

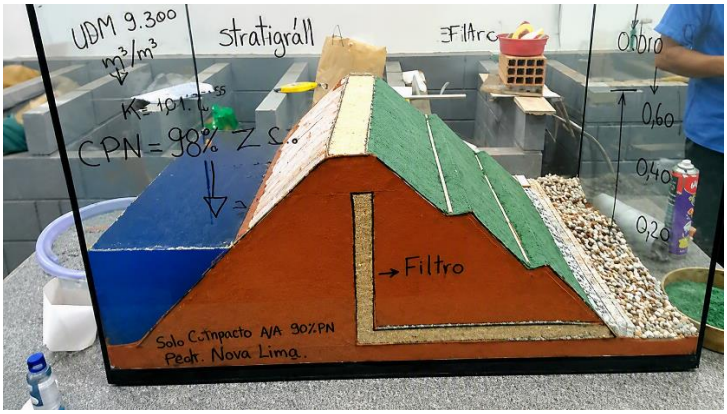


Figura 11 – Enchimento do reservatório da maquete da barragem. (Autores, 2025)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o objetivo de facilitar a visualização do comportamento hidráulico de uma barragem de terra, no sistema de drenagem interna, foram utilizados a construção de uma maquete de barragem de terra homogênea (Figuras 1 e 3) e a análise com apoio do software Slide2, na versão 9.041 da empresa Rocscience.

A maquete e o modelo numérico evidenciaram o adequado funcionamento do sistema de filtros vertical e horizontal, uma vez que se observou que o filtro horizontal não opera em condição afogada, pois a propagação da saturação em direção à jusante é limitada. Esse comportamento contribui de forma significativa para a redução das poropressões nos taludes do maciço de jusante (espaldar de jusante). (Pinto, 2015).

A análise da carga hidráulica e fluxo de água no interior do maciço de solo por meio do software Slide2 mostra que os resultados são favoráveis, devido a baixa permeabilidade do solo argiloso ser 7 x 10^{-7} cm/s, o

que resultou em evolução lenta da saturação no maciço, sendo necessários 100 anos para que o espaldar de montante fosse saturado em sua plenitude.

Além disso, a construção da maquete com execução de camadas subsequentes de solo argiloso escarificadas entre si, com inclusão de dreno vertical e horizontal demonstrou a efetividade em evitar a formação de caminhos preferenciais de percolação da água durante o enchimento do reservatório, contribuindo para a integridade hidráulica do maciço de solo.

A partir dos resultados obtidos com a construção da maquete é possível usá-la em aula prática sobre importantes estruturas no maciço de barragem, tais como sistemas de filtros vertical e horizontal (Figura 2).

5 CONCLUSÕES

O desenvolvimento da maquete física de uma barragem de terra, aliado à análise geotécnica por meio do software Slide2 (Rocscience), mostrou-se uma ferramenta eficaz para a compreensão dos fenômenos hidráulicos em estrutura geotécnica composta de solo argiloso. A maquete permitiu a visualização prática dos mecanismos de percolação do fluxo de água no maciço de solo, da atuação dos sistemas de drenagem interna e da formação das zonas saturadas no interior do maciço terroso, pelo funcionamento dos filtros de drenagem.

Os resultados obtidos a partir das simulações numéricas do maciço da maquete confirmaram a relevância de caracterização geotécnica adequada dos materiais, bem como uso de filtros de drenos internos, para o controle da percolação de água no interior da estrutura geotécnica (barragem de terra homogênea).

Além disso, a avaliação da evolução da saturação do maciço da barragem ao longo do tempo destacou a importância da análise de longo prazo para a segurança de barragens de terra, uma vez que a baixa permeabilidade dos solos argilosos pode resultar em processos lentos de dissipação de poropressões.

Dessa forma, conclui-se que a integração entre modelos físicos e simulações numéricas permite a visualização do comportamento de rede de fluxo de água no interior de maciços de barragem de terra, o que proporciona a compreensão dos fatores que condicionam o desempenho e hidráulico em barragem de terra.

6 AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio da empresa Diefra Engenharia e Consultoria LTDA no desenvolvimento da maquete, pelo fornecimento dos dados de ensaios necessários, a Thiago Cruz Bretas pelo apoio nas análises numéricas no software Slide2 e à PUC Minas, pela licença do software Slide2 fundamentais para este trabalho.

REFERÊNCIAS

Cruz, Paulo Teixeira da. (2004) *100 Barragens Brasileiras: Casos Históricos, Materiais de Construção, Projeto*. 2. Ed. São Paulo: Oficina de Textos.

Massad, Faiçal. (2010) *Obras de terra: curso básico de geotecnia*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos: São Paulo: Oficina de Textos.

Pinto, Carlos de Sousa. (2006) *Curso básico de mecânica dos solos*. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos

Pitano, S. C.; Roqué, B. B. (2015) O uso de maquetes no processo de ensino-aprendizagem segundo licenciandos em Geografia. Revista Educação (Unisinos), v. 19, n. 2, p. 317-326

Saraiva, T. C. da S.; Oliveira, J. D. de. (2025) Utilização de maquetes na prática pedagógica para o ensino de biologia celular. Ensino Revista, v. 32, p. 1-12

Simão, T. R. S. (2020) O uso da maquete como prática pedagógica no curso de Design de Interiores.

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/21

Metodologias Ativas Aplicadas a Conceitos Geotécnicos para Alunos da Educação de Jovens e Adultos (EJA)

Joseleide Pereira da Silva Antunes
Docente, Instituto Federal de Brasília, Brasília, Brasil, email: joseleide.silva@ifb.edu.br

Ângela Beatriz de Souza Bertazzo
Docente, Instituto Federal de Brasília, Brasília, Brasil,email: angela.bertazzo@ifb.edu.br

Wilson Conciani
Docente convidado, Instituto Federal de Brasília, Brasília, Brasil, email: concianiw@gmail.com

Henrique da Costa Salles
Discente, Instituto Federal de Brasília, Brasília, Brasil, email: dacosta.1990@gmail.com

Ketlen Cardoso da Silva
Discente, Instituto Federal de Brasília, Brasília, Brasil, email: ketlen.silva@estudante.ifb.edu.br

RESUMO: A Educação de Jovens e Adultos (EJA) visa escolarizar indivíduos que não concluíram a educação básica no período regular. Como motivá-los a dar continuidade nos estudos? As metodologias ativas de aprendizagem são novas abordagens pedagógicas que colocam o aluno no centro da aprendizagem. Este método aplicado ao público da EJA contribui para que o aluno aprenda a partir de conhecimentos anteriores, sua vivência e experiências de outros momentos de sua vida. Como em brincadeiras de criança, a manipulação de solos, na percepção de suas texturas, são como princípios de iniciação científica, formando bagagem intuitiva, compartilhamento de práticas ancestrais, as mesmas que podem ser desvendadas pela ótica geotécnica. Este estudo pretende relatar a experiência exitosa de aprendizagem geotécnica introdutória na EJA, através de diferentes experimentos, modelados pela aplicação de metodologias ativas de aprendizagem. Foram realizadas práticas em salas de aulas e nos laboratórios de mecânica dos solos e de materiais do *Campus* Samambaia do Instituto Federal de Brasília, incluindo ensaios técnicos, táctil visual, compactação, permeabilidade e colapso dos solos. Além dos ensaios normalizados, foram desenvolvidas oficinas de pintura com tintas de solos, oportunidade lúdica para explicarmos sobre os minerais constituintes dos solos, evidenciando as características dos argilominerais presentes nos solos regionais. Como resultado, além da divulgação tecnológica sobre a análise táctil visual, como rotina do geotécnico, foi possível identificar motivação dos participantes em aderir a cursos profissionais da construção civil, seja em cursos técnicos da construção civil, como em capacitações para sondadores de solos.

PALAVRAS-CHAVE: Metodologias ativas de aprendizagem, experimentos geotécnicos, pintura com tintas de solos, Educação de Jovens e Adultos (EJA).

ABSTRACT: *Adult and Youth Education (EJA) aims to provide formal schooling for individuals who did not complete basic education at the regular age. A key challenge lies in motivating students to persevere in their studies. Active learning methodologies emerge as innovative pedagogical approaches that place the student at the core of the learning process. When applied to the EJA context, this method enables students to learn by bridging prior life experiences with new academic content. Similar to childhood play, the manipulation of soil and the perception of its textures serve as principles of scientific initiation, building intuitive knowledge and sharing ancestral practices that can be unraveled through a geotechnical lens. This study reports a successful experience in introductory geotechnical learning within EJA, utilizing various experiments modeled after active learning principles. Practical activities were conducted in classrooms and specialized laboratories at the Samambaia Campus of the Federal Institute of Brasília (IFB), encompassing technical*

tests such as visual-tactile analysis, compaction, permeability, and soil collapse. In addition to standardized testing, soil-based painting workshops were developed as a playful opportunity to explain soil mineralogy, highlighting the characteristics of clay minerals found in regional soils. Results indicate that, beyond disseminating technical knowledge on visual-tactile routines, the project successfully motivated participants to pursue professional careers in civil construction, including technical courses and specialized training for soil drilling technicians.

KEYWORDS: Active learning, geotechnical experiments, soil paints, Adult and Youth Education (EJA).

1 INTRODUÇÃO

A Educação de Jovens e Adultos (EJA) é uma modalidade de ensino bem sensível no panorama geral da educação brasileira. Principalmente porque tem como sujeitos aqueles que não concluíram a educação básica no período regular, "sujeitos historicamente excluídos do sistema formal de educação e pessoas em idade produtiva com trabalho precarizado ou sem trabalho" (CONIF, 2024). Portanto, a aproximação dos sujeitos da EJA ao ambiente escolar talvez seja a oportunidade ímpar desses sujeitos resgatarem sua escolaridade formal.

A modalidade PROEJA é a integração da escolaridade formal, em nível de ensino Fundamental (PROEJA -FIC) ou Ensino Médio (PROEJA técnico), com a formação profissional. A proposta apresentada no documento base do programa PROEJA-FIC (MEC, 2007a) é que a integração da formação geral com a formação profissional seja uma estratégia "para a melhoria das condições de inserção social, econômica, política e cultural dos jovens e adultos".

Como explicitado no documento de base do PROEJA-FIC (MEC, 2007a), a abordagem a ser considerada na modalidade PROEJA deve ter como objetivos específicos: a) mudança de perspectiva de vida por parte do aluno; b) compreensão das relações que se estabelecem no mundo do qual ele faz parte; c) a ampliação de sua leitura de mundo e sua participação efetiva nos processos sociais; d) democratização e justiça distributiva; e) escolarização. O propósito é tornar a escolarização formal significativa para tais sujeitos através de contextos do mundo do trabalho, para um campo de atuação onde já transitem como atuação de trabalho formal, ou que desejem ser introduzidos.

Como alcançar esses objetivos para uma clientela historicamente afastada dos processos escolares? E ainda, como realizar a integração dos saberes profissionais e os conteúdos da formação geral de escolarização, de forma atraente e que gere permanência do aluno na escola, e ainda motivação para verticalização dos estudos?

As definições dos documentos básicos do PROEJA (MEC, 2007a; MEC, 2007b), trazem pistas para as abordagens pedagógicas necessárias. Eles afirmam que a desejada integração dos saberes da formação geral e dos saberes profissionais deve ser realizada " por meio de metodologias adequadas aos tempos e espaços da realidade dos sujeitos sociais que constituem o público beneficiário".

O projeto de ensino-extensão "A engenharia e os solos não saturados na educação básica", busca aproximar estudantes do ensino fundamental, médio e EJA, do conhecimento científico por meio de experimentos práticos de geotecnia. Desenvolvido por discentes do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Brasília (IFB) *Campus* Samambaia, o trabalho surge em um contexto social de desconfiança em relação à ciência e de escassez de profissionais nas áreas das ciências aplicadas. Ao traduzir conteúdos complexos em atividades simples e interativas, a proposta pretende incentivar a inserção de alunos com idade avançada nas áreas de engenharia, estimular a reflexão crítica e demonstrar a importância das engenharias para a sociedade.

Os objetivos do projeto são:

- Elaborar um guia de experimentos de geotecnia, com descrição de materiais, roteiros e sugestões de discussão em sala de aula.
- Desenvolver experimentos acessíveis, utilizando majoritariamente materiais recicláveis e de baixo custo;
- Promover a integração de conceitos de física, química, geografia e matemática em atividades práticas;

- Estimular o interesse dos estudantes pelas ciências e pelas carreiras de engenharia;
- Fornecer um caminho seguro e leve para retorno daqueles que estão a muito tempo longe da escola;
- Contribuir para a divulgação dos cursos técnicos e superiores oferecidos pelo IFB.

O presente artigo apresenta um relato de experiência exitosa no cumprimento dos objetivos citados pela proposta de implementação do Programa PROEJA, vinculada à formação na área da construção civil. As práticas foram realizadas pelos alunos do curso de Engenharia civil aplicando esta metodologia nas turmas do PROEJA, ambos do IFB Campus Samambaia. As metodologias desenvolvidas se baseiam nos princípios de metodologias ativas e aplicadas, envolvem o entrelaçamento de momentos lúdicos com conhecimentos teóricos e técnicos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O Papel das Metodologias Ativas

A utilização do termo “metodologias ativas” é relativamente recente, porém remete a autores clássicos da pedagogia como John Dewey, no início do séc XX, propondo a aprendizagem pelo fazer (*leraning by doing)* (Dewey, 1938), Jean Piaget, com as bases do construtivismo, indicando que a aprendizagem se dá pela ação do sujeito sobre o objeto (Piaget, 1950), e ainda Lev Vygotsky, que afirma que a aprendizagem era construída socialmente (Vygotsky, 1978). No Brasil, José Moran foi o primeiro a usar e divulgar o termo (Moran, 2015). Para ele, é necessário que a mediação pedagógica posicione o estudante como protagonista do seu aprendizado, participando de um processo muito além de repetição e memorização.

A teoria de Ausubel se contrapõe à aprendizagem mecânica onde a nova informação é memorizada sem conexões significativas com o conhecimento prévio, ou seja, os alunos memorizam informações sem compreendê-las. Na aprendizagem significativa proposta por ele, a ênfase está na criação de conexões entre os conhecimentos prévios do aluno e os conhecimentos novos, o que torna a aprendizagem mais profunda e duradoura, isto é, significativa (Moreira, 2011). John Dewey (1938) defendeu a aprendizagem pela experiência. Paulo Freire (1987) propôs uma educação dialógica e ativa.

Para esta abordagem, as estratégias pedagógicas devem ser pensadas para níveis mais altos de retenção de conhecimentos, como: tomada de decisão, resolução de problemas, reflexão crítica e produção de conhecimento. Tal fundamentação se apoia na interpretação da teoria de William Glasser (citada em Educacional, 2025) que aponta diferentes níveis de retenção da aprendizagem, para diferentes estratégias pedagógicas. Por exemplo, “ver e escutar” responderia por uma retenção de apenas 50% do conhecimento, enquanto “praticar” por 80%.

3 METODOLOGIA

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa-ação de natureza experimental e educativa, desenvolvida no âmbito do projeto de ensino-extensão "A engenharia e os solos não saturados na educação básica" do Instituto Federal de Brasília (IFB), *Campus* Samambaia. Incentivados por outras experiências exitosas de manipulação de solos como saberes transversais na educação básica (Freitas, 2018, Campos *et al.*, 2019 e Silva, 2024), o grande desafio da presente esteve na transposição didática, conceituado aqui como “ o caminho realizado pelo saber desde sua elaboração científica até sua chegada em sala de aula como saber ensinado” (Neves e Barros, 2011).

A prática já consolidada dos cursos técnicos integrados do IFB possibilitou elencar tipos de mediação pedagógica necessária, como a elaboração de um material instrucional, de apoio e fixação de conteúdo. A metodologia foi estruturada em duas etapas fundamentais: (1) o desenvolvimento dos experimentos (transposição didática) e a elaboração do material instrucional (manual), e (2) a aplicação em campo (aulas experimentais):

1. Desenvolvimento dos Experimentos e do Manual:
   - Levantamento bibliográfico sobre geotecnia e ensino de ciências.
   - Planejamento de experimentos simplificados, com foco em viabilidade pedagógica e acessibilidade.

- Elaboração de roteiros para cada experimento, contendo objetivos, lista de materiais, passo a passo e sugestões de discussão.

2. Aplicação:
   - Organização dos materiais.
   - Realização dos experimentos em conjunto com professores e estudantes.
   - Coleta de observações sobre receptividade, compreensão dos conceitos e adequação dos materiais.

Importante destacar que a construção do presente artigo e o desenvolvimento do projeto foram feitos com auxílio da ferramenta de inteligência artificial Gemini, para auxílio estilístico, de revisão gramatical e de tradução técnica para língua inglesa, sendo que a idealização, o conteúdo técnico, e as conclusões são fruto de produção original e integral dos autores.

3.1 Desenvolvimento dos Experimentos Baseados em Normas Técnicas

A equipe do projeto, composta por discentes e docentes de Engenharia Civil, realizou a adaptação de ensaios de laboratório regidos por normas técnicas (ABNT NBR e ASTM) para versões simplificadas, utilizando materiais de baixo custo e recicláveis. O critério para a adaptação foi manter o rigor conceitual do fenômeno físico, mesmo com a simplificação do aparato.

A seguir, apresenta-se a análise técnica e pedagógica dos experimentos que compuseram o roteiro didático, destacando os conceitos geotécnicos abordados.

3.1.1 Caracterização Táctil-Visual

Baseou-se nas normas ABNT NBR 6484 e ASTM D2488, substituindo o trado e o laboratório completo por amostras deformadas e análise sensorial (tato/visão). Este experimento introduz a classificação dos solos sem uso de peneiras. Ao manipular amostras úmidas, a ideia é de que os alunos identifiquem a areia (áspera, sem coesão), o silte (macio, "talco") e a argila (plástica, moldável). O "teste de impregnação" (sujar a mão e lavar) é uma ferramenta para ensinar sobre a interação físico-química e a superfície específica das argilas: a dificuldade em limpar a mão demonstra a alta coesão e aderência do material, conceitos cruciais para entender a estabilidade de taludes e a capacidade de carga de fundações.

3.1.2 Observação da Permeabilidade

Utilizando o sistema de garrafas PET e filtros de café de papel (permeâmetro simplificado), a ideia do experimento é comparar a velocidade de infiltração da água em areias e argilas. A visualização da água passando rapidamente pela areia e ficando retida na argila permite discutir a Lei de Darcy (fluxo de fluidos em meios porosos) de forma intuitiva.

A aplicação prática discutida pode envolver assuntos como drenagem de campos de futebol, risco de contaminação de lençóis freáticos (em solos arenosos), solos e ambientes mais propensos a enchentes.

3.1.3 Sedimentação e Suspensão de Solos Finos (Lei de Stokes)

O planejamento do experimento baseou-se parcialmente na ABNT NBR 7181 e na Lei de Stokes, utilizando frascos transparentes para visualizar a velocidade de queda das partículas sem a necessidade de densímetros. A agitação de solo em água possibilita a visualização da diferença de decantação entre grãos grossos e finos. A turbidez persistente na água com argila ilustra visualmente a Lei de Stokes (velocidade de queda proporcional ao diâmetro da partícula).

A discussão com os alunos pode envolver a conexão do tema técnico com a esfera ambiental, abordando o assoreamento de rios e a dificuldade de tratamento de água barrenta, conectando a geotecnia com a engenharia ambiental e sanitária.

3.1.4 Detecção de Calcário (Reatividade Química)

Experimento fundamentado na observação da liberação de Dióxido de Carbono gasoso a partir da reação do ácido acético presente no vinagre com o carbonato de cálcio presente na amostra de sol). O uso de vinagre (ácido acético) para testar a efervescência do solo introduz a mineralogia, e a observação da reação química permite chamar a atenção dos alunos para problemas de engenharia, como a dissolução de rochas carbonáticas que pode levar à formação de cavernas e colapsos (dolinas), além de permitir comentários sobre diferentes aplicações da detecção de calcário em solos, como no caso de ciências agrárias.

3.1.5 Oficina de Pintura com Tintas à Base de Solos

Esta atividade permite, de maneira lúdica e integrada, o desenvolvimento de tintas ecológicas à base de solo, água e cola branca (PVA), utilizando amostras de diferentes composições e locais para obter uma paleta de cores e texturas variadas (vermelhos, amarelos, brancos e tons escuros). A oficina permite abordar conceitos como a composição química dos solos, que lhes confere diferentes tonalidades. O experimento dá a oportunidade aos alunos de observarem o procedimento de destorroamento de e peneiramento de solos de diferentes cores, procedimentos comuns em laboratórios de geotecnia. Por fim, a oficina possibilita produção de obras artísticas pelos participantes, mas com o conhecimento de que as tintas à base de solos podem ser aplicadas como material de construção para acabamentos de baixo custo.

Como impacto pedagógico, a pintura permite "materializar" a composição química do solo, sendo a cor de cada solo um indicador geológico das propriedades do material. Além disso, a oficina destaca o potencial estético do solo como material de arte e de construção.

4 MANUAL E ROTEIRO DOS EXPERIMENTOS

Foi elaborada a cartilha "Geotecnia na Prática: Guia de Experimentos de Geotecnia para a Educação de Jovens e Adultos - EJA", um manual ilustrado destinado a orientar tanto o professor quanto o aluno na execução das práticas. A linguagem técnica foi intencionalmente adaptada para ser acessível, mas, ao mesmo tempo, introduzindo gradualmente os termos técnicos mais apropriados para conceitos da área de mecânica de solos (ex: coesão, colapso, compressibilidade). A figura 1 apresenta exemplificativamente uma amostra do manual ilustrado.



Figura 1. Amostra do conteúdo do manual ilustrado.

O roteiro de cada experimento foi estruturado em:

1. Objetivo: O que se pretende aprender.
2. Materiais: Itens necessários (fáceis de encontrar).
3. Discussão Prévia: Perguntas disparadoras para levantar hipóteses (ex: "O que acontece se construirmos sobre terra fofa?").
4. Passo a Passo: Instruções operacionais.
5. Conclusão/Discussão: Espaço para conectar o observado com a teoria e a prática profissional.

5 AULAS EXPERIMENTAIS: RELATO DE APLICAÇÃO E *INSIGHTS*

As oficinas foram realizadas presencialmente, inicialmente com uma turma do módulo 1 do PROEJA, do Curso Técnico Integrado em Edificações do IFB, *Campus* Samambaia, proporcionando um ambiente de troca de saberes. Com a validação e ajustes do trabalho realizado, as oficinas serão aplicadas em escolas da rede pública de ensino do Distrito Federal com a modalidade EJA.

5.1 Perfil dos Participantes

A aula iniciou-se com uma roda de conversa e o preenchimento de uma pesquisa diagnóstica preliminar para determinação de perfil dos participantes e de conhecimentos prévios na área de construção civil e geotecnia. A turma piloto era composta por 7 alunos e 1 Professora, com faixa etária na maioria entre 35 e 44 anos (35% dos respondentes da pesquisa diagnóstica prévia à oficina). Uma parcela significativa dos estudantes (50%) atuava ou já havia atuado na construção civil (pedreiros, ajudantes, pintores), o que enriqueceu a dinâmica. A totalidade dos respondentes classificou o próprio nível de conhecimento prévio na área de solos como baixo, ou muito baixo, mas 75% apontaram que o nível de conhecimento sobre solos era suficiente para compreensão do comportamento desse material na construção civil. 75% apontaram ter intenção de atuar profissionalmente na área de construção civil e/ou de solos.

5.2 Dinâmica da Aula

As oficinas foram iniciadas, partindo de experimentos mais simplificados, como o de sedimentação, até, como uma conclusão mais lúdica, a oficina de tintas à base de solos. Antes de cada experimento, foram feitas explicações teóricas breves e simplificadas para permitir melhor compreensão dos alunos, buscando que estes interagissem e respondessem o que esperavam observar em cada experimento. Após cada ensaio simplificado, foi realizada uma breve discussão sobre as observações, o motivo de sua ocorrência e a importância do fenômeno para a construção civil e a sociedade. A figura 2 ilustra um dos momentos da aplicação da oficina piloto.



Figura 2. Momento de aplicação da oficina piloto.

5.3 Diagnóstico do Processo de Ensino-Aprendizagem e Resultados da Oficina Piloto

Durante a oficina piloto, reflexões surgiram sobre fenômenos socioambientalmente importantes, como enchentes (relacionadas à permeabilidade), e diferentes usos para tintas à base de solos, como em manifestações artísticas e em habitações de populações em vulnerabilidade, demonstrando curiosidade técnica. A ludicidade da manipulação do solo ("sujar as mãos") quebrou a rigidez da sala de aula tradicional, permitindo uma aprendizagem cinestésica.

Percebeu-se a necessidade de adaptação constante de linguagem para traduzir termos como "índice de vazios" para "espaço entre os grãos", garantindo que a explicação física fosse compreendida antes adequadamente. Esse é um desafio para a efetividade das oficinas futuras diante de públicos menos ligados à construção civil, como os alunos da oficina piloto, que cursam o Curso Técnico em Edificações, modalidade PROEJA.

Observou-se que o engajamento dos participantes pode ser desafiador, pois apenas 5 alunos que realizaram a oficina preencheram a pesquisa diagnóstica final. Esta tinha o objetivo de averiguar preliminarmente um eventual aumento de interesse pelo estudo e potencial atuação profissional ligada à construção civil, solos e ciências exatas. A baixa adesão à pesquisa diagnóstica indica que futuras oficinas deverão ter atuação mais direcionada dos monitores para coleta das respostas às pesquisas, haja vista que o questionário foi construído na plataforma *googleforms,* o que pode ter gerado dificuldades de resposta às questões, evidenciando falhas no letramento digital.

Destaca-se que, entre os respondentes da pesquisa final, 80% se sentiram motivados a participar das aulas relacionadas a ciências exatas (física, química, matemática, etc), todos informaram acreditar que a metodologia ativa da oficina realizada era mais interessante que aulas expositivas comuns, 80 % relataram aumento de interesse em estudar mais sobre construção civil e engenharia de solos e em se capacitar profissionalmente nessas áreas, e 60% informaram que, após a oficina, consideravam se capacitar como sondadores de solos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de metodologias ativas na Educação de Jovens e Adultos (EJA) mostrou-se eficaz na promoção de aprendizagens significativas e na recomposição de vínculos com a escolaridade formal. Os resultados deste estudo indicam ganhos expressivos em engajamento, autonomia e retenção de conteúdos quando se privilegiam estratégias centradas no aprendiz, como resolução de problemas, projetos orientados e práticas colaborativas. Tais abordagens favorecem a contextualização do conhecimento, tornando-o mais relevante para as experiências de vida dos estudantes adultos.

Ensaios técnicos implementados no contexto pedagógico permitiram avaliar empiricamente a efetividade de procedimentos e recursos didáticos, fornecendo evidências de melhoria no desempenho em habilidades específicas (leitura, escrita, cálculo) e na transferibilidade dos saberes para situações cotidianas e laborais. A articulação de procedimentos avaliativos formativos com atividades práticas possibilitou ajustes pedagógicos contínuos, potencializando a aprendizagem ao considerar ritmos e saberes prévios dos participantes.

Adicionalmente, a incorporação de práticas lúdicas — jogos educativos, simulações e dinâmicas sociointerativas — mostrou-se especialmente relevante para público da EJA, composto majoritariamente por pessoas maduras, muitas delas afastadas da escola por longos períodos. Essas práticas reduzem ansiedades associadas ao retorno à educação, ampliam a motivação e facilitam a memorização e compreensão por meio da experimentação e da ludicidade. O caráter social e afetivo das atividades lúdicas também fortalece a coesão grupal e o apoio mútuo, fatores cruciais para a continuidade e o sucesso dos processos de aprendizagem em contextos de vulnerabilidade educacional.

Em síntese, os achados apontam que a combinação de metodologias ativas, ensaios técnicos bem planejados e práticas lúdicas constitui uma estratégia pedagógica robusta para a EJA. Recomenda-se que políticas e programas educacionais direcionem formação continuada de professores para essas abordagens,

promovam recursos e tempo para experimentação didática e incorporem mecanismos de avaliação formativa que respeitem a trajetória e as necessidades específicas dos aprendizes adultos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2020). NBR 6484. *Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT: Método de ensaio*. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2016)). NBR 7181. *Solo – Análise granulométrica*. Rio de Janeiro.

ASTM International (2017). ASTM D2488: *Standard Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedures)*.

CAMPOS, J.O.; MARINHO, J.O.;REINALDO, L.R.L.R. (2019). Experimentos como recursos didáticos para educação em solos no ensino da geografia. *In. Revista de Ensino da Geografia (recife), V.2, N.1, 2019.*

Conselho Nacional das Instituições da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica - CONIF (2024). *Diretrizes Indutoras da Educação de Jovens e Adultos integrada à Educação profisional e Tecnológica na Rede Federal.* Disponível em: <https://portal.conif.org.br/estudos/diretrizes-indutoras-da-educacao-de-jovens-e-adultos-integrada-a-educacao-profissional-e-tecnologica-na-rede-federal>. Acesso em: 25 fev. 2026.

DEWEY, J. (1938). *Experience and Education*. New York: Macmillan.

EDUCACIONAL (2025). *Pirâmide de Aprendizagem: entenda a teoria de William Glasser*. Disponível em: <https://educacional.com.br/artigos/piramide-de-aprendizagem/>. Acesso em: 26 fev. 2026.

FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FREITAS, M.F.L. (2018). Projeto solo vivo: experiências com solos na educação básica. *In. Divers@ Revista Eletrônica Interdisciplinar,* Matinhos, V.11, n.2, p.103-113, jul-dez.2018.

MEC - Ministério da Educação (2007a). *Documento base do programa nacional de integração da educação profissional com a educação básica na modalidade de educação de jovens e adultos educação profissional técnica de nível médio / ensino médio*. Brasília, agosto de 2007.

MEC - Ministério da Educação (2007b). *Documento base do programa nacional de integração da educação profissional com a educação básica na modalidade de educação de jovens e adultos. Formação Inicial e Continuada- Ensino fundamental*. Brasília, agosto de 2007.

MORAN, J.(2015). *Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda*. Educação e Transformação.

MOREIRA, M. A. (2011). *Linguagem e Aprendizagem Significativa*. Disponível em: <https://if.ufrgs.br/~moreira/linguagem.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2026.

NEVES, K.C.R.;BARROS, R. M. O. (2011). Diferentes olhares acerca da transposição didática. *IN. Investigações em ensino de ciências.* V.16(1), pp 103-115, 2011.

PIAGET, J. (1950). *The Psychology of Intelligence*. London: Routledge.

SILVA, C. C. G. (2024). *Uso de Geotintas como metodologias ativas no ensino de solos: uma revisão sistemática da literatura*. Monografia (Pós-Graduação Lato Sensu em Ensino de Ciências da Natureza e Matemática) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina, Petrolina, PE, 2024.

VYGOTSKY, L. S.(1978). *Mind in Society*. Harvard University Press.

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/22

MODELOS REDUZIDOS DE BARRAGENS COMO FERRAMENTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE HIDRÁULICA E GEOTECNIA

Bruno Rogério da Hora Lôbo
Docente, Universidade Federal doTocantins, Palmas, bruno.lobo@uft.edu.br

Vanderley Pereira dos Santos Júnior
Estudante, Universidade Federal do Tocantins,Palmas, vanderley.junior@uft.edu.br

João Vitor Rocha Dias
Estudante, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, dias.joao@uft.edu.br

Iugui Fernandes Braga Veloso
Estudante, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, iugui.braga@mail.uft.edu.br

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo a fabricação e utilização de modelos reduzidos de barragens, visando enriquecer o ensino na disciplina de Obras Hidráulicas da Universidade Federal do Tocantins (UFT) por meio de uma ferramenta prática, visual e tecnicamente fundamentada. Para a construção dos modelos, utilizaram-se aquários de vidro com espessura de 5 mm e dimensões de 400 × 700 × 300 mm, devidamente adaptados para permitir a drenagem controlada. Os compartimentos internos foram preenchidos com materiais selecionados (areia, brita, pedrisco e bentonita) para representar o enrocamento, os sistemas de drenagem, o núcleo e demais elementos constitutivos de uma barragem. A dinâmica da água no interior do modelo foi evidenciada por meio de corante à base de permanganato de potássio, possibilitando a visualização das linhas de fluxo e dos padrões de circulação interna. Através dessas simulações, observaram-se fenômenos fundamentais como a formação da rede de fluxo, processos de percolação, comportamento em zonas saturadas e não saturadas e o desenvolvimento do gradiente hidráulico. O experimento também permitiu demonstrar conceitos como o princípio das tensões efetivas, a poropressão no talude de jusante e os efeitos decorrentes de obstruções nos sistemas de drenagem. Em síntese, os modelos reduzidos desempenharam papel essencial ao transformar conceitos teóricos em fenômenos observáveis, contribuindo significativamente para a formação técnica dos estudantes e para o fortalecimento das práticas de ensino em engenharia de barragens.

PALAVRAS-CHAVE: Modelos Reduzidos, Barragens de Terra, Ensino de Geotecnia, Rede de Fluxo.

ABSTRACT: The objective of this study was the manufacture and use of scale dam models to enrich the teaching of the Hydraulic Structures course at the Federal University of Tocantins (UFT) through a practical, visual, and technically grounded tool. The models were constructed using 5 mm thick glass tanks with dimensions of 400 × 700 × 300 mm, appropriately adapted to allow controlled drainage. The internal compartments were filled with selected materials (sand, gravel, crushed stone, and bentonite) to represent the rockfill, drainage systems, core, and other constitutive elements of a dam. The water dynamics within the scale model were evidenced using a potassium permanganate dye, enabling the visualization of flow lines and internal circulation patterns. Through these simulations, it was possible to observe fundamental phenomena such as flow net formation, seepage processes, behavior in saturated and unsaturated zones, and the development of the hydraulic gradient. The experiment also allowed for the demonstration of concepts such as the principle of effective stresses, pore-pressure analysis at the downstream slope, and the effects resulting from the malfunction of drainage systems. In summary, the scale models played an essential role in transforming theoretical concepts into observable phenomena, significantly contributing to the technical training of students and strengthening teaching practices in dam engineering.

KEYWORDS: Scale Models, Earth Dams, Geotechnical Engineering Education, Flow Net.

1 INTRODUÇÃO

A engenharia de barragens é uma área intrinsecamente interdisciplinar, exigindo o domínio conjunto de conceitos de hidráulica, geotecnia e geologia. Como destaca Gaioto (1982), o projeto de uma barragem não pode ser visto de forma isolada, sendo o resultado da integração de diversas especialidades para garantir a segurança da estrutura. Nesse cenário, o ensino de graduação enfrenta o desafio de transpor a barreira teórica para a compreensão prática de fenômenos como a percolação.

O estudo do regime de percolação em meios porosos constitui um dos pilares da engenharia geotécnica e de barragens. No entanto, a compreensão dos fenômenos de fluxo bidimensional e a visualização das redes de fluxo, regidas pela equação de Laplace, muitas vezes apresentam-se de forma abstrata no ambiente de sala de aula. Segundo Pinto (2006), a determinação da linha freática e a distribuição das pressões neutras (u) são fundamentais para o cálculo das tensões efetivas e, consequentemente, para a verificação da estabilidade de taludes.

A complexidade teórica no ensino de barragens reside, primordialmente, na dificuldade de visualização de fenômenos que ocorrem no interior do maciço, como a formação da linha freática e o desenvolvimento das redes de fluxo. Frequentemente, o aluno encara tais conceitos de forma puramente matemática ou por meio de softwares de modelagem, o que pode gerar uma 'lacuna cognitiva' entre as equações de Laplace e a realidade física do campo. O uso de modelos reduzidos atua como o elo de conexão nesse processo, transformando variáveis abstratas em fenômenos observáveis em tempo real. Ao visualizar a progressão do corante através dos diferentes materiais (núcleo impermeável vs. zonas de drenagem), o discente deixa de apenas aceitar a teoria para compreendê-la visualizando o fenômeno. Essa transição do abstrato para o concreto facilita a retenção do conhecimento, permitindo que o aluno antecipe comportamentos críticos, como o surgimento de zonas de saturação e o potencial de piping, consolidando uma intuição prática essencial para a segurança e o projeto de obras hidráulicas.

O curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Tocantins (UFT), por meio da disciplina de Obras Hidráulicas, buscou integrar a prática laboratorial ao ensino teórico através da construção de modelos físicos. O presente trabalho detalha a fabricação e a utilização de um aparato experimental de baixo custo, composto por um aquário adaptado e materiais zonados, visando demonstrar a dinâmica da água no interior de uma barragem. A simulação permitiu analisar não apenas a formação da rede de fluxo, mas também o efeito de sistemas de drenagem e as consequências de seu mau funcionamento, fortalecendo a formação técnica e a percepção crítica dos discentes sobre a segurança de barragens.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A solução de problemas de percolação em meios porosos é fundamentalmente regida pela Equação de Laplace, que descreve o fluxo permanente bidimensional em meios isotrópicos e homogêneos. Matematicamente, a solução dessa equação diferencial resulta em um par de funções ortogonais que formam a Rede de Fluxo: as linhas de fluxo, que representam a trajetória real das partículas de água através dos vazios do solo, e as linhas equipotenciais, que conectam pontos de mesma carga hidráulica.

O traçado dessas redes, tradicionalmente realizado pelo método gráfico de Casagrande, permite a determinação de parâmetros críticos para a segurança de barragens, como a vazão de percolação, as pressões neutras e os gradientes hidráulicos de saída. A correta interpretação dessas linhas é o que permite ao engenheiro prever a posição da linha freática e dimensionar dispositivos de drenagem capazes de interceptar o fluxo antes que este emerja no talude de jusante. Sem o controle adequado por meio desses dispositivos, a ascensão da linha freática e o aumento das poropressões reduzem a tensão efetiva do solo, podendo levar à instabilidade por escorregamento ou ao fenômeno de erosão interna (*piping*).

2.1 Fluxo em meios porosos e redes de fluxo

A compreensão do fluxo de água através de meios porosos é fundamentada na solução da equação de Laplace. Segundo Craig (2004), a rede de fluxo obtida a partir dessa equação fornece uma interpretação visual

indispensável para o cálculo de vazões e pressões neutras. Segundo Pinto (2006), a solução gráfica desta equação resulta na rede de fluxo, composta por linhas de fluxo e linhas equipotenciais que se interceptam ortogonalmente. A correta determinação da superfície freática é o primeiro passo para a análise de pressões neutras e da vazão de percolação (q).

O princípio das tensões efetivas, proposto por Terzaghi, estabelece que a resistência ao cisalhamento do solo depende da tensão transmitida pelos contatos entre os grãos. Como apontado por Das e Sobhan (2019), o aumento da poropressão (u) decorrente do fluxo de água reduz a tensão efetiva, o que pode comprometer a estabilidade do talude de jusante ou causar o fenômeno de liquefação por gradiente hidráulico de saída elevado.

3 METODOLOGIA

A fase experimental consistiu na montagem de um modelo físico em escala reduzida, buscando simular as condições de percolação e estabilidade de uma barragem zonada. O ensaio foi conduzido em um reservatório de vidro com espessura de 5 mm e dimensões externas de 400 × 700 × 300 mm, equipado com sistema de drenagem no talude de jusante. Cabe ressaltar que os modelos confeccionados tiveram caráter estritamente didático e demonstrativo. Portanto, não houve o objetivo de reproduzir as escalas de uma barragem real, tampouco a proporcionalidade dos materiais constituintes. A prioridade do experimento foi a observação qualitativa dos fenômenos de percolação e a visualização física das linhas de fluxo, facilitando a compreensão teórica dos alunos sobre o comportamento hidráulico em maciços terrosos.

A dinâmica da água e a formação da rede de fluxo foram evidenciadas mediante a introdução pontual de permanganato de potássio. O corante foi aplicado em pontos estratégicos do reservatório de montante, durante o processo de compactação, a cada 1,5 cm de altura, desde a base até o topo.

3.1 Materiais utilizados

A seleção dos materiais visou representar, qualitativamente, os diferentes coeficientes de permeabilidade (k) encontrados em estruturas reais, no entanto é importante destacar que os experimentos possuem caráter estritamente didático, não visando a reprodução rigorosa de escalas ou materiais de uma barragem real. No entanto, os modelos permitiram observar fenômenos críticos discutidos por Ortigão (2007), como a formação da linha freática e a eficiência dos sistemas de drenagem, que são vitais para evitar a instabilidade por percolação descontrolada.
Os materiais utilizados, bem como, as funções que cada um exerceu nas simulações são apresentados abaixo:

- **Corpo da barragem (Areia)**: Utilizou-se areia de granulometria média para compor o corpo do maciço. A escolha deveu-se à sua permeabilidade intermediária, permitindo que as linhas de fluxo (marcadas pelo permanganato de potássio) se desenvolvessem com rapidez suficiente para serem visualizadas e medidas dentro do tempo de uma aula prática;
- **Proteção do talude de montante (Brita e Pedrisco)**: Estes materiais foram aplicados na face do talude de montante, simulando um enrocamento de proteção (*rip-rap*). Sua função didática foi demonstrar a proteção contra a erosão causada pela oscilação do nível do reservatório e pela ação de batimento de ondas (simulada mecanicamente);
- **Sistemas de drenagem (Brita e Pedrisco)**: Foram configurados drenos verticais (chaminé), tapetes drenantes horizontais e drenos de pé. A alta porosidade destes materiais permitiu observar a "quebra" imediata do potencial hidráulico ao atingirem o sistema de drenagem;
- **Impermeabilização da interface e do núcleo(Bentonita)**: Devido à rugosidade nula do vidro, utilizou-se uma pasta de bentonita para selar o fundo do reservatório. Essa medida evitou o fluxo preferencial pelo contato solo-vidro, forçando a água a percorrer o corpo da barragem. A bentonita também foi utilizada como material do núcleo, simulando assim o barramento dos modelos reduzidos que simulavam barragens de enrocamento/areia com núcleo impermeável

A Figura 1 apresenta os materiais utilizados durante a confecção dos modelos reduzidos das barragens.



Figura 1. Materiais utilizados na montagem do modelo reduzido: (a) Areia média para o corpo do maciço; (b) Pedrisco para a composição do dreno horizontal de jusante já lançado em cima da base de bentonita.

3.1 Tipos de barragens simuladas

A definição das tipologias construídas pelos estudantes baseou-se nas configurações clássicas de zoneamento de maciços. Segundo Assis et al. (2003), a inclusão de elementos como núcleos de baixa permeabilidade e sistemas de drenagem interna (drenos de pé e horizontais) é a estratégia fundamental para o controle da linha freática e a mitigação de pressões neutras excessivas. Assim, os modelos reduzidos buscaram replicar essas soluções para observar, em escala didática, a eficácia de cada dispositivo no controle do fluxo.

A metodologia utilizada em sala de aula consistiu na confecção, pelos estudantes, de quatro tipologias distintas de modelos reduzidos, visando comparar a eficiência dos sistemas de drenagem e vedação. Foram montados modelos simulando: (a) barragem com núcleo argiloso, (b) barragem com sistema combinado de dreno de pé e dreno horizontal, (c) barragem apenas com dreno horizontal e (d) barragem apenas com dreno de pé. A base de todos os modelos foi selada com uma camada de bentonita hidratada e compactada, garantindo a estanqueidade da fundação e direcionando o fluxo exclusivamente pelo corpo do maciço. A Figura 2 apresenta alguns dos modelos confeccionados.

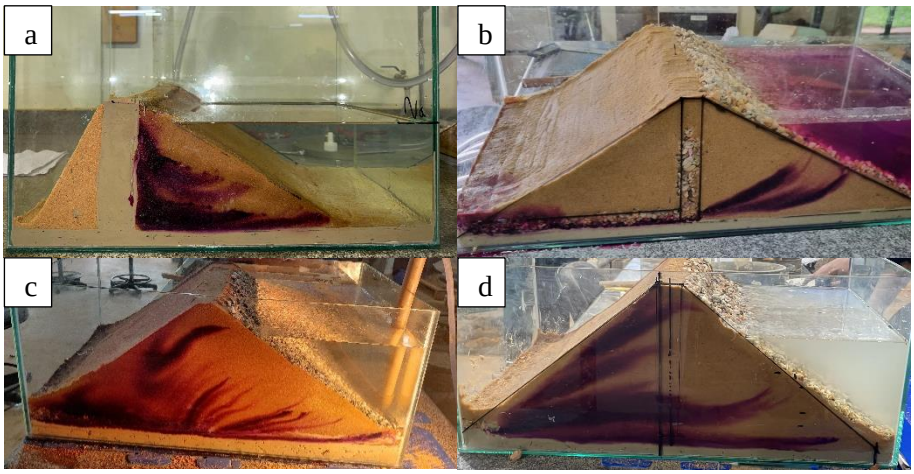


Figura 2. Diferentes tipos de barragens simuladas: (a) Núcleo argiloso; (b) Dreno horizontal e vertical; (c)Dreno horizontal; (d) Dreno de pé.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A prática laboratorial proporcionou uma visualização direta dos conceitos teóricos de redes de fluxo. Através da aplicação do permanganato de potássio, os estudantes puderam observar a formação das linhas de

fluxo em tempo real. A trajetória do corante evidenciou como o fluxo busca o caminho de menor resistência, desenhando as curvas que, na teoria, são representadas ortogonalmente às linhas equipotenciais.

Durante a confecção dos modelos, o processo de tentativa e erro foi um componente pedagógico central. Em diversos grupos, ocorreram falhas na execução dos canais de drenagem ou a obstrução inadvertida dos drenos de jusante com material fino. Esse erro de execução permitiu visualizar cenários críticos em barragens reais: o acúmulo de poropressão no corpo da estrutura e o mal funcionamento/dimensionamento dos materiais que compõem os drenos. A Figura 3 apresenta esses equívocos que contribuiram com o enriquecimento da discussão em laboratório.



Figura 3. Dificuldades durante a simulação: (a) Intupimento do dreno que gerou ascensão da água na face de jusante; (b) Mal dimensionamento do dreno vertical que conduziu a linha freática ao talude de jusante.

Dessa maneira ficou evidenciado que, com o dreno obstruído, a linha freática não era rebaixada como previsto. O resultado foi a ascensão da água misturada com corante na face do talude de jusante, demonstrando claramente aos alunos o risco de saturação da face de jusante e a consequente redução da tensão efetiva do solo, o que poderia levar a um escorregamento ou ao início de um processo de erosão interna (*piping*).

4 CONCLUSÃO

O uso de modelos reduzidos demonstrou ser uma estratégia didática superior à abordagem puramente analítica ou computacional para o ensino de hidráulica e geotecnia. A prática permitiu que os discentes transitassem das equações de Laplace para a observação física dos fenômenos de percolação. A visualização das linhas de fluxo e a discussão sobre o posicionamento das equipotenciais consolidaram o entendimento sobre a distribuição de potenciais hidráulicos no maciço. Mais do que observar sucessos, a vivência dos erros construtivos, como a obstrução de drenos e o subsequente surgimento de poropressões indesejadas na face de jusante, conferiu aos alunos uma percepção crítica sobre a importância do rigor técnico na execução de sistemas de drenagem. Em suma, o modelo reduzido funcionou como um simulador de campo, onde a física do solo se manifestou visualmente, preparando melhor os futuros engenheiros para a interpretação de fenômenos de percolação e segurança de barragens.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Assis, A. P.; Hernandez, H. M.; Colmanetti, J. P. *Apostila de Barragens*. Brasília: Universidade de Brasília (UnB), Publicação G.AP-AA006/02, 2003.

CRAIG, R. F. Craig's Soil Mechanics. 7. ed. London: Spon Press, 2004.

Das, B. M. & Sobhan, K. (2019). Fundamentos de engenharia geotécnica. Tradução da 8. ed. norte-americana. São Paulo: Cengage Learning.

Gaioto, N. *Barragens de Terra e Enrocamento*. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP), 1982.

ORTIGÃO, J. A. R. Introdução à Mecânica dos Solos dos Estados Críticos. 3. ed. Rio de Janeiro: Terratek, 2007.

Pinto, C. S. (2006). Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 Aulas. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos.

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/23

Mulheres na Engenharia: intervenções didáticas de Geologia de Engenharia e Comunicação Digital como caminhos para Inclusão, Equidade e Diversidade

Mariana do Nascimento Bontorin
Engenheira Ambiental e Sanitarista, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.
marianabontorin@alunos.utfpr.edu.br

Yasmin Dumas Indrele
Graduanda de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.
yasmindumas@alunos.utfpr.edu.br

Ana Claudia Marchetti
Graduanda de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.
anamarchetti@alunos.utfpr.edu.br

Amanda Dalla Rosa Johann
Professora, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.
amandajohann@professores.utfpr.edu.br

RESUMO: A desigualdade de gênero nas áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM) ainda representa um desafio para o meio acadêmico e para a sociedade, resultante de fatores históricos e socioculturais que limitaram a presença feminina nesses campos. A baixa participação de mulheres em STEM está associada à falta de incentivo familiar, escolar e social, além de preconceitos e estereótipos de gênero. Promover a equidade e ampliar a representatividade feminina nas engenharias é fundamental para o desenvolvimento científico e tecnológico pautado na diversidade e inclusão, já que equipes diversas impulsionam avanços mais abrangentes. Nesse contexto, o projeto de extensão Elas - Mulheres na Engenharia, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), busca incentivar a participação feminina nas engenharias, contribuindo para o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 5 (ODS 5) da Agenda 2030 da ONU. O projeto realiza capacitação teórica e prática, produção de conteúdo educativo, entrevistas e palestras com engenheiras, participação em eventos e visitas de estudantes do ensino médio à UTFPR. Nessas visitas, ocorrem oficinas, apresentação de laboratórios e informações sobre os cursos. Destaca-se a oficina de Geologia de Engenharia, que aborda minerais, rochas, solos, granulometria e permeabilidade, despertando interesse pela geotecnia. Assim, o projeto fortalece a inclusão e incentiva a escolha da engenharia como profissão.

PALAVRAS-CHAVE: Educação; Extensão; Geologia de Engenharia; Equidade; Inclusão.

ABSTRACT: Gender inequality in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) remains a significant challenge in academia and society, rooted in historical and sociocultural factors that have limited women's participation in these fields. The underrepresentation of women in STEM is often associated with a lack of family, school, and social encouragement, as well as persistent gender stereotypes. Promoting gender equity and increasing female representation in engineering are essential for scientific and technological development grounded in diversity and inclusion, since diverse teams foster broader and more innovative advances. In this context, the extension project Elas - Mulheres na Engenharia, developed at Universidade

Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), aims to encourage women's participation in engineering, contributing to the achievement of Sustainable Development Goal 5 (SDG 5) of the United Nations 2030 Agenda, which promotes gender equality and the empowerment of all women and girls. The project's actions include theoretical and practical training, educational content production, interviews and lectures with women engineers, participation in academic events, and campus visits for high school students. Activities such as the Engineering Geology workshop introduce minerals, rocks, soils, granulometry, and permeability, fostering interest in geotechnics. The project strengthens inclusion and encourages engineering as a career choice.

KEYWORDS: Education; Extension; Engineering Geology; Equity; Inclusion.

1 INTRODUÇÃO

Entre 2010 e 2023, o ensino superior brasileiro apresentou crescimento expressivo no número total de matrículas, com aumento de aproximadamente 56% (Almeida, 2025). Nas áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM), o crescimento foi ainda mais acentuado, alcançando cerca de 68% no mesmo período (Almeida, 2025). Apesar da expansão das matrículas, a desigualdade de gênero nas áreas de STEM permanece expressiva. Em 2023, as mulheres corresponderam a apenas 24,7% das matrículas nesses cursos, enquanto áreas associadas aos cuidados e ao bem-estar apresentaram predominância feminina, com cerca de 74% de participação (Almeida, 2025).

Esta disparidade não constitui um fenômeno isolado do contexto brasileiro, mas integra um cenário global de sub-representação feminina nas áreas científicas e tecnológicas. Dados da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) indicam que as mulheres representam aproximadamente 35% dos graduados nas áreas de STEM em âmbito mundial, além de corresponderem a cerca de 28% dos pesquisadores no mundo (Unesco, 2025; Souza e Loguercio, 2021). Tal panorama evidencia que, mesmo diante de avanços educacionais, a participação feminina ainda se mantém desigual em setores estratégicos para o desenvolvimento econômico e tecnológico.

Este cenário evidencia a presença de barreiras socioculturais e estereótipos de gênero que limitam o acesso, a permanência e a representatividade das mulheres nas áreas STEM. Segundo Loch, Torres e Costa (2021), a sub-representação feminina nas áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática tem sido explicada a partir de duas perspectivas principais. A primeira atribui essa desigualdade a supostas diferenças biológicas, cognitivas ou comportamentais entre homens e mulheres, frequentemente associadas a estereótipos de gênero. A segunda compreende a baixa participação feminina como resultado de fatores estruturais e institucionais, relacionados às condições sociais e organizacionais e à dificuldade de conciliação entre vida acadêmica, profissional e familiar (Hayashi *et al*., 2007), que limitam o acesso e a permanência das mulheres nestas áreas.

No ambiente universitário, essa desigualdade manifesta-se também por meio do isolamento acadêmico e profissional, especialmente em cursos onde as mulheres constituem minoria. A inserção em redes predominantemente masculinas, a ausência de redes de apoio horizontais entre mulheres e a escassez de mentoras em posições hierárquicas superiores configuram fatores que impactam diretamente suas trajetórias formativas e profissionais (Carvalho e Freitas, 2022). Ademais, a divisão sexual do trabalho impõe desafios adicionais às mulheres, especialmente no que se refere à conciliação entre carreira e responsabilidades familiares, produzindo desvantagens cumulativas ao longo de suas trajetórias (Carvalho e Freitas, 2022).

No Brasil, tais desigualdades possuem raízes históricas. Desde o final do século XIX, a formação em engenharia esteve associada a concepções militares de educação, à exigência de força física e à predominância masculina nas escolas politécnicas, consolidando simbolicamente a engenharia como um espaço profissional destinado aos homens (Klanoviczs e Oliveira, 2021). Mesmo na contemporaneidade, observa-se distribuição desigual da participação feminina entre diferentes cursos de engenharia, com percentuais reduzidos em áreas como mecatrônica e telecomunicações e maior presença em engenharias tradicionalmente associadas a áreas químicas e biológicas (Loch, Torres e Costa, 2021).

A invisibilidade histórica das contribuições femininas à ciência e à tecnologia reforça estereótipos que desestimulam meninas e jovens mulheres desde os primeiros anos de escolarização, etapa considerada fundamental para a construção de expectativas profissionais (Xu *et al.*, 2025). Neste sentido, a ampliação da participação feminina nas engenharias depende não apenas de políticas institucionais, mas também de estratégias de incentivo, visibilidade e fortalecimento de redes de apoio.

Neste contexto, a promoção da equidade de gênero e a ampliação da representatividade feminina nas engenharias constituem elementos centrais para o fortalecimento do desenvolvimento científico e tecnológico. Diversos estudos apontam que ambientes acadêmicos e profissionais mais diversos tendem a produzir soluções mais inovadoras, criativas e socialmente responsivas, uma vez que incorporam diferentes perspectivas, experiências e formas de pensar (Page, 2007; Unesco, 2017). No campo das engenharias, historicamente marcado pela predominância masculina, a sub-representação feminina não apenas reflete desigualdades estruturais, mas também limita o potencial de avanço científico ao restringir a pluralidade de olhares na formulação de problemas e no desenvolvimento de tecnologias (Schiebinger, 2014). Neste sentido, promover a equidade de gênero não se trata apenas de uma questão de justiça social, mas de uma estratégia fundamental para ampliar a qualidade, a inovação e o impacto social da produção científica e tecnológica.

Tornam-se, assim, fundamentais iniciativas que promovam a equidade de gênero e ampliem a participação feminina nas engenharias, em conjunto com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 5 (ODS 5) da Agenda 2030 da ONU, que visa alcançar a igualdade de gênero e o empoderamento de todas as mulheres e meninas (Onu, 2015).

No âmbito das instituições de ensino superior, as diretrizes relacionadas à promoção da equidade de gênero e ao cumprimento do ODS 5 demandam ações concretas que ultrapassem o campo discursivo e se materializem em práticas institucionais permanentes. A universidade, enquanto espaço formativo, científico e socialmente referenciado, desempenha papel estratégico na promoção da equidade de gênero, uma vez que influencia diretamente a construção de identidades profissionais e a consolidação de trajetórias acadêmicas. Neste contexto, torna-se essencial o desenvolvimento de iniciativas que promovam a visibilidade de mulheres nas engenharias, fortaleçam redes de apoio e ampliem o sentimento de pertencimento das estudantes. Além disso, ações que articulem ensino, pesquisa e extensão contribuem para a construção de ambientes mais inclusivos, capazes de enfrentar desigualdades estruturais de maneira sistêmica. Assim, a implementação de projetos institucionais voltados à valorização da diversidade configura-se como estratégia fundamental para promover transformações culturais duradouras no espaço acadêmico.

Dentre os diversos tipos de projetos institucionais existentes, as ações extensionistas tornam-se particularmente relevantes, pois possibilitam a articulação entre universidade e sociedade na construção de espaços de diálogo, visibilidade e valorização de trajetórias femininas na engenharia. Ao promover a troca de saberes entre comunidade interna e externa, tais iniciativas contribuem não apenas para o incentivo à permanência de mulheres nos cursos de STEM, mas também para a transformação cultural necessária à superação de desigualdades historicamente consolidadas.

É neste contexto que se insere o projeto de extensão “Elas - Mulheres na Engenharia”, desenvolvido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). A iniciativa propõe a criação de um ambiente colaborativo de troca de saberes entre a comunidade interna e externa à universidade, promovendo o compartilhamento de trajetórias profissionais, o desenvolvimento de projetos em parceria e a valorização de produções científicas lideradas por mulheres. Fundamentado nos princípios de Diversidade, Inclusão e Equidade, o projeto busca ampliar a representatividade feminina, fortalecer o sentimento de pertencimento e criar condições mais justas de acesso e permanência nas áreas de STEM. Dessa forma, contribui para o enfrentamento das desigualdades de gênero tanto no espaço acadêmico quanto no mercado de trabalho, ao mesmo tempo em que incentiva estudantes do ensino médio e da graduação a reconhecer e superar as barreiras historicamente construídas nesses campos.

2 METODOLOGIA

A metodologia adotada pelo projeto baseia-se em ações educativas presenciais e digitais, com foco na aproximação de estudantes do ensino médio às áreas da engenharia. As atividades são estruturadas de modo

a promover experiências práticas, contato direto com o ambiente universitário e a divulgação de referências femininas na área, buscando contribuir para a redução das desigualdades de gênero nas áreas de STEM.

As ações presenciais consistem, principalmente, na recepção de estudantes do ensino médio em visitas guiadas à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Durante estas visitas, os participantes têm a oportunidade de conhecer a instituição, os cursos de engenharia ofertados e diferentes laboratórios das engenharias, aproximando-os da realidade acadêmica e profissional. As visitas são planejadas para estimular o interesse científico e possibilitar a compreensão da aplicação prática dos cursos de engenharia, conforme ilustrado na Figura 1.



Figura 1. Registros das visitas de estudantes do ensino médio à UTFPR, realizadas no âmbito do projeto de extensão. (A) Visita do Colégio Aparecida às dependências da universidade; (B) Estudantes do Colégio Aparecida no Laboratório de Operações Unitárias; (C) Visita do Colégio Protásio de Carvalho ao Laboratório de Saneamento; (D) Visita do Colégio Bini ao Laboratório de Reologia e Fluidos Não Newtonianos; (E) Visita do Colégio Protásio de Carvalho à biblioteca da UTFPR.

No âmbito das visitas, destaca-se a realização da oficina de Geologia, apresentada na Figura 2, concebida como a principal atividade prática do projeto. As oficinas abordam conceitos fundamentais relacionados a minerais, rochas e solos, com ênfase em propriedades físicas relevantes, como granulometria e permeabilidade. Durante a atividade prática, os estudantes podem manusear amostras e participar de atividades demonstrativas, favorecendo a compreensão inicial do comportamento dos solos e de sua importância em obras de engenharia. Esta abordagem prática busca despertar o interesse pela área de geotecnia e evidenciar a relevância dos conhecimentos geológicos e geotécnicos em áreas como a engenharia civil e ambiental.



Figura 2. Atividades desenvolvidas nas oficinas de Geologia durante as visitas de estudantes do ensino médio à UTFPR. (A) Explicação do conceito de permeabilidade do solo para estudantes do Colégio Protásio de Carvalho; (B) Material didático utilizado na demonstração dos horizontes do solo para o Colégio Bini; (C) Preparação e explicação do conceito de granulometria para estudantes do Colégio Aparecida; (D) Observação de amostras de minerais em microscópios pelos estudantes do Colégio Aparecida.

Paralelamente às atividades presenciais, o projeto desenvolve ações contínuas de divulgação científica e institucional por meio das redes sociais, especialmente no Instagram. As redes sociais constituem uma importante ferramenta de comunicação com a comunidade externa, permitindo ampliar a visibilidade das atividades desenvolvidas pelo projeto e fortalecer o debate sobre a participação feminina nas áreas de STEM. Além de divulgar as ações realizadas, esses canais possibilitam a disseminação de informações científicas em linguagem acessível, favorecendo a aproximação entre a universidade e a sociedade.

A produção dos conteúdos digitais é realizada pela equipe do projeto, envolvendo o planejamento das publicações, a elaboração dos materiais gráficos e a adaptação das informações para uma linguagem acessível ao público-alvo. As postagens são organizadas de acordo com temas previamente definidos, contemplando conteúdos educativos, institucionais e de divulgação científica.

Na plataforma, são compartilhados conteúdos relacionados à atuação de mulheres na engenharia e na geotecnia, incluindo a divulgação de engenheiras da área, relatos de egressas, datas comemorativas relevantes e informações sobre eventos e iniciativas voltadas à equidade de gênero. Também são publicados materiais educativos, dicas acadêmicas e profissionais e registros das atividades desenvolvidas pelo projeto, contribuindo para a ampliação do alcance das ações e para a construção de uma rede de inspiração e apoio para jovens interessadas em seguir carreiras nas engenharias. Alguns exemplos destas postagens podem ser observados na Figura 3, que ilustra parte dos conteúdos produzidos e divulgados pelo projeto nas redes sociais.



Figura 3. Ações de divulgação científica e institucional desenvolvidas pelo projeto nas redes sociais. (A) Publicação em homenagem ao Dia da Engenheira; (B) Postagem educativa sobre a trajetória e os feitos de Enedina Alves Marques; (C) Linha do tempo com os principais eventos e atividades desenvolvidos pelo projeto nos meses de setembro e outubro de 2025; (D) Publicação com sugestões de aplicativos acadêmicos para organização e apoio às atividades universitárias

Além disso, a equipe do projeto participa de eventos institucionais e acadêmicos, como os apresentados na Figura 4, nos quais são apresentados os objetivos, as atividades desenvolvidas e os impactos da iniciativa. A participação nos mais diferentes tipos de eventos possibilita o diálogo com diferentes públicos, fortalece a visibilidade do projeto e contribui para a valorização da diversidade e da presença feminina nas áreas da engenharia.



Figura 4. Participação da equipe do projeto em eventos institucionais e acadêmicos da UTFPR. (A) Divulgação do projeto durante a Semana de Recepção de Calouros; (B) Participação da equipe no VIII Simpósio de Graduação e Pós-Graduação do Departamento Acadêmico de Química e Biologia; (C) Participação no Simpósio Tecnológico de Engenharia Civil.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As ações desenvolvidas pelo projeto possibilitam a aproximação efetiva de estudantes do ensino médio com o ambiente universitário e com as áreas de STEM. Ao longo de 2025, foram realizadas cinco visitas de estudantes do ensino médio à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, totalizando a participação de mais de 150 estudantes, sendo parte destas atividades desenvolvidas em parceria com outros projetos de extensão. As visitas realizadas à UTFPR favoreceram o contato direto dos participantes com laboratórios, cursos e atividades práticas, contribuindo para uma melhor compreensão da aplicação dos conteúdos científicos e tecnológicos no contexto da engenharia.

As oficinas de Geologia destacaram-se como a atividade de maior engajamento entre os estudantes. As abordagens práticas envolvendo minerais, rochas e solos, associadas à explicação de conceitos como

granulometria e permeabilidade, facilitaram a compreensão inicial do comportamento dos solos e de sua relevância em obras de engenharia. Observou-se que a possibilidade de manuseio de amostras e a participação em demonstrações experimentais despertaram maior interesse dos alunos, promovendo questionamentos e interações com as atividades propostas.

As ações de divulgação realizadas nas redes sociais ampliaram o alcance do projeto para além das atividades presenciais. Em dezembro de 2025, o perfil do projeto no Instagram apresentou crescimento de 31 novos seguidores, alcançando um total de 1.274, além de registrar 503 interações, 7.177 contas alcançadas (113% a mais em relação ao mês anterior) e 19.366 visualizações nas publicações. Observou-se maior engajamento em conteúdos que abordaram trajetórias de engenheiras, relatos de egressas, dicas acadêmicas e profissionais e entrevistas com mulheres atuantes na engenharia, o que indica que conteúdos baseados em experiências reais e representatividade feminina tendem a gerar maior engajamento e identificação do público, reforçando o papel das redes sociais como ferramenta estratégica do projeto.

Além disso, ao longo de 2025, a atuação do projeto em sete eventos institucionais e acadêmicos possibilitou a divulgação dos objetivos, das ações desenvolvidas e dos impactos alcançados junto a diferentes públicos. Destaca-se também a elaboração de um resumo expandido para o XV Seminário de Extensão e Inovação da UTFPR, que contribuiu para o registro e para a divulgação das experiências e dos principais resultados obtidos. De forma integrada, essas ações ampliaram a visibilidade do projeto, favoreceram a entrada de novos participantes e fortaleceram o debate sobre diversidade e equidade de gênero nas engenharias.

De modo geral, os resultados evidenciam que a combinação entre atividades práticas em geotecnia, visitas às dependências e laboratórios da UTFPR, ações de divulgação em redes sociais e participação em eventos institucionais potencializa o alcance e a efetividade das iniciativas do projeto voltadas à equidade de gênero nas áreas de STEM. A ênfase em oficinas experimentais, como a de Geologia, mostrou-se especialmente relevante ao proporcionar uma aproximação concreta com conceitos fundamentais da mecânica dos solos, contribuindo para o interesse e a compreensão inicial dos estudantes sobre a área. Os resultados demonstram, ainda, a importância de estratégias educacionais e institucionais para a redução de barreiras socioculturais e para a ampliação da participação feminina nas engenharias.

4 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do projeto permitiu constatar que ações extensionistas articuladas, que combinam atividades práticas, aproximação com o ambiente universitário, divulgação científica em redes sociais e participação em eventos institucionais, constituem uma estratégia eficaz para estimular o interesse de estudantes do ensino médio pelas áreas de STEM. A vivência direta nos laboratórios e a realização de oficinas experimentais favoreceram a compreensão inicial de conceitos técnicos e contribuíram para tornar a engenharia mais acessível e concreta aos participantes.

As oficinas de Geologia mostraram-se particularmente relevantes ao promover o contato direto com minerais, rochas e solos, possibilitando uma abordagem introdutória de temas fundamentais da mecânica dos solos. Esta metodologia prática demonstrou potencial para despertar o interesse dos estudantes e ampliar a percepção sobre a aplicação dos conhecimentos geológicos e geotécnicos em diferentes áreas da engenharia.

Além disso, a atuação contínua do projeto nas redes sociais e em eventos acadêmicos reforçou seu papel como espaço de divulgação científica, representatividade e incentivo à equidade de gênero. A valorização de trajetórias femininas e a construção de uma rede de apoio e inspiração evidenciam a importância de iniciativas que enfrentam desigualdades históricas e socioculturais presentes nas engenharias.

Dessa forma, os resultados obtidos indicam que projetos de extensão com enfoque educativo, inclusivo e prático contribuem não apenas para a divulgação das áreas de STEM, mas também para o fortalecimento de uma formação mais diversa e representativa. A continuidade e ampliação dessas ações podem potencializar seus impactos, alcançando um número ainda maior de estudantes e consolidando estratégias voltadas à permanência e ao protagonismo feminino nas engenharias.

Como perspectiva para o aprimoramento das ações, destaca-se a importância da implementação, em etapas futuras do projeto, de instrumentos sistematizados de avaliação, como questionários ou formulários de feedback aplicados aos estudantes participantes. Esta estratégia poderá fornecer subsídios mais consistentes

para a análise da efetividade das atividades desenvolvidas, considerando a percepção, o interesse e o impacto das ações sob o ponto de vista do público atendido. Também se sugere a ampliação do conjunto de atividades práticas oferecidas, a exemplo da oficina de Geologia, incorporando novas abordagens experimentais que favoreçam o engajamento, a curiosidade e o interesse dos participantes pelas áreas de STEM.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à UTFPR pelo apoio institucional e às professoras Adriane Martins de Freitas, Karina Passig, Luciene Wiczick, Lucila Adriani Coral e Roberta Rizzo, que gentilmente abriram seus laboratórios e tornaram possível a realização das atividades do projeto junto à comunidade acadêmica e externa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, M. E. (2025) Percursos singulares: *Trajetórias ocupacionais de mulheres nas áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM) no Brasil*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Demografia, Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Faculdade de Ciências Econômicas / UFMG, 190 f.

Carvalho, M.E.P., Freitas, M.J.T. (2022) Alunas Egressas de Engenharia Mecânica: Uma Abordagem Exploratória. *Caderno de Pesquisas*, v.52, p. 1-16.

Hayashi, M.C.P.I., Cabrero, R.D.C., Costa, M.D.P.R.D, Hayashi, C.R.M. (2007) Indicadores da participação feminina em Ciência e Tecnologia. *Transinformação*, v.19, n.2, p.169-187.

Klanoviczs, L.R.F., Oliveira, V.A.M. (2021) Permanecer ou desistir? Mulheres na graduação em engenharia e tecnologias na UTFPR/Guarapuava, Brasil. *Avaliação*, v.26, n.1, p.137-156.

Loch, R.M.B., Torres, K.B.V., Costa, C.R. (2021) Mulher, esposa e mãe na ciência e tecnologia. *Revista Estudos Feministas*, v.29, n.1, e-61470, p. 1-11.

Organização das Nações Unidas (2015) *Os objetivos de desenvolvimento sustentável no Brasil: Igualdade de gênero*. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/5. Acesso em: 05 fev. 2026.

Page, S.E. (2007) *The Difference: How the Power of Diversity Creates Better Groups, Firms, Schools, and Societies*. Princeton: Princeton University Press.

Schiebinger, L. (2014) *Gendered Innovations in Science & Engineering*. Stanford University Press.

Souza, J.B., Loguercio, R.Q. (2021) Fome de quê? A [in]visibilidade de meninas e mulheres interditadas de atuarem na Educação das áreas exatas. *Ciência & Educação*, v.27, e-21069.

Unesco (2017) *Cracking the Code: Girls' and Women's Education in STEM*, UNESCO, Paris, France, 83 p.

Unesco (2025) *Girls' and women's education in science, technology, engineering and mathematics (STEM)*. Disponível em: https://www.unesco.org/en/gender-equality/education/stem. Acesso em: 05 fev. 2026.

Xu, L., Driel, J.V., Hobbes, L., Millar, V., Kewalramani, S., Richards, G., Aranda, G. (2025) A Conceptual Framework for Fostering Gender Equity in Early Years STEM Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*.

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/24

O Impacto da Aprendizagem Prática no Desempenho e Engajamento dos Estudantes da Escola Politécnica de Pernambuco

José Gustavo Wanderley Júnior
Graduando em Engenharia Civil, Poli/UPE, Olinda-PE, Brasil, gustavowanderley13@gmail.com

Pedro Eugenio Silva de Oliveira
Doutor em Engenharia Civil e Docente, Poli/UPE, Olinda-PE, Brasil, pedro.oliveira@poli.br

Andrea Batista de Farias Dias
Doutora em Engenharia Civil e Docente, Poli/UPE, Recife-PE, Brasil, abfd1@poli.br

Vinicius Dias Ferreira
Graduado em Engenharia Civil, Poli/UPE, Recife-PE, Brasil, vdf@poli.br

Luanna Victoria de Souza Ribeiro
Graduanda em Engenharia Civil, Poli/UPE, Olinda-PE, Brasil, luannavic10@gmail.com

RESUMO: Este estudo avalia o impacto do ensino prático na formação em engenharia geotécnica a partir de experiências implementadas na Poli/UPE. Parte-se da hipótese de que metodologias ativas integradas a atividades experimentais e competitivas favorecem a aproximação entre o conhecimento teórico e a prática profissional. O escopo do trabalho contempla um conjunto de iniciativas institucionais, incluindo o projeto "Arena Poli" e a formação de equipes para competições como estratégias de aprendizagem ativa no ensino de geotecnia. Entre as atividades desenvolvidas pelo grupo de competição, destaca-se a participação na competição "Passa ou Recalca", realizada durante o 7º Simpósio de Geotecnia do Nordeste (GeoNE), em 2025. A investigação emprega uma abordagem qualitativa e quantitativa para examinar os efeitos sobre o engajamento discente, a assimilação de conceitos experimentais e a articulação com o contexto profissional. Os resultados indicam aumento da participação estudantil, maior integração entre teoria e prática e fortalecimento dos vínculos com a prática profissional. Conclui-se que a incorporação sistemática de metodologias ativas associadas a práticas experimentais e atividades competitivas apresenta elevado potencial para o aprimoramento da formação em engenharia geotécnica no contexto brasileiro, oferecendo subsídios para sua adoção em contextos educacionais similares.

PALAVRAS-CHAVE: Jogos acadêmicos, Projetos, Metodologia ativa.

ABSTRACT: This study evaluates the impact of practical teaching on geotechnical engineering education based on experiences implemented at Poli/UPE. It is assumed that active learning methodologies integrated with experimental and competitive activities contribute to bridging the gap between theoretical knowledge and professional practice. The scope of the study includes a set of institutional initiatives, such as the "Arena Poli" project and the formation of student competition teams as active learning strategies in geotechnical education. Among the activities developed by the competition group, particular emphasis is given to participation in the "Passa ou Recalca" competition, held during the 7º Simpósio de Geotecnia do Nordeste (GeoNE), in 2025. The research adopts both qualitative and quantitative approaches to examine the effects on student engagement, the assimilation of experimental concepts, and the articulation with professional practice. The results indicate increased student participation, stronger integration between theory and practice, and strengthened connections with professional practice. The findings indicate that the systematic incorporation of active learning methodologies associated with experimental practices and competitive activities presents significant potential for improving geotechnical engineering education in the Brazilian context, providing support for their adoption in similar educational settings.

KEYWORDS: Academic competitions, Projects, Active learning methodologies.

1 INTRODUÇÃO

A engenharia possui um importante papel na sociedade, sendo peça-chave para a solução de grandes desafios sociais, ambientais e econômicos em escala global, ao aplicar conhecimentos técnicos e científicos no planejamento e na implementação de soluções que promovem o desenvolvimento sustentável, a segurança das infraestruturas e a melhoria da qualidade de vida da população, conforme discutido pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, 2022). Porém, a formação desse profissional tem sido objeto de debate no século XXI, sendo esse tema discutido no *3rd Workshop on Global Engineering Education* (GEE'3), realizado em outubro do ano 2000 na Alemanha, que reuniu educadores de 25 países para discutir os desafios da educação em engenharia frente às crescentes demandas globais contemporâneas (WEICHERT *et al*., 2001).

No cenário do Brasil, os indicadores de evasão nas engenharias mostram-se preocupantes, atingindo cerca de 65,2% na rede pública e 43,4% na rede privada, conforme dados do Sindicato das Entidades Mantenedoras de Estabelecimentos de Ensino Superior (SEMESP, 2025). Esse cenário pode resultar em um déficit estimado de até um milhão de engenheiros até o ano de 2030, comprometendo a execução de obras estruturantes e o desenvolvimento do país, conforme estimativa apresentada pelo Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA *apud* NASCIMENTO, 2025). Tais indicadores decorrem de um conjunto de fatores complexos, entre os quais se destaca a insuficiente articulação entre a formação acadêmica e as demandas do mercado de trabalho, segundo a Federação Nacional dos Engenheiros (FNE, 2025).

Diante desse panorama, a adoção de estratégias inovadoras que complementem o ensino tradicional torna-se essencial. Nesse sentido, o ensino prático ganha destaque ao proporcionar ambientes de aprendizagem mais atrativos, capazes de estimular o engajamento discente e o desenvolvimento de competências técnicas alinhadas à fundamentação teórica (TANG, 2022). Em particular, a engenharia geotécnica apresenta forte adesão a essa abordagem, dada sua natureza essencialmente empírica, na qual a compreensão plena dos fenômenos ocorre, em grande medida, a partir da observação e da análise dos resultados da aplicação prática de suas teorias (BARRON, 2022).

A eficácia das metodologias de aprendizagem ativa tem sido amplamente debatida na literatura, sendo, contudo, consistentemente comprovada por estudos comparativos que evidenciam avanços significativos tanto na compreensão teórica quanto no desenvolvimento de habilidades práticas dos estudantes (GARCÍA-RAMÍREZ, 2025). Apesar desses resultados positivos, a adoção dessas metodologias no ensino superior ainda enfrenta diversos desafios, sobretudo em razão do desconhecimento de sua efetividade pedagógica e da resistência à ruptura com modelos tradicionais de ensino (FELDER, 2009).

Nesse contexto, o presente estudo propõe-se a analisar a implementação de metodologias ativas de ensino no âmbito da engenharia geotécnica, adotando o *Project-Based Learning* (PjBL) ou Aprendizado Baseado em Projetos (ABPj), como metodologia central da investigação. Trata-se de uma abordagem pedagógica na qual a aprendizagem se organiza por meio do desenvolvimento de projetos orientados por problemas ou questões centrais, nos quais os estudantes constroem ativamente o conhecimento ao investigar a situação proposta e elaboram um produto final que sintetiza o processo investigativo realizado (KRAJCIK; BLUMENFELD, 2006). A análise abrange iniciativas institucionais desenvolvidas na Poli/UPE, incluindo o projeto "Arena Poli" e a formação de equipes de competições acadêmicas orientadas à aprendizagem experimental, compreendidas como estratégias formativas no processo de formação do engenheiro geotécnico. O foco do estudo recai sobre a análise dessa abordagem pedagógica como estratégia complementar ao ensino tradicional, considerando sua aplicação no contexto acadêmico e sua articulação com a formação profissional.

2 METODOLOGIA

2.1 Caracterização do estudo

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, com caráter exploratório-descritivo, realizada no âmbito do ensino superior em Engenharia Civil. Tem como objetivo compreender, descrever e analisar os

efeitos das atividades práticas sobre o desempenho acadêmico, o engajamento e a formação profissional dos estudantes.

Adota-se uma abordagem predominantemente qualitativa, com apoio de indicadores quantitativos. Na vertente quantitativa, a pesquisa busca mensurar variações em indicadores de produção acadêmica e de participação discente, considerando aspectos como o volume de trabalhos desenvolvidos e a participação em eventos acadêmicos, bem como a inserção profissional dos estudantes. A vertente qualitativa, por sua vez, concentra-se na compreensão aprofundada dos efeitos das atividades práticas sobre a aprendizagem dos estudantes. Busca-se analisar a qualidade do desenvolvimento de competências técnicas e profissionais, a capacidade de aplicação prática dos conhecimentos, o engajamento crítico em projetos e atividades, bem como a percepção dos discentes sobre sua própria formação e crescimento acadêmico.

2.2 Contexto e participantes

O estudo foi realizado na Poli/UPE, no curso de Engenharia Civil, entre setembro e outubro de 2025, com foco em duas frentes de intervenção baseadas em metodologias ativas: o desenvolvimento do projeto competitivo Arena Poli e a formação de uma equipe de competições acadêmicas. As atividades foram desenvolvidas em contextos curriculares e extracurriculares, com acompanhamento de docentes responsáveis.

A caracterização do grupo participante compreendeu estudantes de graduação em fase avançada do curso de Engenharia Civil, a partir do oitavo período. Os discentes atuaram de forma ativa nas atividades propostas, sob orientação direta de professores responsáveis, que exerceram papel de supervisão técnica e pedagógica ao longo de todo o processo.

No que se refere às limitações do estudo, reconhece-se que a seleção dos participantes não ocorreu de forma aleatória. Além disso, o caráter localizado da investigação pode restringir a generalização dos achados para outros contextos regionais. Ainda assim, a natureza aplicada das intervenções e o acompanhamento direto das atividades permitem uma análise consistente dos efeitos das metodologias adotadas sobre o engajamento discente e sobre os desdobramentos acadêmicos associados às práticas experimentais e competitivas.

2.3 Implementação das atividades práticas

As atividades práticas analisadas neste estudo foram implementadas de forma planejada e complementar, com o objetivo de integrar os conteúdos teóricos da engenharia geotécnica à aplicação prática, ao desenvolvimento de competências técnicas e ao estímulo ao engajamento acadêmico e profissional dos estudantes. A implementação ocorreu por meio de duas frentes complementares, baseadas na mesma estratégia pedagógica, fundamentadas na lógica de projetos competitivos e alinhadas à metodologia ativa de ensino adotada.

Essas frentes compreendem o desenvolvimento do projeto competitivo Arena Poli e a formação e preparação de uma equipe de competições acadêmicas. Na sequência, são descritos os procedimentos metodológicos adotados em cada intervenção, com ênfase na sua estrutura organizacional, nos critérios de participação e nas diretrizes de implementação.

2.3.1 Projeto Arena Poli

O Projeto Arena Poli consistiu em uma atividade experimental de caráter competitivo, elaborada pela direção da Poli/UPE, desenvolvida no âmbito de diferentes disciplinas do curso de Engenharia Civil, envolvendo turmas dos turnos diurno e noturno da Poli/UPE. Entre as atividades propostas, destacou-se a simulação, em modelo físico reduzido, do comportamento de estacas do tipo torpedo submetidas a esforços de arrancamento. Essa proposta metodológica teve como objetivo promover a aplicação prática de conceitos teóricos relacionados à interação solo–estrutura.

O arranjo experimental foi constituído por uma caixa rígida de geometria cúbica, com dimensões internas de 30 × 30 × 30 cm, preenchida com areia grossa até a altura de 25 cm, mantendo-se uma camada livre de 5 cm na parte superior. Para assegurar condições iniciais equivalentes entre as equipes, foram disponibilizados três sacos de areia grossa, com massa individual de 20 kg, os quais foram utilizados no

preenchimento e compactação. Como elemento estrutural empregou-se uma estaca do tipo torpedo, produzida por impressão 3D, com comprimento total de 11 cm, diâmetro externo de 3,5 cm e diâmetro da base de 1,0 cm, ilustrada na Figura 1.

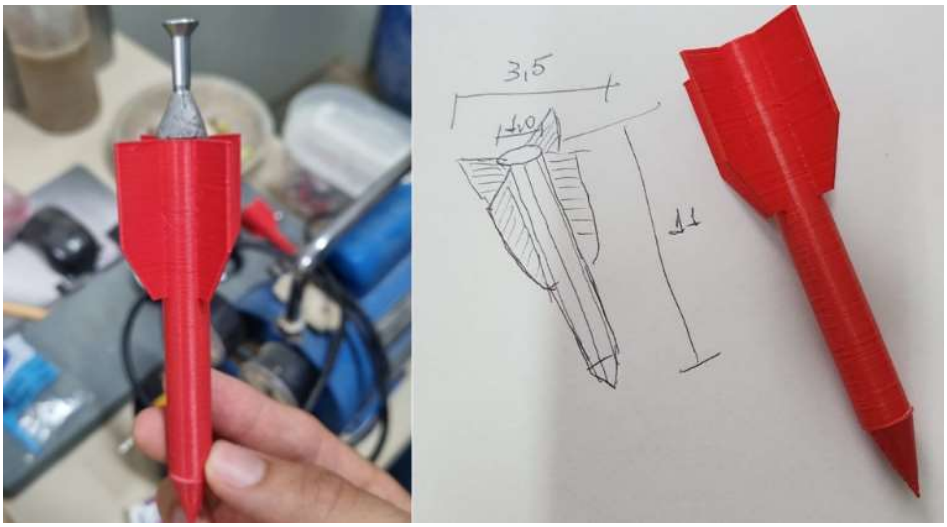


Figura 1. Miniatura de estaca torpedo. Fonte: Autores (2025).

Ao longo do desenvolvimento do Arena Poli, o método experimental foi aperfeiçoado de forma iterativa, com forte participação discente, sob acompanhamento dos professores envolvidos. Foram testadas diferentes configurações de aplicação de carga e instrumentos de medição, incluindo balança mecânica com ponteiro e balança digital de mão, sendo realizadas calibrações comparativas que conduziram à adoção de um esquema de tração axial direta, sem o uso de roldanas, a fim de evitar perdas por atrito e variações associadas à mudança de direção da força aplicada, permitindo uma medição mais direta e didaticamente compreensível da força de arrancamento. A escolha da balança digital decorreu de sua melhor legibilidade e repetibilidade, sendo a transferência de esforços assegurada por um sistema simples de ligação, no qual um arame metálico foi conectado à balança por meio de uma argola e fixado à estaca por um parafuso incorporado ao modelo e reforçado com massa epóxi. Além disso, implementou-se a transmissão em tempo real da leitura da balança para uma televisão por meio da câmera de um telefone celular. Tanto a transmissão quanto os alunos organizadores da atividade são apresentados na Figura 2, por meio da câmera de um telefone celular, medida que ampliou a transparência da competição e favoreceu o engajamento coletivo na observação dos resultados.



Figura 2. Transmissão do resultado na disputa e alunos organizadores. Fonte: Autores (2025).

Inicialmente, a estaca foi posicionada no interior da caixa, sendo sua inclinação definida livremente por cada equipe competidora, de acordo com a estratégia para maximizar a resistência ao arrancamento. Na

sequência, o preenchimento da caixa com areia grossa foi realizado de forma gradual pelas equipes, as quais procederam à adição do material em camadas sucessivas, intercaladas por etapas de compactação manual. A compactação foi executada mediante a aplicação de golpes com um martelo quadrado de madeira, sendo a intensidade, a distribuição espacial e a quantidade de energia aplicada definidas livremente por cada grupo. Esse procedimento teve por finalidade promover a compactação do solo arenoso ao redor da estaca e aumentar o grau de confinamento do elemento estrutural, reproduzindo, em escala reduzida, diferentes condições de preparação do maciço granular.

Após a etapa de compactação, foi preparado o sistema de tração para a realização do ensaio de arrancamento. O arranjo final, citado anteriormente, é representado na Figura 3, a qual apresenta o croqui e o conjunto de materiais utilizados. A balança possuía capacidade máxima de leitura de 50 kgf, equivalente a 490,3 N, valor que definiu o limite superior do ensaio.

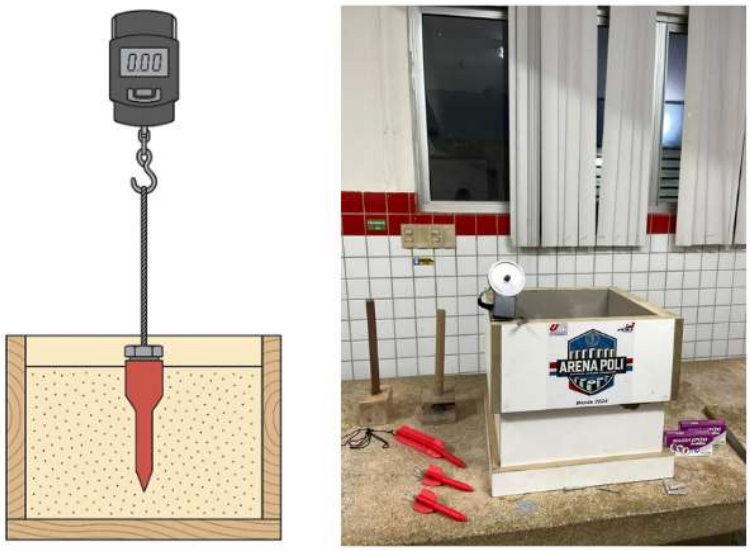


Figura 3. Arranjo e materiais do sistema. Fonte: Autores (2025).

O ensaio de arrancamento consistiu na aplicação gradual de tração vertical à estaca, realizada manualmente por meio da balança digital, até a ocorrência do rompimento do solo compactado em torno do elemento estrutural. O valor máximo indicado pela balança durante o ensaio foi registrado como a força de arrancamento da estaca, expressa em quilograma-força (kgf), a qual definiu a equipe vitoriosa. No conjunto dos ensaios realizados, o maior valor registrado foi de 22,91 kgf, correspondente a 224,7 N, sendo todo o processo acompanhado por alunos extensionistas organizadores do projeto e professores orientadores, para garantir a coerência do experimento.

2.3.2 Formação da equipe de competições

O grupo de competição acadêmica foi constituído por doze alunos extensionistas selecionados a partir de sua atuação prévia em projetos acadêmicos sob orientação docente, com foco técnico em engenharia geotécnica, e estruturado como núcleo responsável pela representação da Poli/UPE em competições e eventos acadêmicos. A composição do grupo incluiu estudantes de graduação em estágios avançados do curso de Engenharia Civil, predominantemente a partir do oitavo período, assegurando a participação de discentes com formação teórica consolidada na área. A distribuição de gênero do grupo contemplou aproximadamente 42% de mulheres e 58% de homens.

A organização metodológica do grupo foi orientada por professores vinculados à instituição, responsáveis pela supervisão técnica das atividades desenvolvidas, pela validação dos procedimentos adotados e pelo alinhamento das ações aos objetivos acadêmicos e institucionais. A atuação dos docentes orientadores ocorreu de forma contínua, garantindo suporte técnico-científico e assegurando que as atividades do grupo

mantivessem coerência com os princípios da formação em engenharia e com as diretrizes de extensão universitária.

As atividades desenvolvidas pelo grupo de competição acadêmica foram estruturadas de modo a abranger tanto a organização e execução de competições internas quanto a preparação e participação em representações externas da instituição. Nesse contexto, os alunos extensionistas assumiram atribuições relacionadas ao planejamento das atividades, à preparação de modelos físicos e arranjos experimentais, à condução de ensaios e ao acompanhamento sistemático dos procedimentos adotados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Produção científica

Após o período de realização das competições institucionais, verificou-se um incremento no volume de produções acadêmicas vinculadas aos participantes e ao grupo de competição. Esse acréscimo materializou-se na elaboração de dois trabalhos de conclusão de curso (QUINTO, 2024; MOURA, 2024) e na publicação de um artigo (DIAS, 2025). O referido artigo foi agraciado com o Prêmio Mútua da Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE) na 53ª edição do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE), realizada em 2025, constituindo evidência externa da qualidade técnica das produções decorrentes das atividades competitivas.

A concomitância entre a implementação das competições e o aumento das produções acadêmicas sugere que tais iniciativas atuaram como catalisadoras da atividade científica dos participantes, estimulando a elaboração de trabalhos de conclusão de curso e a produção de um artigo científico posteriormente premiado em eventos científicos de abrangência nacional. É importante, entretanto, levar em consideração os fatores contextuais, como o suporte docente e o apoio institucional, que constituem elementos relevantes para o desenvolvimento das atividades e para os resultados observados. Estudos futuros com análises comparativas e períodos de observação mais amplos podem ajudar a delimitar com maior precisão a magnitude e a persistência desses efeitos.

3.2 Aproximação com o mercado profissional

As atividades experimentais e de caráter competitivo contribuíram de forma significativa para o aumento do engajamento dos estudantes em eventos técnico-científicos, além de ampliarem a interação direta com profissionais e empresas do setor de engenharia. Destaca-se, nesse contexto, a participação dos discentes na primeira edição da competição “Passa ou Recalca”, organizada pela Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (ABMS) na 7ª edição do GeoNE, em 2025, representada na Figura 4. Essa vivência favoreceu o estabelecimento de vínculos institucionais e contatos profissionais, ao mesmo tempo em que proporcionou maior aproximação dos estudantes com as práticas e dinâmicas do campo profissional da engenharia geotécnica.

Paralelamente, as iniciativas estiveram associadas à concessão de premiações e incentivos, como licenças de software, visitas técnicas e exemplares de obras especializadas. Esses elementos contribuíram para fortalecer a dimensão prática das atividades desenvolvidas e para ampliar o contato dos estudantes com ferramentas, ambientes e rotinas associadas ao exercício profissional.

Em consonância com a proposta do estudo, os resultados indicam que a integração de metodologias ativas a práticas experimentais e competitivas contribui para reduzir a distância entre a formação acadêmica e o contexto profissional, fortalecendo a articulação entre o ensino universitário e as demandas associadas ao exercício da engenharia.



Figura 4. Registro fotográfico do evento Passa ou Recalca. Fonte: Autores (2025).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo demonstrou coerência metodológica e indica que a introdução de metodologias ativas, por meio do Projeto Arena Poli e da formação do grupo de competição acadêmica, foi eficaz para aproximar a formação em engenharia geotécnica da prática profissional. As evidências incluem incremento na produção técnico-científica, com dois trabalhos de conclusão de curso (QUINTO, 2024; MOURA, 2024) e um artigo (DIAS, 2025) premiado na 53ª edição do COBENGE, além do aumento da participação discente em eventos e do estabelecimento de vínculos com o mercado profissional por meio de incentivos como licenças de software, visitas técnicas e exemplares de obras.

Entre as limitações identificadas estão a seleção intencional dos participantes por indicação docente, a realização do estudo em uma única instituição, o horizonte temporal restrito à observação imediata pós-intervenção e as restrições experimentais do ensaio em escala reduzida, da compactação manual e da instrumentação utilizada. Em face disso, recomenda-se padronizar protocolos experimentais, atualizar a instrumentação para faixas de medição mais aprimoradas, sistematizar o registro das interações com o mercado e conduzir estudos longitudinais que permitam avaliar efeitos sobre estágios, contratações e continuidade em pesquisa.

Em síntese, as intervenções avaliadas mostram potencial relevante como estratégia pedagógica para fortalecer competências técnicas e transversais em geotecnia e para aumentar a aderência da formação universitária às demandas profissionais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Poli/UPE pelo apoio institucional e pelas condições oferecidas para o desenvolvimento das atividades, bem como aos docentes envolvidos, pela disponibilidade e orientação ao longo do processo. Agradecem, ainda, ao Dr. Alexandre Duarte Gusmão pelo suporte institucional e ao engenheiro Willians Perley Alexandre da Silva pela impressão e doação das estacas torpedo utilizadas no estudo. Reconhecem também a participação dos estudantes, cujo engajamento contribuiu significativamente para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barron, J.; Barry, B.; Klosky, J. (2022) Theory to Practice: Application of Problem-based learning, Flipped-classroom, and Just-in-time-teaching in an Advanced Geotechnical Engineering Course. In: ASEE Annual Conference & Exposition, Minneapolis, MN.

Dias, V. F.; Oliveira, P. E. S. (2025) Experiência de ensino baseado em projetos para o curso de Engenharia Civil. In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - COBENGE, Campinas, SP. *Anais...* Rio de Janeiro: ABENGE, 11 p.

Federação Nacional dos Engenheiros (FNE) (2025). Engenharias sofrem com alta evasão em meio a contradições do mercado de trabalho e desvalorização profissional. Disponível em: <https://www.fne.org.br/index.php/artigos/7436-artigo-engenharias-sofrem-com-alta-evasao-em-meio-a-contradicoes-do-mercado-de-trabalho-e-desvalorizacao-profissional>. Acesso em: 18 jan. 2026.

Felder, R. M.; Brent, R. (2009) Active learning: An introduction. *ASQ Higher Education Brief*, 2 (4), p. 1-5.

García-Ramírez, Y. (2025) Enhancing civil engineering education through innovative STEM-based prototyping: a comparative study of physical models and board games in geometric road design. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12 (1), p. 1–12.

Krajcik, J. S.; Blumenfeld, P. C. (2006) Project-based learning. In: Sawyer, R. K. (Ed.). *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. New York: Cambridge University Press, p. 317–334. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816833.020>. Acesso em: 26 fev. 2026.

Moura, L. K. M. S.; Oliveira, P. E. S.; Quinto, M. V. G. S.; Assis Junior, R. W. (2024) Reprodução e análise comportamental de um radier estaqueado em modelo reduzido. In: Congresso Técnico-Científico da Engenharia e da Agronomia - CONTECC, Salvador, BA. *Anais...* Brasília: Confea, 5 p. Disponível em: <https://www.confea.org.br/midias/uploads-imce/contecc%202024/CIV/REPRODU%C3%87%C3%83O_E_AN%C3%81LISE_COMPORTAMENTAL_DE_UM_RADIER_ESTAQUEADO_EM_MODELO_REDUZIDO.pdf>. Acesso em: 3 fev. 2026.

Nascimento, S. (2025) Brasil pode ter déficit de um milhão de engenheiros e obras estruturantes ficam ameaçadas. *O Tempo*, 26 out. 2025. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/economia/2025/10/26/brasil-pode-ter-deficit-de-um-milhao-de-engenheiros-e-obras-estruturantes-ficam-ameacadas>. Acesso em: 18 jan. 2026.

Quinto, M. V. G. S.; Oliveira, P. E. S.; Moura, L. K. M. S.; Rondinone, J. M. M.; Silva, V. E. M. (2024) Metodologia ativa no ensino da engenharia de fundações. In: Congresso Técnico-Científico da Engenharia e da Agronomia - CONTECC, Salvador, BA. *Anais...* Brasília: Confea, 5 p. Disponível em: <https://www.confea.org.br/midias/uploads-imce/contecc%202024/CIV/METODOLOGIA_ATIVA_NO_ENSINO_DA_ENGENHARIA_DE_FUNDA%C3%87%C3%95ES.pdf>. Acesso em: 3 fev. 2026.

Sindicato das Entidades Mantenedoras de Estabelecimento de Ensino Superior (SEMESP) (2025) *Mapa do ensino superior no Brasil*: 15ª edição. Disponível em: <https://www.semesp.org.br/mapa/edicao-15/brasil/>. Acesso em: 18 jan. 2026.

Tang, Y. et al. (2022) Mixed Reality Game for Active Geotechnical Engineering Learning. In: Spring ASEE Middle Atlantic Section Conference, Newark, DE.

UNESCO (2022) *Engenharia para o desenvolvimento sustentável*. Brasília: UNESCO; International Center for Engineering Education (ICEE); Central Compilation and Translation Press (CCTP); Representação da UNESCO no Brasil; Caixa de Assistência dos Profissionais do CREA (Mútua), 182 p. ISBN 978-65-86603-26-2.

Weichert, D.; Rauhut, B.; Schmidt, R. (Eds.) (2001) *Educating the engineer for the 21st century: proceedings of the 3rd Workshop on Global Engineering Education*. Dordrecht: Springer.

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/25

Proposta de Atividades Escolares com Uso de Conceitos Matemáticos e Geotécnicos para Educação e Inclusão Social

Aline Dourado Oliveira
Discente de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil, dourado2@discente.ufg.br

Maisa Rezende Silva
Discente de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil, maisa_rezende@discente.ufg.br

Aliucha Barbalho
Discente de Engenharia Életrica, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil, aliuchamorais@discente.ufg.br

Marcia Maria dos Anjos Mascarenha
Docente, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil, marciamascarenha@ufg.br

Sylvia Regina Mesquita de Almeida
Docente aposentada, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil, sylvia@ufg.br

Katia Alcione Kopp
Docente, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil, kakopp@ufg.br

Andrelisa Santos de Jesus
Docente, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil, andrelisajesus@ufg.br

Camila Talon
Diretora, Colégio Estadual Nazir Safatle, Goiânia, Brasil, camilatalon@gmail.com

Vânia Barbara Alves Silva Morais
Professora, Colégio Estadual Nazir Safatle, Goiânia, Brasil, vaniabarbara1@gmail.com

Karla Emanuella Ribeiro Hora
Docente, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil, karla_hora@ufg.br

RESUMO: Estudos indicam que estudantes do sexo feminino do ensino básico frequentemente demonstram insegurança e falta de identificação em relação ao conteúdo de disciplinas das áreas de exatas, o que pode influenciar suas futuras escolhas acadêmicas e profissionais. Nesse contexto, este trabalho apresenta uma proposta de abordagem de conceitos geotécnicos a partir de conteúdos matemáticos presentes no currículo escolar. Para isso, se utilizou da experiência desenvolvida em uma escola estadual da cidade de Goiânia com um grupo de meninas do ensino médio. A metodologia consistiu na criação de um espaço de aprendizagem em que os conceitos matemáticos foram trabalhados de forma lúdica, contextualizada e aplicada a situações cotidianas, com o intuito de estimular a participação e o engajamento das discentes. Foram realizados encontros com o intuito de trabalhar os tópicos de fração e porcentagem. Para isso, foi executada uma revisão do conceito de porcentagem, elaboração de um modelo físico de solo, coleta e preparação do solo do pátio da escola, execução e apresentação da curva granulométrica do solo coletado e discussão sobre assoreamento a partir do livro "De montante a jusante: o sedimento andou bastante" (Rodrigues et al. (2024). Observou-se que a integração entre matemática e geotecnia favoreceu o interesse e o engajamento das discentes, contribuindo

tanto para o entendimento de conceitos abstratos quanto para a reflexão ambiental e social mediante a criação de vínculos entre conteúdos escolares e a realidade observada pelas praticantes.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino médio, jogos didáticos, curva granulométrica, fração, porcentagem.

ABSTRACT: Studies indicate that female students in the early grades often demonstrate insecurity and a lack of identification with the content of STEM subjects, which may influence their future academic and professional choices. In this context, this study presents an approach to geotechnical concepts based on mathematical content included in the school curriculum. To achieve this, the experience developed in a public state school in the city of Goiânia with a group of high school girls was used as a basis. The methodology consisted of creating a learning environment in which mathematical concepts were addressed in a playful, contextualized way, applied to everyday situations, in order to stimulate participation and engagement of the students. Meetings were held to address topics regarding fractions and percentages. These activities included reviewing the concept of percentage, creating a physical soil model, collecting and preparating soil from the schoolyard, creating and presentating a grain-size distribution curve of the collected soil, and discussing sedimentation based on the book "*From Upstream to Downstream: The Sediment Traveled a Long Way*" (Rodrigues et al., 2024). The results indicate that the integration between mathematics and geotechnics fostered student interest and engagement, contributing both to the understanding of abstract concepts and to environmental and social reflection by establishing connections between school content and the reality observed by the participants.

KEYWORDS: Secondary education, educational games, grain-size distribution curve, fractions, percentages.

1 INTRODUÇÃO

A desigualdade de gênero é uma questão estrutural presente em diversas esferas da sociedade, incluindo o ambiente escolar, onde pode se manifestar tanto nas relações interpessoais quanto nas escolhas acadêmicas. A escola, como espaço formativo e reprodutor de práticas sociais, configura-se também como um campo fértil para a análise das dinâmicas de poder entre os gêneros (Scott, 1995). No ambiente escolar, estereótipos de gênero influenciam diretamente a forma como as alunas se relacionam com determinadas áreas do conhecimento, especialmente com as disciplinas da área de ciências exatas. Ainda na educação básica, observa-se que muitas estudantes apresentam insegurança e menor identificação com conteúdos matemáticos, o que pode impactar suas escolhas acadêmicas e profissionais ao longo da trajetória escolar.

No Brasil, apesar dos avanços no acesso à educação, persistem desafios relacionados à aproximação das estudantes com áreas técnicas e científicas. Dados do IBGE (2021) apontam que construções sociais historicamente consolidadas ainda associam as mulheres às funções de cuidado, enquanto conteúdos técnicos e matemáticos tendem a ser percebidos como menos acessíveis a elas. Esse cenário contribui para a manutenção de desigualdades simbólicas no ambiente escolar e pode afetar a autoconfiança das estudantes.

Pesquisas indicam que essas desigualdades não estão relacionadas apenas ao desempenho escolar, mas também à forma como as estudantes percebem suas próprias capacidades e possibilidades futuras (Addi-Raccah; Ayalon, 2002; Chan, 2004; Spalioras; Spaliora, 2024). A dificuldade em estabelecer conexões entre conteúdos abstratos e aplicações práticas pode intensificar esse distanciamento, tornando o processo de aprendizagem menos significativo.

Diante desse contexto, torna-se relevante adotar estratégias pedagógicas que aproximem os conteúdos matemáticos da realidade das estudantes. A geotecnia entendida como a área do conhecimento dedicada ao estudo dos solos e de seu comportamento frente a processos naturais e intervenções humanas, apresenta-se como uma ferramenta didática especialmente adequada para esse propósito. Por lidar com materiais presentes no cotidiano, como o solo, essa área da engenharia permite a aplicação concreta de conceitos matemáticos, tornando-os mais acessíveis e compreensíveis.

Ao utilizar conceitos geotécnicos como eixo das atividades, conteúdos matemáticos como frações e porcentagem deixam de ser trabalhados de forma isolada e passam a ser compreendidos como instrumentos para interpretar fenômenos reais, como a composição granulométrica dos solos e os processos ambientais

associados. Essa abordagem favorece a compreensão conceitual e contribui para reduzir a insegurança das alunas em relação às ciências exatas, ao evidenciar a utilidade prática do conhecimento matemático, favorecendo assim o processo de aprendizagem e o engajamento das estudantes com conteúdo técnico e científico.

A partir de conceitos abordados no currículo escolar, este artigo se propõe a promover a compreensão da matemática como ferramenta para a interpretação da realidade, utilizando princípios da Geotecnia, de modo a estimular o interesse das estudantes pelas áreas de exatas e engenharia, bem como fomentar discussões sobre inclusão e meio ambiente.

2 METODOLOGIA

A metodologia adotada baseou-se em pesquisa participante e na utilização de etapas progressivas, iniciando com atividades conceituais e de revisão, com o objetivo de reduzir a resistência inicial das estudantes em relação à matemática, e avançando para aplicações práticas envolvendo princípios geotécnicos. As atividades foram desenvolvidas no âmbito de um projeto de extensão universitária realizado ao longo de um ano letivo em uma escola estadual de Goiânia, com aproximadamente 30 estudantes do ensino médio do período matutino. Os encontros ocorreram quinzenalmente, com duração média de três horas, e foram conduzidos por três alunas de cursos de graduação em engenharia, atuando como monitoras extensionistas.

2.1 Revisão do conceito de porcentagem

Inicialmente foi realizada a revisão do conceito de porcentagem, seguida da aplicação em situações cotidianas, como o cálculo da porcentagem de servidoras do sexo feminino da escola em questão. Essa abordagem teve como objetivo assegurar a compreensão dos conteúdos básicos matemáticos que, posteriormente, foram utilizados na construção da curva granulométrica.

2.2 Elaboração do modelo físico representativo do solo

Foi elaborado um modelo físico representativo da composição dos solos, utilizando três recipientes preenchidos com bolinhas de isopor de diferentes tamanhos e cores (branca, azul e marrom), conforme apresentado na Figura 1. As bolinhas marrons representavam o solo, as azuis a água e as brancas o ar. Cada recipiente correspondia a uma condição distinta: um solo saturado (a), um solo seco (b) e dois solos com diferentes teores de umidade (c) e (d).

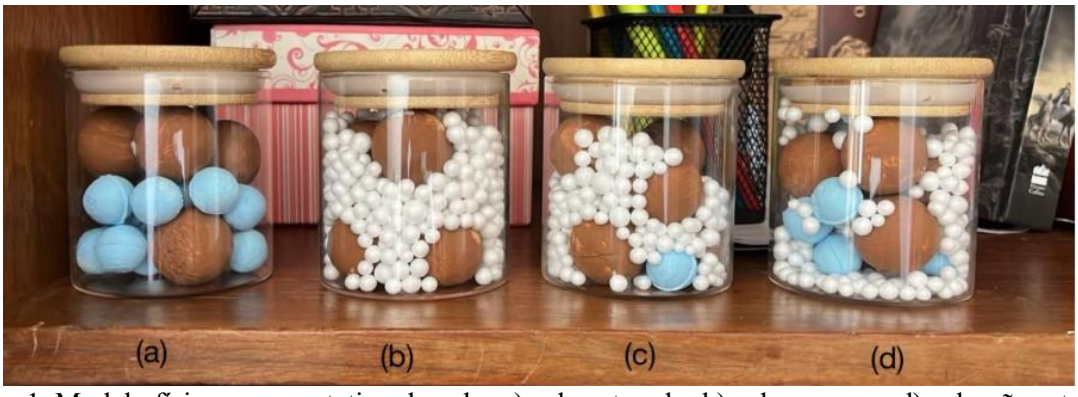


Figura 1. Modelo físico representativo do solo: a) solo saturado; b) solo seco; c e d) solo não saturado com diferentes teores de umidade.

Esse modelo físico representativo teve como finalidade facilitar a visualização da relação entre porcentagem, distribuição granulométrica e estrutura do solo, permitindo que as alunas compreendessem conceitos como vazios e composição do solo de forma visual.

2.3 Construção da curva granulométrica

O solo utilizado na atividade foi coletado pelas próprias alunas no pátio da escola, reforçando a experiência com um ambiente conhecido. Após a coleta, o material foi transportado para o Laboratório de Geotecnia da Universidade Federal de Goiás, onde passou por processos de secagem e destorroamento (Figura 2). Posteriormente, o solo foi levado de volta à escola para a realização da atividade prática.



Figura 2. Destorroamento da amostra.

A atividade de análise granulométrica teve como referência às normas NBR 6502NBR 6502 (ABNT, 1995) e e NBR 7181 (ABNT, 2016), que estabelecem os limites e os métodos para determinação da distribuição granulométrica dos solos. No entanto, a aplicação desses procedimentos foi realizada de forma adaptada, com finalidade didática, visando possibilitar a execução da atividade no ambiente escolar. As etapas da execução do ensaio são apresentadas na Figura 3.

A curva granulométrica foi construída de forma simplificada, sem o uso de escala logarítmica, visando facilitar a compreensão das estudantes. As alunas participaram ativamente do peneiramento, da pesagem das amostras e da realização dos cálculos de porcentagem e porcentagem acumulada, conforme apresentado na Figura 3, sob orientação das monitoras.

Durante o processo, observou-se uma diferença entre a massa inicial prevista da amostra (1.000 g) e a massa final obtida após o peneiramento, que totalizou aproximadamente 1.200 g. Considerando que a pesagem foi realizada de forma didática, sem o uso de balança de precisão e em ambiente sujeito a interferências externas, e que os cálculos foram revistos coletivamente com as alunas, a discrepância foi atribuída, pelas próprias estudantes, à absorção de umidade pelo solo, influenciada pelo tempo de exposição, pela presença de ar-condicionado e de umidificadores no ambiente. Essa situação foi incorporada como parte do processo de aprendizagem, sendo auxiliada pelo modelo físico das bolinhas de isopor, que permitiu a compreensão do papel dos vazios e da umidade na variação da massa do solo.

Após o peneiramento, as frações do solo com maiores diferenças granulométricas foram separadas, da maior para a menor dimensão dos grãos, e organizadas em cartões individuais, possibilitando a observação comparativa entre as diferentes frações.



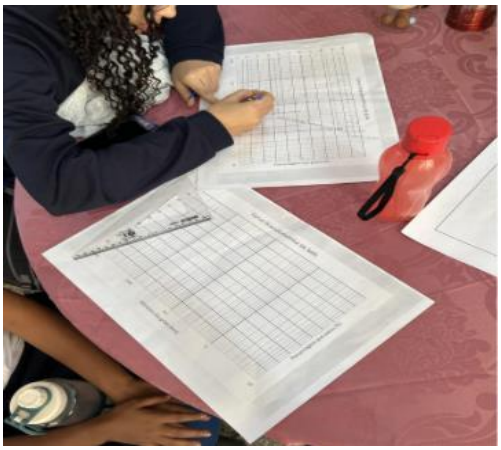
(a) Peneiramento do solo



(b) Pesagem das frações de solo



(c) Cálculo da porcentagem retida



(d) Traçado da curva granulométrica

Figura 3. Construção da curva granulométrica.

Como encerramento das atividades, foi realizada uma discussão orientada a partir do livro "De montante a jusante: o sedimento andou bastante" (Rodrigues et al., 2024), disponível em https://cehige.eeca.ufg.br/. A leitura e o diálogo, conduzidos pelas monitoras e por uma das autoras da obra possibilitaram relacionar os conceitos trabalhados nas etapas práticas, como granulometria e transporte de sedimentos, a processos ambientais observáveis no cotidiano. Essa abordagem contribuiu para ampliar a compreensão das alunas sobre as aplicações do conhecimento geotécnico para além do contexto escolar.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A execução das atividades resultou na produção de materiais que permitiram analisar a apropriação dos conteúdos matemáticos e geotécnicos pelas alunas. Entre esses produtos, destacam-se a organização das frações do solo em cartões (Figura 4 e 5), a construção manual da curva granulométrica (Figura 5) e a produção de um vídeo pelas participantes.

A construção manual da curva granulométrica constituiu o principal resultado técnico da atividade. A partir dos dados obtidos no peneiramento e dos cálculos de porcentagem e porcentagem acumulada, as alunas representaram graficamente a distribuição granulométrica do solo coletado. Esse produto permitiu observar a aplicação dos conceitos matemáticos trabalhados previamente e sua relação com o estudo dos solos, bem como a capacidade de interpretação dos dados obtidos.

A separação das frações granulométricas e sua disposição em cartões funcionaram como um recurso visual complementar à curva granulométrica. Essa organização favoreceu a comparação entre os tamanhos dos grãos e auxiliou na compreensão da composição do solo, especialmente para alunas com maior dificuldade de abstração, ao aproximar os valores calculados do material analisado.



(a) Colagem de uma fração de solo fino



(b) Granulometrias encontradas

Figura 4. Construção da curva granulométrica.



Figura 5. Curva granulométrica representada por meio de desenho e frações de solo.

Como resultado qualitativo do processo de imersão, as estudantes produziram um vídeo no qual apresentaram conceitos relacionados à geotecnia e os registros durante a execução das atividades desenvolvidas, incluindo a coleta do solo, o peneiramento e a construção da curva granulométrica. Embora o vídeo não tenha sido planejado como uma etapa metodológica específica, sua elaboração indica a apropriação dos conteúdos trabalhados e a capacidade das participantes de comunicar os conhecimentos adquiridos a partir de suas próprias experiências. O vídeo foi publicado no Instagram oficial do projeto *Conversa entre meninas e engenheiras: Construindo redes (https://www.instagram.com/reel/DVHWWWogT7r/?igsh=a2p5NGdmdnAwZ204.*

A discussão final, mediada a partir do livro "De montante a jusante: o sedimento andou bastante" (Rodrigues et al., 2024), levou as estudantes a associar a curva granulométrica construída aos processos de

transporte e deposição de sedimentos, especialmente ao assoreamento. Observou-se que as discentes passaram a relacionar o tamanho dos grãos às dinâmicas ambientais discutidas, demonstrando domínio conceitual e capacidade de aplicação dos conteúdos geotécnicos em situações observáveis.

A etapa prática relacionada à geotecnia foi realizada ao longo de duas monitorias, o que limitou o tempo disponível para aprofundamento individual de todas as fases do processo. Além disso, o tamanho do grupo influenciou o nível de participação de algumas alunas, que apresentaram comportamento mais reservado durante as atividades. A experiência aponta que, em futuras edições, a divisão das participantes em grupos menores pode favorecer maior envolvimento e autonomia durante a execução das etapas práticas.

3 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam que a proposta metodológica adotada atingiu os objetivos qualitativos estabelecidos, ao possibilitar a aproximação das alunas com conceitos matemáticos e geotécnicos de forma acessível e contextualizada. Ressalta-se que o projeto não teve como finalidade a obtenção de resultados quantitativos ou a realização de ensaios normatizados, mas sim a promoção de experiências educativas voltadas à compreensão e à aplicação dos conteúdos trabalhados.

A integração entre matemática e conteúdos geotécnicos, por meio de atividades práticas, mostrou-se adequada para favorecer a compreensão de conceitos matemáticos e estimular o interesse das alunas pelas áreas de exatas e pela engenharia. O uso de recursos didáticos visuais e atividades aplicadas contribuiu para tornar o processo de aprendizagem mais significativo, incentivando a participação e o protagonismo das estudantes. Dessa forma, a experiência extensionista evidencia o potencial de iniciativas que articulam universidade e escola na promoção da educação científica, ao empregar conhecimentos relacionados ao estudo dos solos como ferramenta pedagógica para o ensino de matemática e para a reflexão sobre o meio físico e ambiental.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás - FAPEG/GO (Nº Proc.: 202410267000989) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (Nº Proc.: 440461/2024-3) pelo financiamento da pesquisa e bolsas de iniciação científica, ATN-S e de produtividade em pesquisa de algumas autoras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2016). NBR 7181. *Solo- Análise granulométrica.* Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1995). NBR 6502: *Rochas e solos- Terminologia.* Rio de Janeiro.

Addi-Raccah, A., & Ayalon, H. (2002). Gender Inequality in Leadership Positions of Teachers. *British Journal of Sociology of Education*. (23) p.157 - 177.

Chan, A. (2004). When women “baby-sit” and men “transmit knowledge and discipline”: the construction of gender in Hong Kong’s primary schools. Equality, Diversity and Inclusion, (23) p. 7-28.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2021). *Estatísticas de gênero: indicadores sociais das mulheres no Brasil.* Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 10 jan. 2026.

Rodrigues, N. B.; Jesus, A. S.; Carvalho, J. C.; Sales, A. L. L.; Oliveira, K. T.; Villas Bôas, S. M.; Ferreira, L. C. B.; Sales, M. M.; Luz, M. P.; Mascarenha, M. M. dos A. *De montante à jusante: o sedimento andou bastante*. Universidade Federal de Goiás. Goiânia, Go, Br. https://cehige.eeca.ufg.br/.

Scott, J. W. (1995). Gênero: uma categoria útil de análise histórica. *Educação & Realidade*. 20 (2) p. 71-99.

Spalioras, K., & Spaliora, A. (2024). Gender and Educational Leadership. *International Journal For Multidisciplinary Research.*

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/26

Proposta de Integração de Ferramentas Digitais para o Ensino e Aplicação de Geossintéticos em Muros de Solo Reforçado

Leandro Noronha Ferreira
Engenheiro Civil, Geo Soluções, São Paulo, Brasil, leandro.noronha@geosolucoes.com

Érica Maria Pavan
Engenheira Civil, Geo Soluções, São Paulo, Brasil, ericapavan23@gmail.com

Camyla Margarete Magalhães de Oliveira Cadavez
Coordenadora Técnica, Geo Soluções, São Paulo, Brasil, camyla.oliveira@geosolucoes.com

André Fernando Fanaya Dluhosch
Coordenador Técnico-Comercial, Geo Soluções, Curitiba, Brasil, andre.fanaya@geosolucoes.com

Júlia dos Santos Oliva
Engenheira Civil, Geo Soluções, São Paulo, Brasil, julia.oliva@geosolucoes.com

RESUMO: Geossintéticos são materiais poliméricos capazes de aprimorar as propriedades do solo e, no Brasil, embora seu uso tenha se iniciado na década de 1970, ainda há um movimento contínuo para ampliar sua presença na formação de engenheiros civis. Nesse cenário, iniciativas como o programa "Educando Educadores", promovido pela IGS Brasil, buscam fortalecer a inserção desse conteúdo nas instituições de ensino. Em razão desse esforço de expansão, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a possibilidade de integração entre duas ferramentas gratuitas voltadas ao ensino de geossintéticos: a plataforma educacional GeoAcademy e o *plug-in* GeoQore, voltado ao apoio ao projetista no AutoCAD. A metodologia consistiu em um levantamento comparativo entre as funcionalidades práticas oferecidas pelo GeoQore e os conteúdos do módulo "Muros e Taludes Reforçados" disponibilizado na GeoAcademy. Foram analisados os conceitos abordados, sua correspondência com os recursos do *plug-in* e o potencial de aplicação conjunta em atividades formativas. Os resultados indicaram que, embora desenvolvidas de forma independente, as ferramentas apresentam compatibilidade entre parte dos conteúdos teóricos e suas aplicações operacionais, o que permite associações que fortalecem a aprendizagem. Conclui-se que a integração proposta apoia o esforço de ampliação do ensino sobre geossintéticos, complementa iniciativas consolidadas e oferece alternativas flexíveis para estudantes e profissionais.

PALAVRAS-CHAVE: Educação, Geossintéticos, Muros de Solo Reforçado com Geossintéticos.

ABSTRACT: Geosynthetics are polymeric materials capable of enhancing soil properties and, in Brazil, although their use began in the 1970s, there is still an ongoing effort to expand their presence in civil engineering education. In this context, initiatives such as the "Educate the Educators Program", promoted by IGS Brazil, seek to strengthen the inclusion of this subject in academic institutions. In line with this expansion effort, the present study aimed to evaluate the possibility of integrating two free tools dedicated to geosynthetics education: the GeoAcademy learning platform and the GeoQore *plug-in*, designed to support designers working in AutoCAD. The methodology consisted of a comparative assessment between the practical functionalities offered by GeoQore and the content of the "Reinforced Walls and Slopes" module available on GeoAcademy. The concepts addressed, their correspondence with the *plug-in's* features, and the potential for joint application in formative activities were analyzed. The results indicated that, although developed independently, the tools exhibit compatibility between part of the theoretical content and its operational applications, enabling associations that enhance learning. It is concluded that the proposed integration supports ongoing efforts to expand geosynthetics education, complements established initiatives and offers flexible alternatives for students and professionals.

KEYWORDS: Education, Geosynthetics, Geosynthetic Reinforced Soil Walls.

1 INTRODUÇÃO

O uso de geossintéticos, materiais poliméricos demandados para melhorar as propriedades do solo, tem se expandido mundialmente desde sua introdução, e no Brasil teve início na década de 1970. Apesar de seu potencial técnico, esses produtos ainda são relativamente recentes na prática da Engenharia Civil nacional, o que demanda esforços contínuos para promover a disseminação de conhecimento a respeito de suas funcionalidades e aplicações (Vertematti, 2015).

Iniciativas como o programa "Educando Educadores", promovido pela Associação Brasileira de Geossintéticos (IGS Brasil) desde 2016, têm buscado democratizar o acesso a conteúdos sobre geossintéticos, com o objetivo de capacitar professores de graduação de diferentes regiões do país. O programa confere caráter democrático ao conhecimento, favorece sua replicação em múltiplas instituições de ensino e contribui para a formação de engenheiros civis capazes de fundamentar a aplicação desses materiais em projetos de engenharia (Associação Brasileira de Geossintéticos, sd).

Paralelamente às metodologias clássicas de ensino, a tecnologia digital tem oferecido novas oportunidades para complementar a aprendizagem. Plataformas online e ferramentas computacionais, como *plug-ins* para softwares de desenho e modelagem, permitem que conceitos teóricos sejam aplicados diretamente em situações práticas, a fim de aproximar o estudante e o profissional da realidade do projeto (Kimura, 2018). Neste contexto, a integração entre conteúdos teóricos estruturados e recursos práticos de apoio ao engenheiro surge como uma estratégia promissora para ampliar a compreensão e a competência técnica no uso dos geossintéticos.

O presente estudo analisa a viabilidade de integração entre a plataforma de ensino GeoAcademy, baseada em módulos didáticos sobre geossintéticos, e o *plug-in* GeoQore para AutoCAD, voltado à análise de muros e taludes reforçados. Portanto, a pesquisa tem como objetivo investigar como a combinação dessas ferramentas pode reforçar a aprendizagem, articular conceitos teóricos com sua aplicação e ampliar o acesso ao conhecimento na área de geossintéticos, em apoio às iniciativas educacionais já existentes.

2 METODOLOGIA

2.1 Materiais

2.1.1 A Plataforma de Ensino GeoAcademy

A GeoAcademy é uma plataforma digital e gratuita dedicada ao ensino sobre geossintéticos, suas características, aplicações e benefícios. Seu conteúdo é modular, conforme ilustrado na Figura 1, acessível a profissionais de diferentes níveis de conhecimento e totalmente isento de viés comercial. O desenvolvimento dessa ferramenta contou com o apoio de instituições acadêmicas, como a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), o que assegura rigor técnico e confiabilidade às informações apresentadas (GeoAcademy, sd.).

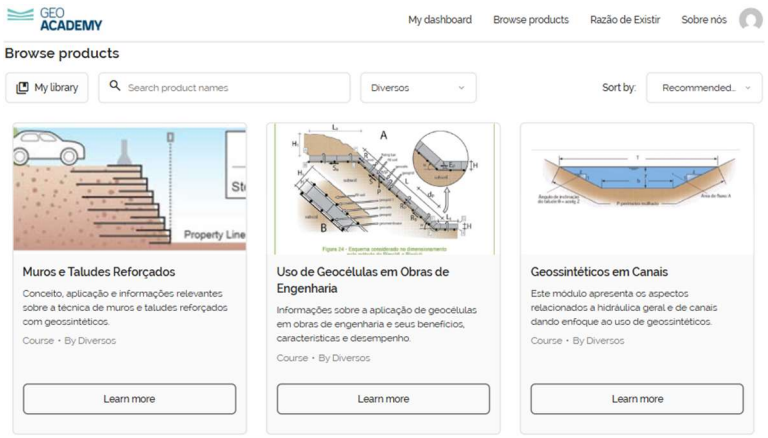


Figura 1. Alguns Módulo de Ensino da GeoAcademy.

Ademais, a GeoAcademy tem como objetivo contribuir para a democratização do conhecimento sobre geossintéticos e apoiar a formação de profissionais de forma educacional (GeoAcademy, sd.). Dentro desse contexto, o presente estudo concentrou-se no módulo "Muros e Taludes Reforçados", que reúne sete seções temáticas e totaliza 44 aulas. Os conteúdos desse eixo temático serviram como base para análise e correlação com as funcionalidades práticas do *plug-in* GeoQore.

2.1.2 O Plug-in GeoQore

O *plug-in* GeoQore, integrado ao AutoCAD, foi utilizado para análise de muros de solo reforçado com geogrelhas. A ferramenta permite gerar vistas frontais e seções transversais das estruturas, como ilustrado na Figura 2, e fornece fatores de segurança de acordo com a ABNT NBR 16920-1:2021. Além disso, o GeoQore disponibiliza a memória de cálculo completa, com transparência nos dados para a correlação entre fundamentos teóricos e aplicação prática (Geo Soluções, sd.).

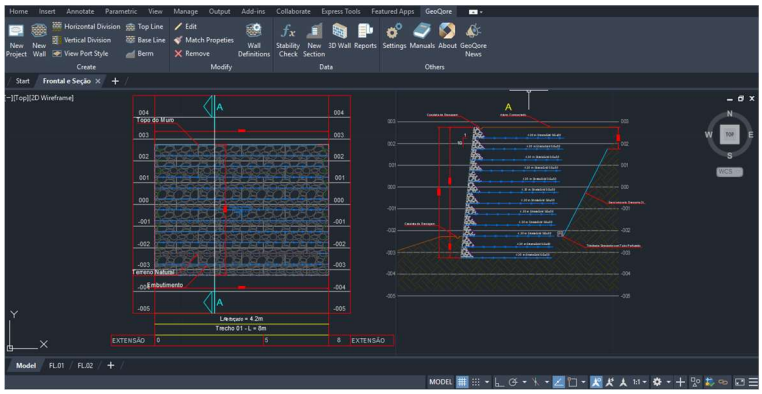


Figura 2. Frontal e Seção de Muro Genérico Extraídas do GeoQore.

2.2 Método

O estudo foi conduzido em três etapas principais. A primeira consistiu na análise das funcionalidades do *plug-in* GeoQore voltadas ao dimensionamento de muros de contenção de solo reforçado com geossintéticos. A segunda envolveu o levantamento dos conteúdos abordados nas seções do módulo "Muros e Taludes Reforçados" da plataforma GeoAcademy. Por fim, a terceira etapa consistiu na compatibilização entre o conteúdo teórico da GeoAcademy e as funcionalidades do GeoQore, com o objetivo de estabelecer correspondências entre teoria e prática.

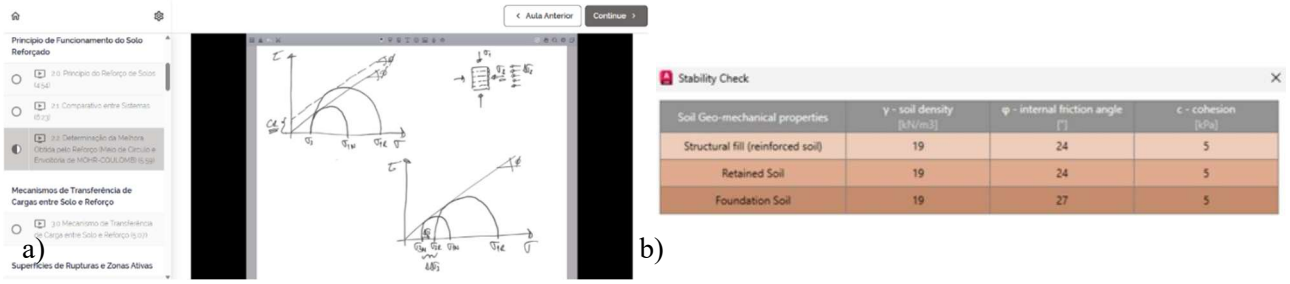
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Parâmetros do Solo

Na análise de questões de estabilidade, destacam-se como parâmetros fundamentais do solo o ângulo de atrito e a coesão. Esses parâmetros exercem influência direta no comportamento do material e, consequentemente, na segurança das estruturas geotécnicas (Guidicini e Nieble, 1984).

A GeoAcademy disponibiliza conteúdos relacionados a esses parâmetros, com destaque para a seção "Princípio de Funcionamento do Solo Reforçado". Nesse material, apresenta-se uma abordagem teórica que contempla aplicações em solos coesivos e não coesivos e, posteriormente, o aprimoramento das propriedades do solo por meio do uso de geossintéticos. Esse conteúdo é apresentado em um ambiente que utiliza uma lousa virtual para a organização dos aulas, o que permite expor, de maneira sequencial, os princípios que envolvem o papel do ângulo de atrito e da coesão no desempenho do solo reforçado. Nesse contexto, são empregados conceitos básicos de Mecânica dos Solos, como a envoltória de Coulomb (Figura 3a).

Por sua vez, o *plug-in* GeoQore possibilita a inserção dos valores desses parâmetros em sua interface de entrada de dados, além do peso específico, e permite a atualização imediata do fator de segurança das estruturas de contenção frente às análises de estabilidade (GeoQore, s.d.); conteúdo detalhado na seção 3.4 deste artigo. O recurso viabiliza a definição desses parâmetros para três componentes distintos: o solo a ser empregado no aterro (*structural fill*), o solo a ser contido (*retained soil*) e o solo de fundação (*foundation soil*) onde a estrutura será implantada (Figura 3b).



a) b)

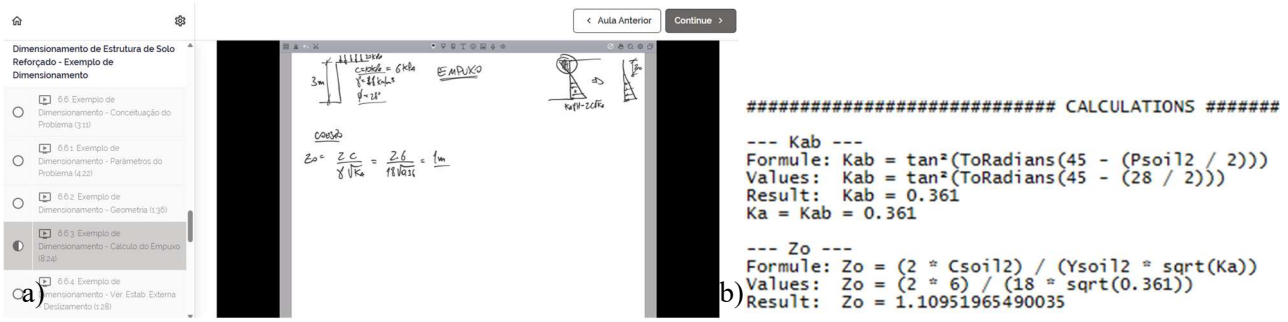
Figura 3. a) Abordagem sobre Parâmetros de Solo na GeoCademy. b) Entrada de Dados de Parâmetros de Solo no GeoQore.

3.2 Empuxo Ativo pela Teoria de Coulomb

A determinação do empuxo ativo pela Teoria de Coulomb requer a análise sucessiva de diferentes superfícies adjacente à estrutura. Para cada hipótese, considera-se o equilíbrio das forças atuantes na cunha de solo. Portanto, o empuxo representativo corresponde à condição mais desfavorável entre as situações analisadas (Gerscovich; Danziger; Saramago, 2016).

O *plug-in* GeoQore aplica esse procedimento de forma automatizada nas verificações de estruturas de solo reforçado com geossintéticos. Nesse sentido, a ferramenta incorpora as propriedades geométricas do sistema solo–estrutura na avaliação das superfícies potenciais de ruptura e fornece o valor do empuxo ativo empregado no dimensionamento (GeoQore, sd.).

Em consonância com essa metodologia, a plataforma GeoAcademy disponibiliza material de apoio teórico, como a aula "Exemplo de Dimensionamento – Cálculo do Empuxo", que apresenta os fundamentos do empuxo ativo e inclui a fenda de tração (Z_0) entre os principais conceitos introdutórios abordados. A Figura 4a ilustra o valor de Z_0 calculado na aula e, a Figura 4b, as operações reproduzidas pelo *plug-in*, no qual foram inseridos peso específico (Ysoil2) igual a 18 kN/m³, ângulo de atrito (Psoil2) de 28° e coesão (Csoil2) de 6 kPa, os mesmos parâmetros utilizados na plataforma de ensino.



a) b)

Figura 4. a) Z_0 Calculado em Aula da GeoAcademy. b) Memória de Cálculo de Z_0 Calculado pelo GeoQore;

3.3 Espaçamento entre Camadas de Reforço

Ehrlich e Becker (2020) definem o espaçamento vertical entre reforços como um parâmetro fundamental de configuração das estruturas em solo reforçado, o qual pode ser estabelecido de forma uniforme ou ajustado conforme as exigências do projeto.

A plataforma GeoAcademy, em sua seção “Superfícies de Ruptura e Zonas Ativas”, aprofunda essa abordagem ao articular fundamentos teóricos com evidências experimentais. O material disponibilizado inclui registros de ensaios em laboratório que demonstram o comportamento de estruturas com diferentes arranjos de reforços. Entre esses recursos, destaca-se a abordagem didática apresentada na Figura 5, extraída de uma das aulas, na qual se observa a configuração de uma estrutura com reforços espaçados e seus efeitos sobre o mecanismo de ruptura.

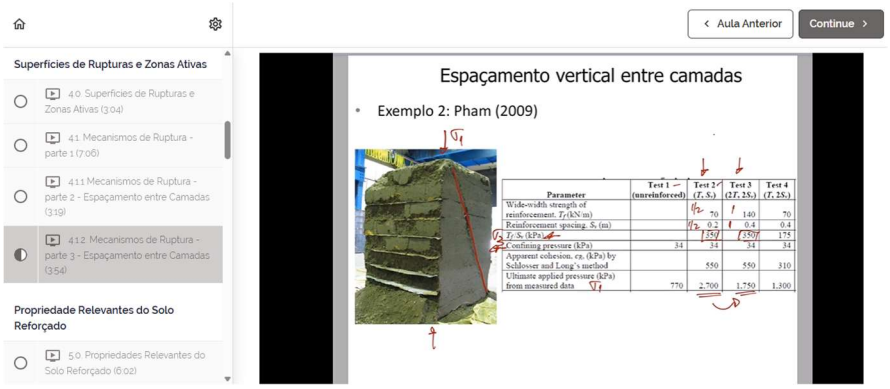


Figura 5. Aula com Exposição de Ensaio de Espaçamento Vertical.

No âmbito das aplicações práticas, a incorporação desse conceito ao ambiente do GeoQore revela possibilidades de integração para o processo de análise. O *plug-in* disponibiliza uma série de opções de resistência para os reforços, com valores de 40, 50, 60, 90, 100, 150, 200, 300, 400, 500 e 600 kN/m. O software também permite ajustar os espaçamentos verticais entre os reforços, recurso que viabiliza a avaliação de diferentes cenários de configuração estrutural (Geo Soluções, sd).

A relação entre essas funcionalidades e os princípios apresentados na GeoAcademy evidenciam que a redução do espaçamento vertical pode, em determinadas configurações, mitigar a necessidade de reforços com maior resistência. Esse comportamento é exemplificado na Figura 6, na qual geogrelhas de 50 kN/m (em azul) e elementos de 100 kN/m (em amarelo) apresentam fatores de segurança iguais para ruptura dos reforços em um arranjo com menor espaçamento, as situações A e B ilustram casos reais de muros estáveis.

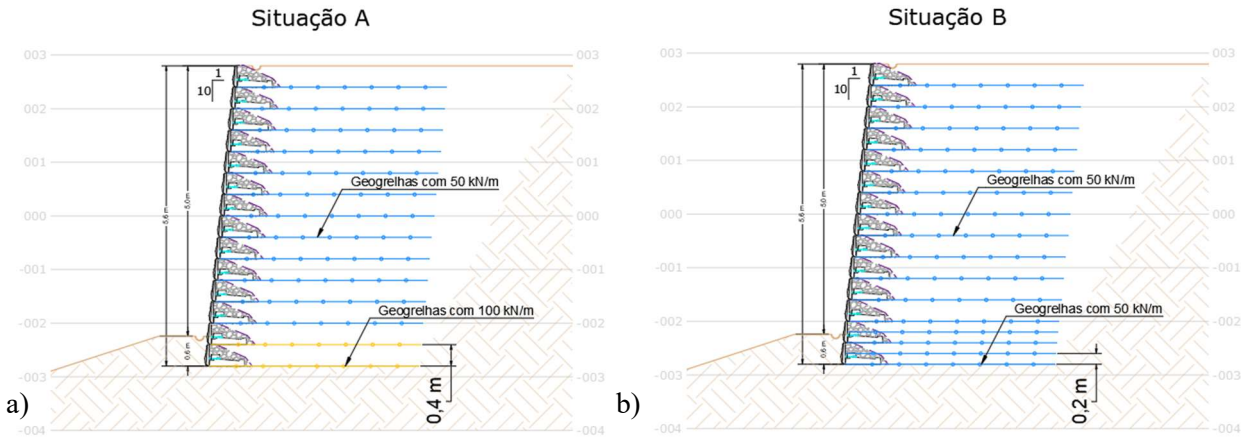


Figura 6. a) Reforços da Base Espaçados a 40 cm. b) Esforçados da base espaçados a 20 cm.

3.4 Análises de Estabilidade: ABNT NBR 16920-1 (2021)

Conforme a ABNT NBR 16920-1 (2021), a estabilidade externa considera o maciço de solo reforçado como um bloco monolítico, o que abrange as verificações de capacidade de suporte do solo de fundação, deslizamento na base e tombamento. Ademais, a norma também estabelece os critérios de estabilidade interna, que incluem a análise da ruptura estrutural dos reforços e do arrancamento, bem como das estabilidades de conexão com o paramento e global. Os fatores de segurança referentes a todos esses critérios encontram-se reunidos na Tabela 1.

Tabela 1. Fatores de Segurança pela ABNT NBR 16920-1 (2021).

Estabilidade	**Mecanismo**	**Fator de segurança global mínimo**
Externa	Tensão admissível na fundação [a]	2,0 no bordo mais carregado
	Deslizamento	1,5
	Tombamento	2
Interna	Ruptura estrutural do reforço	1,5
	Arrancamento do reforço	1,5
Geral	-	Variável
Conexão com o paramento	-	1,5

[a] No caso de tratamento de fundação, cabe ao projetista apresentar a justificativa de fator de segurança adotado.

O GeoQore permite o cálculo automático das principais verificações de estabilidade externa e interna previstas na norma, com exceção da estabilidade global. Nesses casos, o fato de o *plug-in* operar diretamente no ambiente AutoCAD constitui uma vantagem adicional, pois possibilita a exportação imediata do modelo para softwares especializados, o que permite a continuidade e a integração do processo de projeto (GeoQore, sd.).

Além de apresentar, em sua interface principal, os fatores de segurança relativos a cada verificação de estabilidade, conforme ilustrado na Figura 7, o GeoQore disponibiliza o detalhamento sequencial dos cálculos efetuados. Esse material é disponibilizado no ambiente da aplicação, de forma acessível ao usuário.

ABNT NBR (Section 1)			
Active Thrust [kN/m]	113.57		
FSslide - Sliding Factor of Safety	2.42	✔ ok	
FSfound - Bearing on Foundation Soil Factor of Safety	4.87	✔ ok	
FSoverturning - Overturning Factor of Safety	4.45	✔ ok	
FSpull-out - Pull Out - Factor of Safety	4.7	✔ ok	
FSrupture - Reinforcement Rupture - Factor of Safety	1.02	⚠ not ok	

Figura 7. Fatores de Segurança Baseados na Norma ABNT NBR 16920-1.

Na análise dos fatores de segurança apresentada, o memorial de cálculo permite identificar os elementos que exigem atenção. No caso de problemas relacionados à resistência das geogrelhas, o *plug-in* indica, como mostrado na Figura 8, qual geogrelha apresenta necessidade de aumento de resistência.

```
***************************** Grid level: 1 ******************************
Z:                  6
Sv:                 0.5

------------------------------- Ti -------------------------------
Formule: Ti = (Sv * Ka1 * YSoil1 * Z) + (Sv * (Berm Density / longest grid) * Ka1) + (Sv * q * Ka1)
Values:  Ti = (0.5 * 0.42 * 19 * 6) + (0.5 * (0 / 4.2) * 0.42) + (0.5 * 20 * 0.42)
Result:  Ti = 28.26

----------------------------- Tdesign ------------------------------
Tdesign:            28.9    (StrataGrid SGu50)

----------------------------- FSrupt -------------------------------
Formule: FSrupt = Tdesign / Ti
Values:  FSrupt = 28.9 / 28.26
Result:  FSrupt = 1.02

GRID RESULT:        1.02    (FSrupture < 1.5, so is not ok!)
```

Figura 8. Memorial de Cálculo com Indicação de Geogrelha com Fator de Segurança de Ruptura Inadequado.

Essa funcionalidade pode facilitar a compreensão para os usuários que acompanham as aulas disponibilizadas na GeoAcademy. Na plataforma, a seção “Dimensionamento de Estrutura de Solo Reforçado – Exemplo de Dimensionamento” apresenta o procedimento completo de dimensionamento de um muro com base nos fatores de segurança preconizados pela ABNT NBR 16920-1:2021, cuja execução é possível no GeoQore. Assim, o usuário pode realizar cálculos manuais, consolidar o aprendizado teórico e comparar os resultados com os obtidos automaticamente pelo *plug-in*.

3.5 Critérios da BS 8006 e sua Implementação na Integração GeoAcademy-GeoQore

Além da ABNT NBR 16920-1:2021, os muros de solo reforçado também são tratados por normativas internacionais, entre as quais se destaca a BS 8006-1, cuja metodologia de projeto pode ser aplicada no GeoQore (Geo Soluções, s.d). Essa norma reúne critérios de dimensionamento e inclui parâmetros essenciais como o comprimento dos reforços e a profundidade de embutimento.

Os comprimentos dos reforços variam conforme a tipologia do muro. Para estruturas destinadas à função convencional de contenção, a BS 8006-1 (2010) determina um valor prescritivo correspondente a 70% da altura mecânica, associado a um comprimento mínimo de 3 m. Outros percentuais podem ser empregados em configurações diferentes, desde que atendam às disposições normativas.

A profundidade de embutimento constitui um parâmetro igualmente normatizado. A BS 8006-1 (2010) admite valores entre 5% e 20% da altura mecânica, definidos conforme o tipo de estrutura e as condições do projeto. Tal como ocorre com os comprimentos dos reforços, esses percentuais refletem prescrições específicas vinculadas à tipologia da estrutura adotada.

O GeoQore incorpora essas diretrizes ao permitir que o usuário defina livremente o comprimento total dos reforços e ao oferecer, em suas configurações, a seleção direta dos percentuais de embutimento de 5%, 10% ou 20%, compatível com os valores estabelecidos pelas normativas nacionais e internacionais.

Dado que os muros de solo reforçado apresentam diferentes configurações, o *plug-in* permite ajustar os comprimentos dos reforços de acordo com a solução escolhida. Essa funcionalidade está alinhada ao conteúdo da GeoAcademy, especialmente à seção “Dimensionamento de Estruturas de Solo Reforçado”, que reúne os fundamentos normativos que sustentam a compreensão e a aplicação prática desses critérios.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo evidenciou que a integração entre a GeoAcademy e o GeoQore, que reúne funcionalidades práticas para AutoCAD, amplia as oportunidades de aprendizado na área de geossintéticos aplicados a muros e taludes reforçados. Embora originalmente independentes, os conteúdos teóricos da plataforma e as funcionalidades do *plug-in* podem ser correlacionados, o que permite que conceitos aprendidos em módulos educacionais sejam concomitantemente aplicados em cenários preliminares de projeto.

Apesar das compatibilizações apresentadas entre os conteúdos conceituais neste artigo, observa-se que a integração entre essas ferramentas ainda constitui uma proposta em desenvolvimento. A utilização conjunta já se demonstra útil para estudos autônomos e para a aplicação preliminar de conceitos, porém uma articulação mais estruturada entre os ambientes, com sequenciamento pedagógico, conexões diretas entre módulos e aplicações práticas, representa um potencial avanço para consolidar uma experiência educacional mais contínua e integrada.

Além disso, os resultados indicam que a combinação entre essas ferramentas digitais gratuitas amplia e facilita o acesso a informações técnicas e recursos de análise, a fim de contribuir para a democratização do conhecimento entre estudantes e profissionais da Engenharia. Ademais, a disponibilidade aberta desses recursos promove a difusão de conteúdo especializado e favorece a compreensão dos critérios de segurança e confiabilidade no emprego de geossintéticos, ao integrar teoria e prática de forma didática e tecnicamente consistente.

Por fim, a integração desses recursos ao processo de ensino e aprendizagem configura-se como uma estratégia destinada a complementar, e não a substituir, iniciativas já consolidadas, como o programa "Educando Educadores" da IGS Brasil. Tal abordagem amplia a flexibilidade de acesso ao conhecimento, pois permite que o conteúdo seja consultado a qualquer momento e em diferentes localidades, em razão de sua natureza digital.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Geossintéticos. (s.d.) Programa Educando Educadores. Disponível em: <https://igsbrasil.org.br/educando-educadores/>. Acesso em: 25 jan. 2026. 6.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2021). NBR 16920-1. *Muros e taludes em solos reforçados Parte 1: Solos reforçados em aterros*. Rio de Janeiro.

British Standards Institution (2010). BS 8006-1: *Code of practice for strengthened/reinforced soils and other fills.*

Ehrlich, M., Becker, L. (2020) *Muros e taludes de solo reforçado: projeto e execução*, 2. ed., Oficina de Textos, São Paulo, SP, Brasil, 128 p.

GeoAcademy. (s.d.) *Sobre a GeoAcademy*. Disponível em: <https://geoacademy.com.br/p/about>. Acesso em: 28 jan. 2026.

GeoQore (s.d.) *Manual Técnico*. Disponível em: <https://arsenaltechno.com/GeoQore/ManualABNT_rev4.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2026.

Geo Soluções (s.d.) *GeoQore Autocad plugin for soil reinforced structures*. Disponível em: <https://www.geosolucoes.com/geoqore>. Acesso em: 25 jan. 2026.

Gerscovich, D., Saramago, R., Danziger, B. R. (2019) *Contenções: teoria e aplicações em obras*, 2. ed., Oficina de Textos, São Paulo, SP, Brasil, 320 p.

Guidicini, G., Nieble, C. M. (1984) *Estabilidade de taludes naturais e de escavação*, 2. ed., Editora Blucher, São Paulo, SP, Brasil, 216 p.

Kimura, A. (2018) *Informática aplicada a estruturas de concreto armado*, 2. ed., Oficina de Textos, São Paulo, SP, Brasil, 432 p.

Vertematti, J. C. (2015) *Manual brasileiro de geossintéticos*, 2. ed., Editora Blucher, São Paulo, SP, Brasil, 670 p.

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/27

Protótipo didático de barragem de terra zoneada: sequência de falha por galgamento para fins didáticos

Lyzandra Maria da Silva Dias
Engenheira Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, Brasil, lyzandradias.eng@gmail.com

Arthur Dantas Gomes de Araújo
Professor, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, Brasil, arthur.araujo@ufersa.edu.br

Alex da Silva Dantas
Estudante, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, Brasil, alex.dantas59352@ufersa.edu.br

Adna Érica Melo de Sousa Fontes
Engenheira Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, Brasil, adna.melo@ufersa.edu.br

RESUMO: Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a simulação de uma barragem de terra zoneada em laboratório, focando na análise do comportamento do talude, sistema de drenagem interno e núcleo argiloso compactado. A pesquisa apresenta as propriedades dos materiais e a análise dos procedimentos construtivos adotados para a execução do modelo em laboratório. A metodologia utilizada incluiu a realização de ensaios laboratoriais para caracterização física dos materiais, o desenvolvimento da barragem de terra em laboratório destinado a simulação em condições de cheia. Durante a simulação, inicialmente foram observadas fissuras no talude de montante, seguido de passagem de água pelos filtros vertical e horizontal. Após o galgamento forçado pela crista foi verificado o rompimento do talude de jusante, o que possibilitou uma análise do comportamento da barragem sob condições extremas. Os resultados obtidos mostraram que o modelo desenvolvido em laboratório permitiu visualizar a formação de fissuras, o fluxo de água pelo sistema de drenagem interno e o processo de ruptura por galgamento. Essas observações possibilitaram analisar o comportamento dos principais elementos da barragem em condições extremas, evidenciando o potencial do protótipo como ferramenta didática.

PALAVRAS-CHAVE: Barragem de terra zoneada, Compactação do solo, Permeabilidade, Simulação, Estabilidade de taludes.

ABSTRACT: This study presents the development and simulation of a zoned earth dam in a laboratory setting, focusing on the analysis of the behavior of the slope, the internal drainage system, and the compacted clay core. The research presents the material properties and an analysis of the construction procedures adopted for building the laboratory model. The methodology employed included conducting laboratory tests to characterize the physical properties of the materials and constructing the earthen dam in the laboratory to simulate flood conditions. During the simulation, cracks were initially observed in the upstream slope, followed by water flow through the vertical and horizontal filters. After overtopping was forced over the crest, a breach in the downstream slope was observed, which enabled an analysis of the dam's behavior under extreme conditions. The results showed that the laboratory model made it possible to observe the formation of cracks, the flow of water through the internal drainage system, and the overtopping failure process. These observations allowed for an analysis of the behavior of the dam's main components under extreme conditions, highlighting the prototype's potential as an educational tool.

KEYWORDS: Zoned earth dam, Soil compaction, Permeability, Simulation, Slope stability.

1. INTRODUÇÃO

As barragens são grandes elementos estruturais projetados para desempenhar papéis fundamentais na sociedade, favorecendo o desenvolvimento socioeconômico e o controle ambiental (MEDEIROS, 2019). Como barreiras artificiais para retenção de água ou rejeitos, possuem finalidades diversas, que abrangem desde o controle de enchentes e irrigação até a geração de energia e abastecimento humano (RIBEIRO et al., 2019).

A diferenciação entre os tipos de barragem ocorre, primordialmente, pela variedade de materiais utilizados no maciço, podendo ser classificadas como homogêneas ou zoneadas (VIEIRA, 2015). As barragens de terra zoneadas são empregadas quando há facilidade de exploração de áreas de empréstimo com materiais argilosos e granulares distintos (GAIOTO, 2003). Nesta configuração, o núcleo de argila é frequentemente utilizado devido à sua baixa permeabilidade, funcionando como a principal barreira contra a infiltração de água.

A estabilidade dessas estruturas depende rigorosamente do controle da compactação do solo. Estudos indicam que a compactação na umidade ótima é essencial para alcançar a densidade máxima e a resistência ideal do material. Conforme García (2013), a construção de aterros deve seguir critérios técnicos rigorosos, uma vez que solos argilosos compactados de forma inadequada podem sofrer colapso ou recalques adicionais durante o enchimento do reservatório. À medida que se atinge a umidade ótima, esses riscos são minimizados, embora o excesso de umidade possa levar à perda de resistência e ao aumento da compressibilidade (GARCÍA, 2013).

Diante da complexidade que envolve o monitoramento de estruturas reais, a simulação em laboratório apresenta-se como uma estratégia eficaz. O uso de protótipos em ambientes controlados permite superar as dificuldades de observação interna e avaliar as interações entre os materiais e a dinâmica do fluxo de água.

Assim, este trabalho propõe a análise didática de um dispositivo de barragem de terra zoneada, compactado na umidade ótima e dotado de filtros de areia, visando compreender as condições que garantem a estabilidade estrutural e o desempenho dos taludes sob condições de operação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais Utilizados

A pesquisa utilizou uma combinação de solos e agregados para simular as diferentes zonas de uma barragem. Para o núcleo impermeável e a trincheira de vedação (cut-off) empregou-se solo argiloso. Os taludes de montante e jusante foram moldados com areia siltosa e revestidos com brita nº 0. O sistema de drenagem, composto por filtros verticais e horizontais, foi composto por areia fina e média, de origem fluvial.

Foram executados ensaios de granulometria (ABNT NBR 7181/2016), limite de liquidez (ABNT NBR 6459/2016) e limite de plasticidade (ABNT NBR 7180/2016) para todos os materiais. Para o material utilizado nos filtros vertical e horizontal foram também realizados ensaios de índice de vazios máximo (ABNT NBR 16840/2020) e mínimo (ABNT NBR 16843/2020). Já para a argila utilizada no núcleo e cut-off, realizaram-se ainda os ensaios de compactação (ABNT NBR 7182/2016) com energia Proctor normal, com secagem prévia do material, e ensaio de permeabilidade com carga variável (ABNT NBR 14545/2021).

2.2 Construção do protótipo de barragem

A estrutura do protótipo foi confeccionada em madeirite naval (base e extremidades) e vidro temperado de 8 mm de espessura, nas laterais, permitindo a visualização externa da seção da barragem. A vedação foi assegurada com silicone acético, sela-trincas e argamassa polimérica.

A construção da barragem seguiu uma sequência de etapas iniciada pela disposição de uma camada de 5 cm de brita n° 2 e a execução de uma trincheira de vedação. O núcleo foi compactado em quatro camadas, no teor de umidade ótimo igual a 24%. Devido à sensibilidade estrutural do protótipo, a energia de compactação foi adaptada, utilizando-se 80 golpes por camada com uma altura de queda reduzida para 15 cm, seguida de escarificação para garantir a aderência entre camadas. Simultaneamente ao núcleo, foram executados os filtros vertical e horizontal, compostos por areia. Os taludes de montante e jusante foram

moldados com um solo composto por areia siltosa, com inclinações de aproximadamente 42º e 40º, respectivamente. A superfície dos taludes e o dreno de pé foram executados com o uso de brita n°0. A Figura 1 apresenta algumas etapas de construção do protótipo e da barragem, enquanto a Figura 2 apresenta o desenho esquemático com as dimensões do protótipo e da seção da barragem.



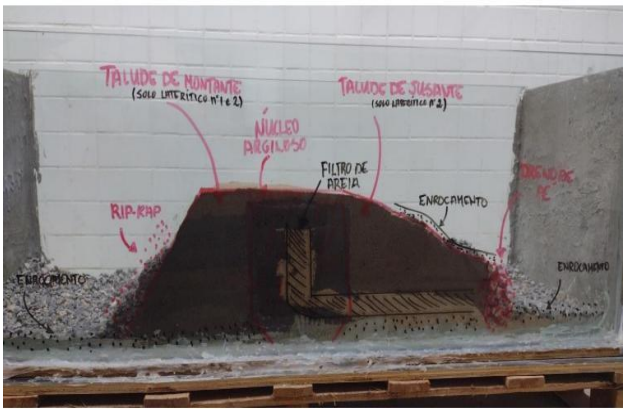
(a) Vista do protótipo de barragem



(b) Impermeabilização da base



(c) Execução do filtro horizontal



(d) Barragem finalizada

Figura 1: Construção do protótipo de barragem no laboratório

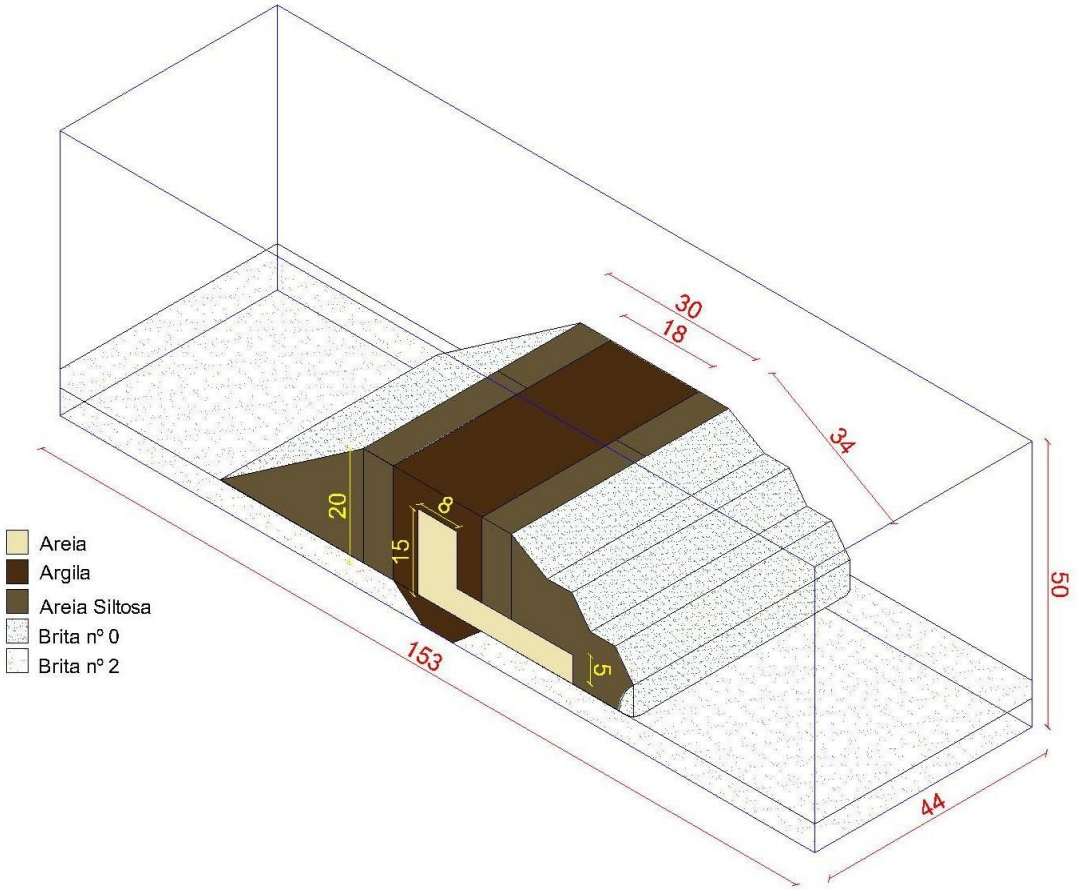


Figura 2: Desenho esquemático do protótipo e da barragem executada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização Geotécnica dos Materiais

Os ensaios de caracterização física permitiram classificar os materiais conforme o sistema unificado de classificação do solo (SUCS). O material usado no núcleo e cut-off, apresentou 58% de argila, 37% de silte e 5% de areia fina. Os resultados de LL e LP foram iguais a 64% e 27,5%, respectivamente, resultando em um Índice de Plasticidade de 36,5%. Tais valores o caracterizam como uma argila inorgânica de alta plasticidade (CH), ideal para núcleos impermeáveis devido à sua baixa condutividade hidráulica, que foi confirmada através de ensaio de permeabilidade com carga variável com valores na ordem de 10^{-8} cm/s.

O ensaio de compactação da argila usada no núcleo, revelou um comportamento com pico duplo, com a massa específica aparente seca máxima de 1,50 g/cm³ ocorrendo em dois teores de umidade (9,6% e 24%). Durante o processo de compactação foi utilizada a umidade ótima de 24%, visando garantir a maior estanqueidade e deformabilidade do núcleo, conforme indicado por Gaioto (2003) reduzindo os riscos de fissuração na estrutura.

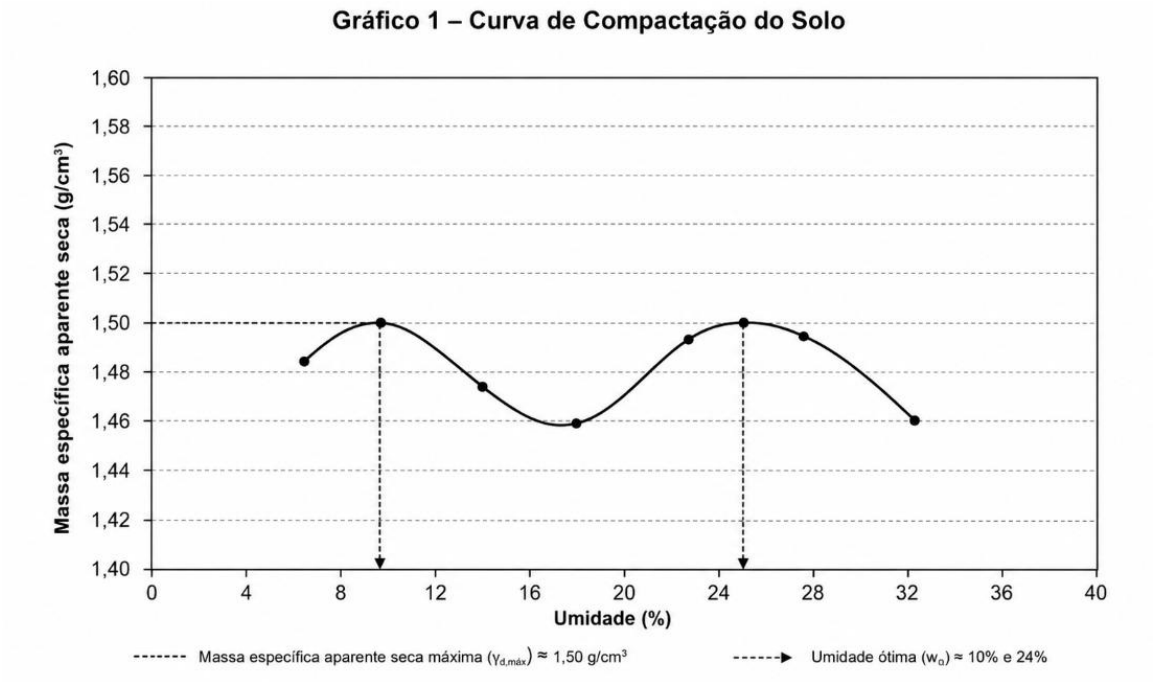


Figura 3: Resultado do ensaio de compactação.

Em relação ao material utilizado no sistema de drenagem interna, a areia empregada no filtro apresentou predominância de fração arenosa, sendo composta por 23% de areia fina, 69% de areia média e 8% de areia grossa, sem presença relevante de finos (silte e argila). A partir dessa distribuição granulométrica, o material foi classificado como areia bem graduada (SW). Essa condição favorece sua utilização como material filtrante, uma vez que proporciona boa permeabilidade, permitindo o escoamento da água percolada, ao mesmo tempo, em que dificulta o transporte de partículas mais finas provenientes do núcleo.

O solo utilizado na moldagem dos taludes de montante e jusante é composto por 6% de argila, 25% de silte, 19% de areia fina, 32% de areia média, 13% de areia grossa e 5% de pedregulhos. O limite de liquidez e de plasticidade foram iguais a 19% e 12%, respectivamente, indicando o índice de plasticidade igual a 7%. De acordo com a classificação unificada, o solo foi classificado como uma areia siltosa (SM).

Por fim, a brita utilizada no dreno de pé e na proteção dos taludes apresentou granulometria grossa e ausência de finos, classificada como pedregulho bem graduado (GW). Sua utilização, associada ao filtro arenoso, assegura um sistema eficiente de drenagem interna, fundamental para o desempenho da barragem. Além de ser um material adequado para simular o enrocamento utilizado na proteção dos taludes de montante e jusante. A Tabela 1 apresenta o resumo das propriedades geotécnicas dos materiais utilizados na barragem.

Tabela 1: Propriedades e classificação dos materiais empregados na barragem.

Material	**Composição granulométrica**	**LL (%)**	**LP (%)**	**IP (%)**	**Classificação (SUCS)**
Núcleo / Cut-off	58% argila, 37% silte, 5% areia fina	64	27,5	36,5	CH – Argila inorgânica de média a alta compressibilidade
Filtro	23% areia fina, 69% areia média, 8% areia grossa				SW – Areia bem graduada
Taludes (montante e jusante)	6% argila, 25% silte, 19% areia fina, 32% areia média, 13% areia grossa, 5% pedregulho	19	12	7	SM – Areia siltosa
Rip-rap / Dreno de pé	Predomínio de pedregulho, ausência de finos				GW – Pedregulho bem graduado

3.2 Comportamento do sistema de drenagem interno

Inicialmente, o reservatório foi preenchido com água até a altura igual a 10 cm da base, ou seja, metade da altura do barramento. Após 7 minutos, foi observado a percolação de água no talude de montante, seguida do núcleo até atingir o filtro vertical. Esse comportamento evidenciou a eficiência do sistema de drenagem interna em rebaixar a linha freática, impedindo que a saturação atingisse o talude de jusante. Durante todo o processo, o núcleo manteve-se visualmente íntegro. A Figura 4 apresenta o reservatório parcialmente cheio e o funcionamento dos filtros vertical e horizontal.



Figura 4: Percolação inicial da água no interior da barragem.

3.3 Análise de Ruptura

A fase crítica do experimento foi atingida com o galgamento forçado (Figura 5,a). Antes da passagem da água sobre a crista, o aumento das poropressões e a saturação do solo provocaram o surgimento de fissuras longitudinais no talude de montante (Figura 5,b) e transversais entre o núcleo e a aba de jusante. Essas fissuras indicam provável concentração de tensões e a perda de resistência ao cisalhamento do material.



(a) Percolação após 25 min



(b) Aparecimento de Fissuras

Figura 5: Ruptura da barragem: (a) Elevação do nível de água no reservatório. (b) Surgimento de fissuras longitudinais no talude de montante.

Com o galgamento, a erosão superficial acelerou a falha estrutural, resultando em uma rachadura profunda que expôs a seção zoneada da barragem (Figura 6). O colapso final demonstrou que, embora os filtros tenham cumprido seu papel hidráulico durante a operação normal, o galgamento permanece como a condição de ruptura mais severa para barragens de terra, reforçando a importância do dimensionamento adequado de vertedouros em estruturas reais.



Figura 6: Rompimento da barragem após galgamento.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A simulação laboratorial de uma barragem de terra zoneada demonstrou ser uma ferramenta eficaz para a melhor compreensão didática de percolação e instabilidade em barragens de terra. Com esse estudo, foi possível construir um protótipo adequado para simular barragens de terra, o que permitiu observar o comportamento de diferentes materiais aplicados.

Os filtros vertical e horizontal demonstraram eficácia no controle da percolação de água, assegurando a integridade da barragem no período observado. Desse modo, o uso de filtros e do cut-off contribuiu para a estabilidade estrutural. No entanto, durante o galgamento forçado, observou-se o aparecimento de fissuras

longitudinais no talude de montante e, posteriormente, o colapso do talude de jusante, uma característica comum associada a rupturas de barragens.

Conclui-se que a simulação em laboratório da eficiência do sistema de drenagem interno e do colapso de uma barragem se configurou como uma ferramenta valiosa para fins didáticos, permitindo a análise crítica de cada etapa estudada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2016). NBR 7182: *Solo – Ensaio de compactação.* Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2021). NBR 14545: *Solo – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos à carga variável*. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2020). NBR 16840: *Solo – Determinação do índice de vazios máximos de solos não coesivos*. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2020). NBR 16843: *Solo – Determinação do índice de vazios mínimos de solos não coesivos*. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2016). NBR 6459: *Solo – Determinação do limite de liquidez*. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2016). NBR 7180: *Solo – Determinação do limite de plasticidade*. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2016). NBR 7181: *Solo – Análise granulométrica*. Rio de Janeiro.

GAIOTO, N. (2003). *Introdução ao projeto de barragens de terra e de enrocamento*. São Carlos: EESC-USP. 126 p.

GARCÍA, J. A. B. (2013). *Análise de comportamento de barragens construídas com núcleos argilosos compactados no ramo super úmido*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade de Brasília. Disponível em: http://icts.unb.br/jspui/handle/10482/15402. Acesso em: 15 jul. 2024.

MEDEIROS, M. A.; SOUZA, W. A. R. (2019). *Modos de falha, risco e potencial de liquefação em barragens de rejeito*. Brasília: UNB.

RIBEIRO, L. F. dos S.; Dantas, A. A. N.; Silva, L. S. F.; Júnior, P. M.; Silva, R. H. de M.; Camozzi, A. B. F.; Mendes, T. A. (2019). *Development of geotechnical didactic device in support of civil engineering courses – rockfill dam*. In: XVI Congresso Pan-Americano de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (XVI PCSMGE), Sessão Técnica S18 – Educação.

VIEIRA, G. M. L. *Análise da percolação de água em barragem de terra pelo método da eletrorresistividade*. 2015. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro, 2015.

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XII Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia (CLBG)
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/28

Representações do espaço e cidadania: um olhar feminino sobre o território e o meio ambiente

Maisa Rezende Silva
Discente de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil, E-mail: maisa_rezende@discente.ufg.br

Aline Dourado Oliveira
Discente de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil, E-mail: dourado2@discente.ufg.br

Aliucha Barbalho
Discente de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil, E-mail: aliuchamorais@discente.ufg.br

Katia Alcione Kopp
Docente da Escola de Engenharia Civil e Ambiental (EECA), Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil, E-mail: kakopp@ufg.br

Andrelisa Santos de Jesus
Docente do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais (IESA), Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil, E-mail: andrelisajesus@ufg.br

Marcia Maria dos Anjos Mascarenha
Docente, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil, E-mail: marciamascarenha@ufg.br

Sylvia Regina Mesquita de Almeida
Docente aposentada, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil, E-mail: Sylvia@ufg.br

Karla Emmanuela Ribeiro Hora
Docente, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil, E-mail: karla_hora@ufg.br

Camila Talon
Diretora, Colégio Estadual Nazir Safatle, Goiânia, Brasil, E-mail: camilatalon@gmail.com

Vânia Barbara Alves Silva Morais
Professora, Colégio Estadual Nazir Safatle, Goiânia, Brasil, E-mail: vaniabarbara1@gmail.com

Victória Fernanda da Silva Barros
Discente de Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil, E-mail: victoria_barros@discente.ufg.br

RESUMO: A baixa participação feminina nas áreas de Ciências, Tecnologias, Engenharias e Matemática (STEM) está associada a fatores sociais, culturais e educacionais, entre eles a dificuldade de identificação das estudantes com disciplinas das áreas de exatas. A matemática, frequentemente percebida como abstrata e distante da realidade, constitui um dos principais entraves para o ingresso e a permanência de meninas nas engenharias. Nesse contexto, este trabalho apresenta uma experiência didática desenvolvida com estudantes do ensino médio, no âmbito do projeto de extensão Conversas entre Meninas e Engenheiras: Construindo Redes, realizada no Colégio Estadual Nazir Safatle, em Goiânia (GO). O objetivo foi analisar como atividades pedagógicas que articulam matemática, cartografia escolar e discussões de gênero contribuem para o

desenvolvimento da percepção espacial das estudantes. A metodologia adotada foi de natureza qualitativa, com observação participante, envolvendo rodas de conversa, elaboração de croquis do trajeto casa–escola, leitura e interpretação de mapas, atividades com escala e construção de maquetes do relevo. Os resultados indicam maior engajamento das alunas, ampliação da compreensão de conceitos espaciais e matemáticos e fortalecimento da leitura crítica do território, além de reflexões sobre desigualdade de gênero e pertencimento feminino nas engenharias. Conclui-se que a integração entre matemática, cartografia e vivências territoriais constitui uma estratégia eficaz para o ensino contextualizado e inclusivo, contribuindo para a formação crítica e para a ampliação do interesse de meninas pelas áreas STEM.

PALAVRAS-CHAVE: Educação matemática, Cartografia escolar, Percepção espacial, Gênero, Ensino Médio.

ABSTRACT: The low female participation in Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) fields is associated with social, cultural and educational factors, including students' lack of identification with exact sciences. Mathematics is often perceived as abstract and disconnected from daily life, becoming a major barrier to girls' access to engineering fields. This paper presents a didactic experience developed with high school students within the extension project Conversas entre Meninas e Engenheiras: Construindo Redes, carried out at Colégio Estadual Nazir Safatle, in Goiânia (Brazil). The objective was to analyze how pedagogical activities integrating mathematics, school cartography and gender discussions contribute to the development of students' spatial perception. A qualitative methodology with participant observation was adopted, including discussion circles, drawing of home-to-school route sketches, map reading and interpretation, scale-related activities and construction of relief models. The results indicate increased student engagement, improved understanding of spatial and mathematical concepts, and a more critical reading of the lived territory, along with reflections on gender inequality and female belonging in engineering fields. It is concluded that the integration of mathematics, cartography and territorial experiences is an effective strategy for contextualized and inclusive education, fostering critical training and encouraging girls' interest in STEM areas.

KEYWORDS: Mathematics education; School cartography; Spatial perception; Gender; High school.

1 INTRODUÇÃO

A desigualdade de gênero nas áreas de Ciências, Tecnologias, Engenharias e Matemática (STEM) é um fenômeno amplamente documentado em diferentes contextos educacionais e profissionais. Apesar de avanços pontuais, a presença feminina nas engenharias permanece reduzida, especialmente em níveis mais elevados de formação e atuação profissional. Essa desigualdade se constrói desde a educação básica, sendo influenciada por estereótipos de gênero, baixa representatividade feminina e processos de socialização que historicamente associam as áreas de exatas ao universo masculino (HORA et al., 2019).

A matemática ocupa papel central nesse processo, pois constitui base estruturante para a formação em engenharia e outras áreas STEM. Entretanto, quando ensinada de forma tradicional e desvinculada do cotidiano dos estudantes, tende a ser percebida como abstrata e distante da realidade. Segundo a Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017), a aprendizagem matemática deve estar associada a situações-problema contextualizadas e significativas. A ausência dessa contextualização pode reforçar inseguranças já socialmente construídas, especialmente entre meninas, que frequentemente internalizam discursos de menor aptidão para as áreas de exatas (HORA et al., 2019).

Nesse sentido, a relação de causa e efeito pode ser compreendida a partir do seguinte encadeamento: a falta de vínculo entre o conteúdo matemático e a realidade vivida dificulta a construção de sentido para a aprendizagem; essa dificuldade, somada a estereótipos de gênero e à baixa representatividade feminina nas engenharias, tende a impactar de maneira mais intensa a autoconfiança das estudantes, influenciando sua identificação com as áreas STEM.

A cartografia escolar e o desenvolvimento da percepção espacial surgem como ferramentas pedagógicas potentes nesse contexto, ao possibilitar a articulação entre conceitos matemáticos, território, meio ambiente e

vivências cotidianas. Ao trabalhar com mapas, croquis, escalas e maquetes, promove-se uma aprendizagem significativa, conforme defendido por Libâneo (1994), ao integrar teoria e prática em situações concretas. Além disso, a problematização do território e das questões socioambientais aproxima-se da perspectiva crítica da educação proposta por Freire (1996), ao estimular a leitura do mundo para além da leitura da palavra.

Diante desse contexto, este artigo tem como objetivo analisar o desenvolvimento da percepção espacial de estudantes do ensino médio a partir de atividades didáticas que articulam matemática, cartografia escolar e discussões de gênero, desenvolvidas no âmbito de um projeto de extensão universitária.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é analisar como as atividades didáticas baseadas em cartografia escolar, escala e representação espacial contribuem para o desenvolvimento da percepção espacial de estudantes do ensino médio, considerando a perspectiva de gênero.

Como objetivos específicos, buscou-se desenvolver atividades práticas envolvendo mapas, croquis e maquetes; relacionar conceitos matemáticos a questões espaciais e socioambientais; estimular a leitura crítica do território vivido pelas estudantes; e observar o engajamento e a participação das alunas sob a ótica das discussões de gênero.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Percepção espacial e aprendizagem

A percepção espacial constitui habilidade fundamental para a compreensão do espaço geográfico e para o desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático. No campo educacional, está associada à capacidade de interpretar mapas, representar trajetos, compreender escalas e estabelecer relações entre representações bidimensionais e tridimensionais do espaço.

Segundo Libâneo (1994), a aprendizagem torna-se mais significativa quando os conteúdos são trabalhados de forma contextualizada e articulados às experiências concretas dos estudantes. No caso da matemática e da cartografia, essa articulação favorece a construção de conceitos como proporção, escala, orientação e localização.

Além disso, a perspectiva freireana reforça a importância da leitura crítica do território e da realidade vivida como dimensão formativa da educação (FREIRE, 1996). Assim, o desenvolvimento da percepção espacial não se restringe à habilidade técnica de leitura cartográfica, mas envolve a compreensão crítica do espaço como construção social.

3.2 Cartografia escolar como ferramenta pedagógica

A cartografia escolar configura-se como importante ferramenta pedagógica ao possibilitar a mediação entre conceitos matemáticos e o território vivido pelas estudantes. A Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017) destaca a importância da resolução de problemas contextualizados como estratégia para a consolidação da aprendizagem matemática.

O uso de mapas, croquis e representações tridimensionais contribui para a compreensão de escala, proporção e organização espacial, promovendo integração entre matemática, geografia e ciências ambientais.

A desigualdade de gênero nas áreas STEM encontra raízes em processos socioculturais que influenciam a autoconfiança e a identificação das meninas com disciplinas das áreas de exatas (HORA et al., 2019). A ausência de representatividade feminina e a reprodução de estereótipos impactam diretamente as escolhas acadêmicas e profissionais.

Nesse contexto, práticas pedagógicas que promovam identificação, pertencimento e diálogo crítico sobre gênero contribuem para a construção de ambientes educacionais mais inclusivos.

4 METODOLOGIA

A pesquisa adotou abordagem qualitativa, de caráter exploratório, tendo a observação participante como principal procedimento metodológico. As atividades envolveram estudantes do ensino médio do Colégio Estadual Nazir Safatle, em Goiânia, no âmbito do projeto de extensão *Conversas entre Meninas e Engenheiras: Construindo Redes*.

A intervenção foi organizada em quatro monitorias formativas, cada uma estruturada a partir de plano de atividades específico, articulando percepção espacial, cartografia escolar, matemática e discussões de gênero.

Na primeira monitoria, realizou-se a montagem de maquete do relevo de Goiânia, previamente preparada em razão da complexidade de sua confecção integral. Antes da aplicação na escola, participou-se de oficina formativa na Universidade Federal de Goiás para apropriação da técnica de produção do modelo. Essa estratégia favoreceu a participação ativa das estudantes na etapa final de montagem por camadas altimétricas, estimulando a construção coletiva de sentidos sobre relevo, escala e organização espacial.

Na segunda monitoria, a maquete foi retomada como recurso para problematizar fundamentos cartográficos, geomorfológicos e ambientais que embasaram sua construção, incluindo escala, representação tridimensional e implicações para a drenagem urbana, em diálogo com professoras da UFG. Em seguida, desenvolveu-se leitura compartilhada e mediada do livro *De montante a jusante: o sedimento andou bastante* (RODRIGUES et al., 2024), constituindo-se espaço de diálogo sobre bacia hidrográfica, sedimentos e escalas espaciais.

Na terceira monitoria, as estudantes elaboraram croquis do trajeto casa–escola, mobilizando sua percepção espacial cotidiana. Posteriormente, realizaram transformações de escala a partir do mapa da malha viária do entorno da escola, representando com maior precisão o mesmo percurso anteriormente desenhado, articulando noções de redução, proporção e conversão de distâncias.

Na quarta monitoria, realizou-se leitura compartilhada do livro *Conversas entre Meninas e Engenheiras* (HORA et al., 2019). Após o intervalo, constituiu-se espaço de diálogo coletivo sobre gênero e mundo STEM, problematizando a construção histórica dos papéis sociais e suas possibilidades de ressignificação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização de maquetes tridimensionais (Figura 1), mostrou-se recurso pedagógico relevante para o desenvolvimento da percepção espacial. Durante as atividades, observou-se que a manipulação dos modelos favoreceu a identificação de diferenças de forma, altitude e organização do relevo, possibilitando a transposição de representações bidimensionais para a compreensão tridimensional do espaço.



Figura 1. A construção da maquete não se limitou à representação do relevo, mas possibilitou ampliar a leitura do espaço físico em direção a uma compreensão crítica do território, como se desdobrou nas discussões apresentadas na Figura 2.

Esse processo evidenciou avanço na capacidade das estudantes de estabelecer relações entre volume, orientação e distribuição espacial, indicando progressiva consolidação do raciocínio lógico-matemático, conforme discutido por Libâneo (1994). A experiência concreta contribuiu para tornar conceitos abstratos mais acessíveis, reforçando a aprendizagem significativa e ampliando a compreensão de fenômenos físicos e ambientais.

Além do desenvolvimento técnico da leitura espacial, a atividade possibilitou ampliar a interpretação do espaço físico para uma dimensão crítica do território. A partir das observações sobre relevo e organização espacial, emergiram questionamentos relacionados ao uso do solo, à ocupação urbana e às dinâmicas ambientais locais.

Essa ampliação da análise foi aprofundada na etapa seguinte (Figura 2), quando as maquetes passaram a ser utilizadas como suporte para problematizações socioambientais mediadas por roda de conversa. A leitura do livro *De montante a jusante: o sedimento andou bastante* (RODRIGUES et al., 2024) favoreceu a articulação entre conceitos físicos — como sedimentos e escoamento — e questões sociais, territoriais e de desigualdade no acesso à água.



Figura 2. Roda de conversa sobre problematizações socioambientais, articulando o uso de maquetes tridimensionais à discussão de território, água e desigualdades sociais.

Nesse momento, observou-se maior engajamento das estudantes na construção de interpretações críticas do território, evidenciando que o desenvolvimento da percepção espacial não se restringiu à dimensão técnica, mas se expandiu para a compreensão integrada dos fenômenos ambientais e sociais.

Na etapa seguinte, a cartografia escolar (Figura 3) foi utilizada como desdobramento do processo formativo. Conforme orienta a Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017), o ensino de matemática deve promover a resolução de problemas contextualizados e vinculados à realidade dos estudantes. Nesse sentido, a elaboração de croquis do trajeto casa–escola permitiu mobilizar a vivência cotidiana como ponto de partida para a construção do conhecimento espacial.



Figura 3. Atividade de cartografia escolar envolvendo a elaboração de croquis, leitura de mapas do bairro e aplicação de conceitos de escala e orientação espacial.

O confronto entre os croquis e os mapas formais do bairro, contendo escala, orientação e sistema viário, possibilitou a compreensão dos processos de ampliação e redução da realidade por meio de operações matemáticas associadas à escala cartográfica. A medição das distâncias e sua conversão para valores reais favoreceram maior domínio conceitual e segurança na manipulação da linguagem cartográfica, fortalecendo a

articulação entre matemática, território e tecnologia, em consonância com a proposta de contextualização defendida pela BNCC (BRASIL, 2017).

Esse aprofundamento da leitura espacial criou condições para ampliar a discussão em direção à dimensão social do conhecimento científico. A roda de conversa mediada pela leitura do livro *Conversas entre Meninas e Engenheiras* (Figura 4) possibilitou relacionar as competências desenvolvidas — como percepção espacial e raciocínio lógico — às questões de representatividade feminina nas áreas STEM.



Figura 4. Roda de conversa a partir da leitura do livro *Conversas entre Meninas e Engenheiras*, promovendo reflexões sobre desigualdades de gênero, representatividade feminina e pertencimento às áreas STEM.

As reflexões realizadas pelas estudantes evidenciaram que o acesso ao conhecimento científico e tecnológico também é influenciado por fatores socioculturais e de gênero, conforme discutido por Hora et al. (2019). Ao promover a identificação das alunas com narrativas femininas no campo das engenharias, a atividade contribuiu para o fortalecimento do sentimento de pertencimento às áreas STEM, aspecto apontado por Hora et al. (2019) como fundamental para ampliar a permanência feminina nessas áreas.

Dessa forma, as três etapas — maquetes, cartografia escolar e roda de conversa — configuraram um percurso pedagógico integrado, no qual o desenvolvimento da percepção espacial foi articulado à construção de uma leitura crítica do território e à problematização das desigualdades de gênero. Tal integração evidencia que a aprendizagem técnica e a formação social não são dimensões dissociadas, mas complementares no processo educativo (FREIRE, 1996; LIBÂNEO, 1994).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a articulação entre matemática, cartografia escolar e discussões de gênero constituiu um percurso pedagógico integrado, capaz de promover o desenvolvimento da percepção espacial de estudantes do ensino médio de forma contextualizada e crítica. A progressão das atividades — da manipulação concreta das maquetes tridimensionais à leitura cartográfica do território e à problematização das desigualdades de gênero — evidenciou que o aprendizado técnico pode ser potencializado quando associado à realidade vivida e às dimensões sociais do conhecimento.

Os resultados indicam que a utilização de representações espaciais concretas favorece a compreensão de conceitos abstratos, como escala, proporção e organização espacial, reforçando a aprendizagem significativa (LIBÂNEO, 1994). Além disso, a incorporação do debate sobre território e gênero ampliou a formação das estudantes para além da dimensão cognitiva, aproximando-se da perspectiva de leitura crítica da realidade defendida por Freire (1996).

Ao relacionar competências técnicas ao debate sobre representatividade feminina nas áreas STEM, a experiência contribuiu para fortalecer o sentimento de pertencimento das alunas às engenharias, aspecto considerado fundamental para a ampliação da participação feminina nessas áreas (HORA et al., 2019).

Dessa forma, o estudo aponta que práticas pedagógicas interdisciplinares, que integrem desenvolvimento espacial, contextualização matemática e reflexão social, podem constituir estratégia relevante para promover tanto o avanço conceitual quanto a construção de ambientes educacionais mais

inclusivos. Recomenda-se a ampliação e adaptação dessa metodologia em outros contextos escolares, bem como a realização de estudos futuros que aprofundem a análise dos impactos dessa abordagem na permanência e no interesse de meninas pelas áreas STEM.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás - FAPEG/GO (Nº Proc.: 202410267000989) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (Nº Proc.:: 440461/2024-3) pelo financiamento da pesquisa e bolsas de iniciação científica, ATN-S e de produtividade em pesquisa de algumas autoras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brasil (2017). Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC.

Freire, P (1996). *Pedagogia da autonomia*. São Paulo: Paz e Terra.

Hora, K. E. R. et al. (2019). *Conversas entre meninas e engenheiras: semeando oportunidades para igualdade de gênero na ciência*. Goiânia: Gráfica UFG.

Libânio, J. C (1994). *Didática*. São Paulo: Cortez.

Rodrigues, N. B. et al (2024). *De montante a jusante: o sedimento andou bastante*. Goiânia: Edição dos Autores.

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/29

Saberes sobre os Solos no Distrito Federal - Ações do Núcleo Regional IFB/UNB do projeto Conversa entre Meninas e Engenheiras, construindo redes

Joseleide Pereira da Silva Antunes
Docente, Instituto Federal de Brasília, Brasília, Brasil, joseleide.silva@ifb.edu.br

Larissa Andrade de Aguiar
Docente, Instituto Federal de Brasília, Brasília, Brasil, larissa.aguiar@ifb.edu.br

Renata Conciani Nunes
Docente, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, reconciani@gmail.com

Lyssya Suelen Pereira da Silva
Docente, Instituto Federal de Brasília, Brasília, Brasil, lyssya.silva@ifb.edu.br

Doralice de Lourdes Silva
Docente, CEF 120 Samambaia, Brasília, Brasil, doralicesilva.unb@gmail.com

Renata Beatriz da Conceição Nogueira
Discente, Instituto Federal de Brasília, Brasília, Brasil, renatasep2019@gmail.com

Katia Alcione Kopp
Docente, Universidade Federal de Goiás, Brasília, Brasil, kakopp@ufg.br

Márcia Maria dos Anjos Mascarenha
Docente, Universidade Federal de Goiás, Brasília, Brasil, marciamascarenha@ufg.br

Karla Emmanuela Ribeiro Hora
Docente, Universidade Federal de Goiás, Brasília, Brasil, karla_hora@ufg.br

RESUMO: O mundo está em constante mudança e melhorar os indicadores de igualdade de gênero segue sendo um dos grandes desafios para as nações. Pactos globais têm como objetivos alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas para quebrar barreiras sociais e econômicas. Na construção civil diversos projetos vêm ganhando protagonismo no cenário nacional. O núcleo regional do Distrito Federal do projeto Conversa entre meninas e mulheres, formado pelo Instituto Federal de Brasília (IFB) - Campus Samambaia e Universidade de Brasília (UnB), trilharam um caminho buscando inserir meninas e mulheres na pesquisa e no ensino na área da construção civil e geotecnia. O público selecionado reside na área periférica do Distrito Federal (DF), na região administrativa de Samambaia, meninas estudantes do centro de ensino fundamental CEF 120 de Samambaia, e a mulheres do ensino médio e da Educação de jovens e adultos (PROEJA) matriculadas no IFB, participaram de ações práticas de pesquisa, ensino e imersão cientìfica nos laboratórios da UnB e do IFB. Foram realizadas oficinas de solos, realizando a identificação táctil visual, as texturas e as principais características dos minerais dos solos e oficinas de pintura com tintas de solos, evidenciando os argilominerais presentes nos solos regionais e montagem de equipamentos geotécnicos. Algumas ações destacaram-se por aproximar alunas dos ensino fundamental, médio e EJA, com os saberes de solos que fazem parte da rotina do geotécnico. Cabe destacar que o ganho social é incalculável, a experiência vivenciada nas práticas em laboratórios de universidades e contato com o mundo da engenharia eleva sua autoestima e insere no seu mundo novos objetivos.

PALAVRAS-CHAVE: Meninas nas STEM, Práticas de Solos, Ensino de Engenharia, Curricularização da Extensão, Educação.

ABSTRACT: The world is constantly changing, and improving gender equality indicators remains one of the great challenges for nations. Global pacts aim to achieve gender equality and empower all women and girls to break down social and economic barriers. In the construction industry, several projects have gained prominence on the national stage. The regional center of the "Conversation between Girls and Women" project in the Federal District, formed by the Federal Institute of Brasília (IFB) - Samambaia Campus and the University of Brasília (UnB), has forged a path seeking to include girls and women in research and teaching in the field of civil construction and geotechnics. The selected participants reside in the peripheral area of the Federal District (DF), in the administrative region of Samambaia. Female students from the CEF 120 elementary school in Samambaia, and female students from high school and adult education programs (PROEJA) enrolled at IFB, participated in practical research, teaching, and scientific immersion activities in the laboratories of UnB and IFB. Workshops on soil analysis were conducted, focusing on visual and tactile identification, textures, and the main characteristics of soil minerals. Workshops also included painting with soil-based paints, highlighting the clay minerals present in regional soils, and assembling geotechnical equipment. Some activities stood out for connecting elementary, middle, and high school students with the knowledge of soils that is part of a geotechnical engineer's daily routine. It is worth noting that the social gain is incalculable; the experience gained in university laboratory practices and contact with the world of engineering boosts their self-esteem and introduces new goals into their lives.

KEYWORDS: girls in STEM, Soil Practices, Soils for Basic Education.

1 INTRODUÇÃO

O mundo está em constante transformação, impulsionado por avanços tecnológicos, mudanças sociais e pela necessidade de promover o desenvolvimento sustentável. Nesse contexto, a melhoria dos indicadores de igualdade de gênero permanece como um dos principais desafios enfrentados pelas nações contemporâneas. Pactos globais, como a Agenda 2030 das Nações Unidas, estabelecem como meta fundamental alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas, visando romper barreiras históricas, sociais e econômicas que limitam sua plena participação na sociedade (ONU Mulheres, 2024; UNESCO, 2023).

No campo específico da geotecnia, observa-se uma presença feminina ainda limitada, particularmente entre mulheres negras e indígenas, refletindo não apenas a baixa adesão inicial aos cursos de engenharia civil, mas também as dificuldades de permanência e progressão na carreira. Barreiras culturais, preconceito racial e de gênero, desigualdade salarial, invisibilização profissional e restrições ao acesso a cargos de liderança constituem desafios recorrentes enfrentados por essas engenheiras no ambiente acadêmico e no mercado de trabalho (SOUZA et al., 2025; MENDES et al., 2024; SILVA; COSTA, 2023).

Essas desigualdades têm raízes profundas no processo educacional, uma vez que a escolha profissional é fortemente influenciada por fatores socioculturais desde a infância. A ausência de estímulos direcionados, a escassez de referências femininas negras e indígenas nas áreas de exatas e a persistência de estereótipos raciais e de gênero contribuem para o afastamento precoce dessas meninas das engenharias. Nesse sentido, programas voltados ao incentivo de meninas para ingressarem nas áreas de ciência, tecnologia, engenharia e matemática *STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics*), com abordagem interseccional, assumem papel estratégico na promoção da equidade, ao despertar o interesse, fortalecer a autoconfiança e ampliar as perspectivas profissionais dessas jovens (ONU Mulheres, 2024; SME, 2025; UNESCO, 2023).

Em âmbito nacional e internacional, observa-se desigualdade na escolha de carreiras científicas, em que as mulheres são mais representadas em carreiras relacionadas à assistência, saúde e educação, enquanto os homens predominam em áreas ligadas às ciências exatas e à engenharia. Observa-se um pequeno crescimento em publicações que se preocupam com a igualdade de gênero nas *STEM*. Essa reflexão sobre a relação entre gênero e ciência teve início na década de 1970, quando pesquisadoras feministas começaram a enfatizar a importância do tema e acumularam evidências empíricas sobre a marcante relação entre sexismo e

ciência. No Brasil, o Programa Mulher e Ciência (PMC) pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) foi publicado em 2008 e o primeiro Edital que incentivou meninas escolares a buscar as áreas das ciências, foi publicado pelo CNPq em 2018.

As ações específicas da engenharia geotécnica realizadas pelo núcleo regional do Distrito Federal composto pelo Instituto Federal de Brasília (IFB) e Universidade de Brasília (UnB) como instituições executoras, no âmbito de umas das demandas realizadas no projeto nacional "Conversa entre Meninas e Engenheiras: Construindo Redes". Tal projeto articula ações nacionais em seis instituições de ensino (IES): UFG, IFB, UNB, IFPI, UNIFESSPA e UFRR, em três grandes regiões brasileiras, CO; N e NE e é financiado pelo CNPq.

Assim, essa pesquisa-ação busca contribuir com ações e reflexões que possam superar o contexto acima e estimular e apoiar meninas e mulheres na área de ensino e pesquisa da *STEM* . O projeto desenvolve atividades em cinco Escolas de Educação Básica envolvendo ensino fundamental, ensino médio e EJA, com perfis distintos: escolas periféricas, escola rural, escola de aplicação e cursinho comunitário, além de trocar experiências sobre práticas pedagógicas e de extensão; atuar em parceria promovendo cursos de formação em gênero, questões étnico-raciais e interseccionalidade; e formar uma rede de ação que fortaleça a presença das mulheres na área de *STEM*. Para isto, também se propõe a executar um plano de divulgação científica e comunicação; e monitorar as egressas participantes do projeto.

2 IDENTIFICAÇÃO DO PERFIL DAS ESTUDANTES

De acordo com dados do Censo Demográfico de 2022, cerca de 58% da população do Distrito Federal se autodeclara preta ou parda, percentual superior à média nacional. As mulheres representam aproximadamente 52% da população total do DF, sendo que as mulheres pretas e pardas constituem a maioria da população feminina, este número ultrapassa a marca de 55% a 60% do total de mulheres, dependendo do recorte etário e da metodologia de análise.

Ainda segundo os Censos de 2020-2024, a população preta e parda do Distrito Federal encontra-se majoritariamente concentrada nas regiões administrativas periféricas, tais como: Ceilândia, **Samambaia,** Sol Nascente/Pôr do Sol, Planaltina, Recanto das Emas, Santa Maria e Itapoã. Essas regiões apresentam maior densidade populacional, menor renda média domiciliar e maiores índices de vulnerabilidade social. Em contrapartida, áreas centrais e mais valorizadas, como o Plano Piloto, Lago Sul e Lago Norte, concentram maior proporção de população branca e renda elevada, evidenciando um padrão de segregação socioespacial fortemente marcado por desigualdades raciais.

No Distrito Federal, embora os indicadores educacionais sejam superiores à média nacional, persistem desigualdades raciais significativas. As mulheres pretas e pardas apresentam menores taxas de conclusão do ensino superior quando comparadas às mulheres brancas. Essa diferença está associada a fatores como evasão escolar precoce, necessidade de inserção precoce no mercado de trabalho e responsabilidades domésticas.

Todos os processos de exclusão, étnico-racial e de gênero, possuem um efeito de curto e médio prazo, que é o afastamento das meninas de atividades que envolvem raciocínio lógico, matemático e práticas de programação. A distinção no tratamento social e na vida escolar básica tem como uma das consequências o fato de que mulheres raramente optam pela formação em Engenharia, Exatas ou Ciências Tecnológicas. A longo prazo, percebemos quão poucas mulheres se fazem presentes nestes espaços, principalmente as negras (pretas e pardas) ou pardas-pretas.

Buscando intermediar ações que busquem incentivar, valorizar, orientar e empoderar, meninas que pertencem a este recorte social apresentado acima, duas escolas públicas que atendem alunas do ensino fundamental, médio e EJA, da Cidade Satélite de Samambaia- DF, foram selecionadas.

O primeiro local de estudo é o Centro de Ensino Fundamental (CEF 120) CEF 120 está localizado na QS 120/122, Conjunto 4, Lote 1, Área Especial Setor Sul, - Samambaia, Brasília - DF, CEP: 72304-104. Trata-se de uma Escola da Rede Pública de Ensino Fundamental que atende as séries 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental, um total de 932 alunos matriculados no ano de 2024. A Escola está situada na cidade Satélite de Samambaia pertencente à Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE), distante 37 km do plano piloto do DF, onde se concentra uma população de baixa renda e alta

vulnerabilidade. Apresenta um IDEB de 2019 dos anos iniciais (6º a 9º ano) de 4,6. Na 9ª série apresenta um percentual de aprendizado em matemática de 19% e 37% em português. Decorrente da sua localização, o acesso às tecnologias e inovação é restrito e há carências de projetos que promovam a equidade de gênero.

A segunda escola é Instituto Federal de Brasília (IFB) Campus Samambaia foi criado em 29 de dezembro de 2008, por meio da Lei nº 11.892, que instituiu a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica. O IFB Campus Samambaia iniciou suas atividades em 2011, focando em corroborar com as atividades econômicas mais presentes na região, por meio de uma consulta pública realizada no primeiro semestre de 2009, na qual se identificou a demanda da população por cursos nas áreas de meio ambiente, segurança do trabalho, móveis e construção civil. Com foco nas mesmas áreas de atuação, o campus oferta os cursos técnicos subsequentes em Controle Ambiental e Edificações; cursos técnicos integrados em Controle Ambiental e Design de Móveis, o curso técnico PROEJA em Edificações, o curso de Tecnologia em Design de Produto e o curso de Licenciatura em Educação Profissional; desde de 2022 iniciou o curso de Bacharelado em Engenharia Civil.

3 METODOLOGIA DAS AÇÕES REALIZADAS

A análise bibliométrica voltada a caracterizar a produção científica sobre questões de gênero nas *STEM* buscou analisar, a partir de indicadores bibliométricos, quem publica sobre o tema, em quais periódicos, em quais países e como os autores se relacionam entre si em termos de co-autoria e co-citação. Para isto, utilizou-se a base Scopus empregando palavras como gênero e *STEM,* com foco nesses termos. Percebeu-se um ponto de inflexão no número de publicações a partir do ano de 2010, ao excluir-se as áreas de saúde, ou seja, a partir de 2010, houve um crescimento exponencial no número de publicações com essas palavras-chave. Buscando "*gender*" and "*STEM*" em palavras chave, para os anos entre 2010 e 2026, excluindo as áreas de saúde, encontrou-se 1.577 publicações. A nuvem de palavras geradas com esses dados, pode ser observada na Figura 1.



Figura 1 – Nuvem de palavras com os termos da pesquisa e Informações centrais da bibliometria.

As principais informações sobre esses dois termos, dentre as publicações pesquisadas, estão na Figura 2. Nesta figura, se observa os principais indicadores descritivos da produção científica incluída na análise bibliométrica deste estudo. Esses dados sintetizam informações sobre o período coberto, número de fontes e documentos, volume de referências, citações, palavras-chave e padrão de colaboração entre autores, fornecendo uma visão da dinâmica e da organização do campo investigado. Os dados da Figura 1, com 1574 documentos distribuídos em 653 fontes ao longo do período de 2010 a 2026. A média de citações por documento totaliza 19,33 referências. Em termos de conteúdo, registaram-se 3426 palavras-chave específicas de autor. Já os indicadores de autoria mostram um padrão fortemente colaborativo: são 4569 autores para 1574 documentos, com apenas 209 registros de artigos de autoria única, com média de 3,54 co autores por publicação e 19,82% de coautorias internacionais.

O presente estudo caracteriza-se como pesquisa aplicada, de abordagem qualitativa e natureza interventiva, desenvolvida no âmbito do projeto nacional "Conversa entre Meninas e Engenheiras: Construindo Redes", financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. A investigação foi conduzida pelo núcleo regional do Distrito Federal, composto pelo Instituto Federal de Brasília – Campus Samambaia e pela Universidade de Brasília, articulando ensino, pesquisa e extensão. Do ponto de vista epistemológico, o estudo fundamenta-se:

- Na abordagem da Educação STEM integrada (Bybee, 2006), que defende a articulação entre ciência, tecnologia, engenharia e matemática em contextos reais;
- Na aprendizagem experiencial (Kolb, 2015), centrada na experiência concreta como eixo formativo;
- Na pedagogia crítica (Freire, 2011), ao promover conscientização e emancipação;
- Na perspectiva da interseccionalidade (Crenshaw, 1991), considerando a sobreposição de gênero, raça e classe social como estruturantes das desigualdades educacionais.

A intervenção foi estruturada com foco na equidade de gênero nas engenharias, especialmente na geotecnia, reconhecendo que a exclusão feminina nas áreas técnicas é produzida por mecanismos históricos, simbólicos e institucionais.

A metodologia foi organizada em cinco etapas integradas:

Etapa 1 – Planejamento Interinstitucional: Reuniões técnicas entre IFB e UnB, definição de cronograma e protocolos laboratoriais, elaboração de materiais pedagógicos acessíveis e planejamento das estratégias de abordagem inclusiva. Essa etapa assegura coerência metodológica e alinhamento entre objetivos científicos e pedagógicos.

Etapa 2 – Imersão Científica em Geotecnia: A imersão ocorreu nos laboratórios das instituições parceiras, permitindo contato direto com práticas profissionais da engenharia.

Etapa 3 – Estratégias Pedagógicas Inclusivas: Foram adotadas metodologias ativas, tais como aprendizagem baseada em investigação, ensino por experimentação e protagonismo feminino nas atividades técnicas. A presença de engenheiras e pesquisadoras como mediadoras atuou como elemento estruturante da intervenção, reforçando pertencimento e autoeficácia.

Etapa 4 – Registro e Monitoramento: Os dados foram coletados por meio de observação participante, registros fotográficos, relatórios descritivos, relatos qualitativos das estudantes. A análise ocorreu sob abordagem qualitativa interpretativa, buscando identificar indicadores de engajamento, interesse por STEM, ampliação da autoestima acadêmica e construção de identidade científica.

Etapa 5 – Divulgação Científica e Formação de Rede: As ações foram sistematizadas e divulgadas em eventos científicos, fortalecendo a rede nacional do projeto e ampliando o impacto social da iniciativa.

3.1 Imersão Científica I- Montagem de Equipamento MCT

No âmbito da Etapa 2 – Imersão Científica em Geotecnia, foi realizada atividade prática de identificação, separação e montagem do equipamento destinado à execução dos ensaios da metodologia MCT (Miniatura, Compactado, Tropical), desenvolvida por Nogami e Villibor para a classificação de solos tropicais compactados. A escolha dessa atividade fundamenta-se na relevância da metodologia MCT para a caracterização tecnológica de solos lateríticos e não lateríticos amplamente ocorrentes no Distrito Federal, bem como na sua aplicabilidade em obras de pavimentação e infraestrutura.

A prática foi conduzida no Laboratório de Mecânica dos Solos do Instituto Federal de Brasília (IFB) – Campus Samambaia, com a participação de estudantes participantes do projeto. A atividade teve caráter formativo e introdutório, priorizando a compreensão do aparato experimental e dos princípios físicos envolvidos, não se configurando como ensaio com finalidade de obtenção de resultados técnicos para pesquisa geotécnica formal.

Inicialmente, realizou-se contextualização teórica sucinta acerca dos fundamentos da metodologia MCT, destacando-se os ensaios Mini-MCV (Mini Moisture Condition Value) e perda de massa por imersão, bem como os parâmetros derivados que permitem a classificação dos solos quanto ao seu comportamento mecânico e hidráulico quando compactados.

Na sequência, procedeu-se à identificação individualizada dos componentes do equipamento, incluindo molde cilíndrico metálico, soquete de compactação com massa padronizada, base de apoio, sistema de leitura de deformações (extensômetro ou comparador mecânico), suporte estrutural e dispositivos de fixação. As participantes foram orientadas a manusear cada elemento, reconhecendo sua função no sistema e compreendendo a necessidade de alinhamento, nivelamento e fixação adequados para garantir repetibilidade e confiabilidade dos resultados em ensaios formais. Durante a atividade, foram enfatizados aspectos relacionados à segurança laboratorial, calibração de instrumentos e controle de variáveis experimentais.

Do ponto de vista pedagógico, a atividade foi estruturada conforme os pressupostos da aprendizagem experiencial, ao privilegiar a experiência concreta como ponto de partida para a construção do conhecimento técnico, e da Educação *STEM* integrada, ao articular conceitos de física (energia e deformação), matemática (leitura e interpretação de medidas), tecnologia (instrumentação) e engenharia (aplicação geotécnica). A presença de docentes e pesquisadoras da área atuou como elemento de mediação técnica e simbólica, favorecendo o fortalecimento da autoeficácia e da identidade científica das participantes.

A montagem do equipamento MCT mostrou-se estratégica para aproximar os estudantes da rotina profissional da engenharia geotécnica, proporcionando contato direto com instrumentos reais de laboratório e desmistificando a complexidade dos procedimentos técnicos. A atividade contribuiu para ampliar a compreensão sobre o comportamento dos solos regionais e para consolidar a imersão científica proposta pelo projeto, integrando ensino, extensão e prática laboratorial em contexto de promoção da equidade de gênero.

3.2 Imersão Científica II - Identificação Visual e Táctil dos Solos do DF

Ainda no âmbito da Etapa 2 – Imersão Científica em Geotecnia, foi realizada atividade prática de ensaios laboratoriais de identificação de solos. Estes são ensaios acessórios e complementares a análises realizadas em campo durante ensaios de sondagem de simples reconhecimento ou de sondagem a percussão (SPT). Esta ação foi realizada com ênfase na análise visual e tátil, contemplando a avaliação das cores, textura e limites de consistência. Essa abordagem visa obter uma caracterização preliminar e qualitativa dos materiais geotécnicos, possibilitando sua classificação e interpretação do comportamento mecânico, conforme preconizado pelas normas técnicas nacionais e internacionais.

A análise visual e tátil foi conduzida conforme diretrizes da ABNT NBR 6484:2001 (Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio), complementada pelas recomendações da ASTM D2488 (*Standard Practice for Description and Identification of Soils -Visual-Manual Procedure*), sendo que a ASTM D2488 é usada para uma identificação rápida no campo, enquanto a ASTM D2487 (Classificação de Solos para Engenharia) deve ser usada quando à necessidade de uma verificação da classificação mais precisa em laboratório. Essa etapa consistiu na observação direta das propriedades físicas aparentes do solo, permitindo uma classificação preliminar e uma avaliação qualitativa de seu comportamento geotécnico.

A determinação da cor dos solos foi realizada por comparação visual com a Carta de Cores de Munsell, metodologia amplamente aceita na geotecnia e na pedologia. A análise considerou os parâmetros de matiz (*hue*), valor (*value*) e croma (*chroma*), permitindo inferências quanto à composição mineralógica, teor de matéria orgânica, presença de óxidos de ferro e condições de drenagem do solo. Solos de coloração avermelhada, por exemplo, indicam maior presença de óxidos de ferro em estado oxidado, enquanto tons acinzentados ou azulados sugerem ambientes redutores e saturados.

A textura do solo foi avaliada por meio da manipulação manual da amostra umedecida, considerando-se a sensação tátil, plasticidade aparente e resistência à deformação. Foram observadas características como aspereza, suavidade, coesão e pegajosidade, possibilitando a distinção qualitativa entre frações predominantes de areia, silte e argila. Essa análise foi complementada pela sedimentação visual em proveta, quando necessário, conforme recomendações da ABNT NBR 7181:2016 (Análise granulométrica).

3.3 Imersão Científica II - Produção e Atividades com Tinta de Solos

No âmbito da Etapa 2 e 3 – Imersão Científica em Geotecnia e Estratégias Pedagógicas Inclusivas, foi realizada a produção de tinta de solos, que consiste na elaboração de um revestimento ecológico a partir de solo argiloso peneirado, água e aglutinante (como cola PVA), configurando-se como alternativa de baixo custo, sustentável e adequada para aplicação em superfícies como alvenaria e madeira. O desempenho do material está diretamente relacionado às características físicas e químicas do solo, especialmente à granulometria, ao teor de argila e à presença de óxidos de ferro, responsáveis tanto pela coloração quanto pela capacidade de aderência. O processo envolve as etapas de seleção e preparo do solo, peneiramento, homogeneização da mistura e aplicação em camadas finas, possibilitando ainda análises técnicas quanto à cobertura, resistência superficial, durabilidade e comportamento frente à umidade.

A produção da tinta iniciou-se com a seleção de solo argiloso com boa plasticidade e coloração definida, seguida da remoção de impurezas. O material foi seco ao ar e peneirado em malha fina (1–2 mm) para garantir maior uniformidade. A mistura foi preparada na proporção média de duas partes de solo para uma de água, com adição de meia parte de cola branca (PVA) para melhorar a coesão e a resistência. Após homogeneização e breve repouso, verificou-se a viscosidade, ajustando-se a quantidade de água quando necessário.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pintura de edificações é uma prática historicamente masculina, dentre tantas na cadeira produtiva da construção civil. Permitir que as alunas vivenciem esta prática, corrobora estratégias inclusivas com experimentação e protagonismo, elevando a autoestima das alunas. A tinta foi aplicada com pincel em camadas finas e sucessivas, respeitando o tempo de secagem entre as demãos. A Figura 2 apresenta a aplicação na casa modelo do Campus Samambaia.

A prática de produção de tinta de solos amplia as possibilidades de adesão à área de *STEM* ao integrar, de forma contextualizada e aplicada, conhecimentos de Ciência (composição e propriedades do solo), Tecnologia (processo produtivo), Engenharia (aplicação e desempenho do material) e Matemática (proporções e controle de variáveis), podendo ainda incorporar a dimensão artística relacionada às cores e à estética dos acabamentos. Ao promover aprendizagem prática e investigativa, a atividade reduz a percepção de abstração frequentemente associada às áreas das Ciências Exatas, favorecendo a compreensão concreta dos conteúdos e o desenvolvimento do protagonismo estudantil. Além disso, ao possibilitar que as estudantes atuem diretamente na experimentação, análise e aplicação do conhecimento técnico, fortalece-se o senso de pertencimento, a autoconfiança e a identificação com o campo científico-tecnológico, fatores reconhecidos na literatura como determinantes para a permanência e o engajamento feminino nas áreas de *STEM*. As demais etapas do projeto encontram-se em andamento.



Figura 2. Aplicação das tintas de solo na casa modelo do Campus Samambaia.

Os incentivos contínuos à pesquisa e a projetos voltados à promoção da equidade de gênero nas diversas áreas das engenharias representam investimentos estratégicos de alto impacto social, científico e econômico a longo prazo. Nesse sentido, políticas institucionais e programas estruturados de incentivo à participação feminina não apenas contribuem para a redução das desigualdades históricas, mas também fortalecem a sustentabilidade e a competitividade dos setores tecnológicos e industriais.

No campo específico da engenharia geotécnica, os benefícios desses incentivos tornam-se ainda mais evidentes quando associados à introdução precoce de conceitos fundamentais de mecânica dos solos e de comportamento dos materiais geológicos na fase de educação básica e no ensino técnico. Esse contato antecipado estimula o interesse pela área, reduz barreiras conceituais ao longo da formação acadêmica e potencializa o desenvolvimento de competências técnicas essenciais para a atuação profissional.

A ampliação do acesso de meninas e mulheres à formação científica e tecnológica gera efeitos multiplicadores ao longo do tempo, refletindo-se no aumento da produção científica, no fortalecimento das redes de pesquisa, na diversificação dos campos de atuação profissional e na incorporação de novas perspectivas na resolução de problemas complexos. Além disso, tais iniciativas contribuem diretamente para

o desenvolvimento socioeconômico, ao favorecer a inserção qualificada no mercado de trabalho, a autonomia financeira e a mobilidade social.

Paralelamente aos impactos mensuráveis nos indicadores acadêmicos e produtivos, destaca-se o ganho imensurável na trajetória de vida de meninas que participam desses projetos. Ao terem contato com modelos de referência, atividades práticas, ambientes inclusivos e oportunidades reais de aprendizagem, essas jovens passam a vislumbrar novos horizontes, rompendo ciclos históricos de exclusão e vulnerabilidade. Essa transformação transcende o âmbito individual, estendendo-se às suas famílias e comunidades, promovendo mudanças estruturais capazes de redefinir perspectivas educacionais, profissionais e sociais ao longo de gerações.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (Nº Proc.: 440461/2024-3) pelo financiamento da pesquisa e pelas bolsas de IC, ICJ, ATN-S e de produtividade em pesquisa de algumas autoras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). ASTM D2488 – Standard Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure). West Conshohocken, PA, 2020.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). ASTM D2487 – Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). West Conshohocken, PA, 2000.

Bybee, Rodger W. (2006) The BSCS 5E instructional model: creating teachable moments. Colorado Springs: BSCS.

Crenshaw, Kimberlé. (1991) Mapping the margins: intersectionality, identity politics, and violence against women of color. Stanford Law Review, Stanford, v. 43, n. 6, p. 1241–1299.

Freire, Paulo. (2011) Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. 43. ed. São Paulo: Paz e Terra.

Kolb, David A. (2015) Experiential learning: experience as the source of learning and development. 2. ed. Upper Saddle River: Pearson Education.

Mendes, G. S. et al. (2024) Meninas e mulheres na engenharia: um estudo de caso a partir de um projeto extensionista. Revista Educação Pública, v. 4, n. 3.

ONU Mulheres. (2024) Relatório global sobre igualdade de gênero e empoderamento feminino. Brasília.

Silva, R. M.; Costa, L. S. (2023) Interseccionalidade, gênero e raça nas engenharias brasileiras. Revista Brasileira de Estudos Sociais, v. 12, n. 1.

SME – Associação Brasileira de Educação em Engenharia. (2025) Necessidade urgente: incentivar meninas e mulheres nas áreas de STEM. São Paulo.

Souza, A. P. et al. (2025) Desafios da desigualdade de gênero nas engenharias no Brasil. Revista Brasileira de Ensino de Engenharia, v. 44, n. 2.

UNESCO. (2023) Relatório global sobre educação, diversidade e igualdade de gênero. Paris.

UNICAMP. ‘Elas na Engenharia’ celebra o número de ingressantes mulheres na FEM em 2025. (2025) Campinas, 20 out 2025. Portal Unicamp. Disponível em: https://unicamp.br/noticias/2025/10/20/elas-na-engenharia-incentiva-meninas-a-seguirem-carreira-nas-areas-de-exatas/. Acesso em: 02 março 2026.

XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.3/30

Sala de Aula Invertida no Ensino de Pavimentação: Uma Proposta Prática de Avaliação Funcional com Estudantes de Engenharia Civil

Narayana Saniele Massocco
Docente, UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo-PR, Brasil, narayanas@utfpr.edu.br

Michael Andrey Vargas Barrantes
Engenheiro Geotécnico, Nova Engevix, Florianópolis-SC, Brasil, ma12vargas@gmail.com

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo relatar e analisar a aplicação da metodologia ativa em uma sala de aula invertida no ensino do tema sobre avaliação funcional de pavimentos na disciplina de Projeto de Pavimentação. A proposta visou superar a dificuldade dos alunos em transpor conhecimentos teóricos para a prática profissional. A metodologia foi implementada em uma turma da oitava fase, estruturada em momentos síncronos e assíncronos, que incluíram: apresentação do problema real e normas técnicas (DNIT), estudo individual via vídeoaulas em um Recurso Educacional Aberto no Moodle, planejamento em grupo para coleta de dados em campo com *checklist*, execução da inspeção prática com medições e registro fotográfico, e elaboração de um relatório técnico e vídeo síntese. A avaliação considerou a qualidade do relatório, do vídeo e a participação. As conclusões apontam que a atividade promoveu alto engajamento dos alunos, autonomia, aprendizagem significativa pela correlação teoria-prática e desenvolvimento de habilidades de comunicação técnica, mostrando-se viável com tecnologias acessíveis. Como desafios, identificou-se a necessidade de planejamento de segurança para o campo e atenção a disparidades na assimilação do conteúdo por alunos menos autônomos. Conclui-se que a proposta foi bem-sucedida em criar uma experiência de aprendizagem aplicada e contextualizada.

PALAVRAS-CHAVE: Educação em Geotecnia, Pavimentação, Ensino de Engenharia, Análise Funcional do Pavimento, Análise Estrutural Do Pavimento.

ABSTRACT: This study aimed to report and analyze the application of the active learning methodology known as the Flipped Classroom in teaching the topic of "functional evaluation of pavements" in the Pavement Design course. The proposal sought to overcome students' difficulty in transferring theoretical knowledge to professional practice. The methodology was implemented with an eighth-semester class, structured into synchronous and asynchronous stages, which included: presentation of a real-world problem and technical standards (DNIT), individual study via a video lecture within an Open Educational Resource on Moodle, group planning for field data collection using a checklist, execution of the practical inspection including measurements and photographic documentation, and preparation of a technical report and a summary video, culminating in the socialization and collective discussion of results. Assessment considered the quality of the report, the video, and student participation. The findings indicate that the activity fostered high student engagement, autonomy, meaningful learning through theory-practice correlation, and the development of technical communication skills, proving viable with accessible technologies. Challenges identified include the need for rigorous safety planning for field activities and attention to disparities in content assimilation by less autonomous students. It is concluded that the proposal was successful in creating an applied and contextualized learning experience.

KEYWORDS: Geotechnical Education, Pavement Engineering, Engineering Education, Pavement Functional Evaluation, Pavement Structural Analysis.

1 INTRODUÇÃO

O ensino das disciplinas da área Geotécnica constitui um desafio, visto que os conteúdos demandam um embasamento teórico profundo além de não serem abordados no ensino fundamental e médio. O primeiro contato com conceitos básicos costuma ocorrer apenas no ensino superior, embora experimentos simples que possam envolver a diferenciação dos tipos de solos e a sua influência na conservação ambiental, na estabilidade de taludes e na interação com a água em obras cotidianas são pouco explorados nas primeiras etapas do ensino. Dessa forma, quando os estudantes ingressam no ensino superior e se deparam com metodologias tradicionais, as dificuldades são evidenciadas, o que pode contribuir para o aumento da evasão, principalmente em cursos de Engenharia (Godoy e Almeida, 2017; Bastos do Canto Filho et al., 2022).

Com o avanço tecnológico e os efeitos da pandemia de COVID-19, consolidou-se o uso intensivo de *smartphones* por essa geração, resultando em maiores dificuldades de assimilação de conteúdo, redução no tempo de retenção e maior dispersão em sala de aula (Silva et al. 2025; Sales e Feijó, 2025). Emergiu, assim, a necessidade de novas práticas pedagógicas e metodologias ativas como a gamificação, sala de aula invertida, aprendizagem entre pares que se diferenciam do modelo tradicional e visam potencializar a aprendizagem (Gambetta, 2025; Ribeiro et al., 2025; Faber e Zonta, 2025).

Nesse contexto, estudos de Sales e Feijó (2025) destacam que com o crescente desenvolvimento das tecnologias de informação e comunicação, é imperativo refletir sobre novas perspectivas dentro do ambiente educacional. Uma dessas reflexões conduz à integração de tecnologias digitais no processo de ensino-aprendizagem, despertando a atenção dos professores, gestores e instituições de ensino.

Entre as metodologias ativas, focadas na participação efetiva do aluno na construção do conhecimento, destaca-se a sala de aula invertida. Segundo Valente (2014), nela, os conteúdos teóricos são estudados pelo aluno, de forma assíncrona e antes da aula presencial, por meio de vídeos, textos e simulações. O tempo em sala de aula é, então, dedicado à aplicação prática do conhecimento, por meio da resolução de problemas, projetos, estudo de caso, discussões em grupo e esclarecimento de dúvidas, com o professor atuando como mediador.

Pesquisas recentes têm demonstrado os benefícios dessa metodologia para o engajamento discente (Pavanelo e Lima, 2017; Araújo Santos et al., 2023; Lima e Silva, 2025; Blass e Sacardi, 2025). Esses estudos destacam seu potencial, os desafios de implementação e a percepção positiva dos alunos, apontando para a necessidade de abordagens inovadoras no ensino de disciplinas fundamentais da engenharia, como em disciplinas do ciclo básico como exemplo o Cálculo.

No entanto, especificamente para disciplinas geotécnicas, como Pavimentação, há uma carência de estudos que avaliem a aplicação de metodologias ativas que vinculem a teoria à prática profissional futura. Diante dessa lacuna, este trabalho tem como objeto de estudo a aplicação da metodologia de sala de aula invertida no ensino de avaliação funcional de pavimentos. O objetivo principal é avaliar a implementação dessa metodologia ativa ao longo de um ano letivo, junto a 38 alunos de um curso de Engenharia Civil.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Tipo de pesquisa e tema explorado na disciplina

A presente pesquisa adotou uma abordagem qualitativa e exploratória, com o objetivo de avaliar a aplicação da metodologia ativa "sala de aula invertida" no ensino de pavimentação, especificamente no que tange à avaliação funcional de pavimentos. A pesquisa foi desenvolvida com estudantes de Engenharia Civil de uma instituição de ensino superior, no âmbito da disciplina de Pavimentação.

O conteúdo abordado concentrou-se na avaliação funcional do pavimento. Inicialmente, os fundamentos teóricos relacionados ao tema foram apresentados em encontros síncronos. Posteriormente, considerando os parâmetros relevantes para a avaliação funcional, foi selecionado um trecho experimental de aproximadamente 300 metros para análise.

A pesquisa foi conduzida como parte da Disciplina de Projeto de Pavimentos compreendendo um período de dois semestres, contando com a participação de 38 estudantes, os quais estiveram envolvidos nas atividades propostas no âmbito da metodologia adotada.

A metodologia foi estruturada em cinco etapas sequenciais, conforme detalhado a seguir e ilustrado na Figura 1.

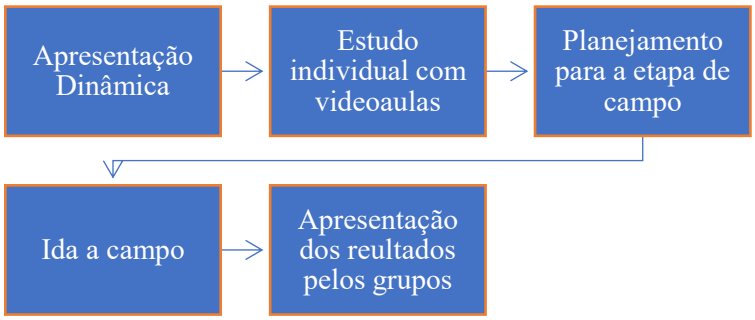


Figura 1. Etapas das atividades desenvolvidas

2.1.1 Saída a Campo: escolha do local

Cabe destacar que, no primeiro semestre, foram definidos trechos distintos, com aproximadamente 1 km de extensão para cada grupo de estudantes, com base na teoria e no conteúdo programático estabelecidos, sendo a seleção devidamente orientada pela docente responsável.

No segundo semestre, procedeu-se a um reajuste do trecho de avaliação, considerando as experiências obtidas na primeira saída de campo. Nesse contexto, aspectos como a distância percorrida, o tempo de deslocamento até o local e a necessidade de dedicação de horas adicionais fora do período de aula constituíram fatores determinantes para a reconsideração da escolha, motivando a busca por um trecho mais próximo à universidade.

Adicionalmente, a definição final foi influenciada pela identificação de um segmento de aproximadamente 300 metros que apresentou elevada representatividade das patologias típicas de pavimentos submetidos a baixa manutenção e uso recorrente, mostrando-se adequado aos objetivos da atividade (Figura 2).



Figura 2. Área de estudos definida no segundo semestre

2.2 Recursos utilizados

Como plataforma virtual para acesso aos vídeos destinados ao estudo individual, utilizou-se o Moodle,

adotado institucionalmente pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Para a realização do trabalho de campo, foram empregados dispositivos móveis dos próprios estudantes, possibilitando a utilização de aplicativos como *Timestamp Camera*, *AlpineQuest* e similares, destinados à coleta de dados, incluindo registros fotográficos, gravações em vídeo e medições em campo.

As informações obtidas por meio desses aplicativos contribuíram para a verificação da distância percorrida ao longo do trecho de 300 metros, subsidiando o desenvolvimento dos cálculos realizados. Adicionalmente, foram utilizados equipamentos convencionais de medição, tais como medidores de deflexão, trenas e réguas (Figura 3).



Figura 3. Resursos utilizados.a) Medidor deflectométrico b) trena e régua (Massocco, 2026)

2.3 Etapas da metodologia ativa

O desenvolvimento das atividades ocorreu conforme as etapas descritas a seguir:

2.3.1 Apresentação da dinâmica

A apresentação da dinâmica aos estudantes foi realizada uma semana antes da saída de campo, contemplando a exposição dos objetivos e dos procedimentos necessários para a execução da atividade. Como parte da proposta de aprendizagem ativa, solicitou-se a organização dos alunos em duplas, bem como a realização de estudo individual prévio por meio da plataforma institucional Moodle, com base em videoaulas elaboradas pela docente.

2.3.2 Estudo individual com videoaulas

Como atividade individual, foi designado a cada estudante o estudo das principais patologias recorrentes em pavimentos, bem como sua identificação em diferentes contextos. Essa etapa foi conduzida por meio de videoaulas, nas quais a professora apresentou de forma detalhada os fundamentos teóricos e as orientações necessárias para a realização da atividade de campo, especialmente no que se refere à identificação de anomalias.

2.3.3 Planejamento para a etapa de campo

No planejamento da atividade de campo, cada integrante da dupla assumiu responsabilidades específicas quanto às tarefas a serem executadas. O material disponibilizado, tanto nas aulas presenciais quanto nas videoaulas, foi considerado suficiente e essencial para a organização logística e metodológica das equipes.

2.3.4 Ida a campo

A atividade de campo contou com o apoio de um laboratorista e a supervisão da professora responsável. O tempo previsto para sua execução foi de aproximadamente duas horas e trinta minutos. Com base no planejamento prévio, esse período mostrou-se adequado para o desenvolvimento das atividades propostas.

2.3.5 Apresentação dos resultados pelos grupos como resultado da dinâmica

Ao final da atividade, cada dupla foi responsável pela elaboração de um relatório descritivo, bem como pela produção de um material audiovisual (áudio ou vídeo) explicativo, no qual foram apresentados os procedimentos adotados e os resultados obtidos durante o trabalho de campo. Por fim, os alunos responderam uma pergunta sobre o processo que foi utilizado como indicativo de análise nessa pesquisa.

3 RESULTADOS

Para melhor identificação dos resultados obtidos, as percepções foram analisadas em cada etapa e por fim em conjunto.

3.1 Apresentação da dinâmica (etapa 1)

A apresentação da dinâmica uma semana antes da ida a campo foi essencial para direcionar os alunos. Esse momento gerou conexão e engajamento por parte dos alunos que apresentavam interesse. Por outro lado, percebeu-se que o tempo de 20 minutos exposto em sala de aula foi insuficiente para direcionar o que e como deveria ser realizado. Por exemplo, cinco duplas não conseguiram se organizar e necessitaram sanar suas dúvidas fora de aula, no momento da ida a campo. Como ponto a ser observado, no próximo semestre, sugere-se reservar uma hora para explicar mais detalhadamente os procedimentos. No geral, percebeu-se que esta etapa foi essencial, mas que deve ser com uma maior duração e detalhada.

3.2 Estudo individual com as vídeoaulas (etapa 2)

Como resultado dessa etapa, verificou-se que muitas duplas não assistiram à vídeoaula destinada a identificar as patologias e direcionar na análise posterior. Essas duplas foram as que tiveram maiores dificuldades de assimilar e executar o trabalho em campo. Verificou-se que esta etapa foi essencial para a consolidação do que precisava ser feito no trabalho prático nas pistas de rolamento. Os alunos que estudaram a aula foram os que tiveram maior desenvoltura na etapa de campo. Como sugestão, percebe-se que o docente deve enfatizar a importância dessa etapa para os alunos.

3.3 Momento de planejamento para etapa de campo (etapa 3)

Assim como a etapa 2, a etapa 3 foi a complementação para o sucesso da ida a campo. Nesta etapa, muitos grupos definiram o papel de cada um em campo. Como ponto positivo, notou-se que esse momento foi importante para o entrosamento do grupo e para facilitar a execução do trabalho. No entanto, as duplas que combinaram as tarefas apenas 15 minutos antes do procedimento foram as que tiveram dificuldades de uma execução mais clara do trajeto, da identificação das áreas de análise e da identificação das estacas. Como sugestão para o próximo semestre, será enfatizado que os alunos definam de maneira clara o papel de cada um em campo, além de priorizar um momento anterior à atividade para identificar os deveres de cada um e também estudar cada função.

3.4 Ida a campo (etapa 4)

O auxílio do técnico laboratorista, bem como da professora, foi essencial para direcionar os alunos no trabalho em campo. A execução do levantamento levou cerca de duas horas e trinta minutos, tempo suficiente para executar o planejado. Entre os pontos positivos, destaca-se o comprometimento e engajamento de alguns alunos, a identificação clara das patologias e o melhor entendimento quanto à funcionalidade e restauração do pavimento. Como pontos negativos, verificou-se que muitas duplas tinham dificuldade de utilizar os equipamentos corretamente e de medir os afundamentos. Além disso, alguns alunos necessitaram de explicações mais detalhadas no momento da atividade prática, o que acabou dificultando o andamento da atividade. Como sugestão para futuras aulas, nota-se a importância de capacitar os alunos antes e durante o procedimento de ensaio e compreender que eventuais imprevistos acontecem.

3.5 Apresentação da dinâmica pelos grupos (etapa 5)

Os resultados se mostraram bastante promissores, pois as duplas se empenharam para realizar a identificação e análise do índice de gravidade global (IGG) do pavimento. Verificou-se que os valores de IGG apresentaram variações por cada dupla, indicando a individualidade e que realmente eles realizaram o trabalho de maneira individualizada. Como destaque, duas duplas obtiveram nota máxima e receberam um certificado de menção honrosa devido à realização do memorial descritivo de maneira assertiva e à criatividade na elaboração dos vídeos explicativos: a) com apresentação didática do problema; b) com a apresentação de um podcast criativo (Figura 4).



Figura 4. (a) Apresentação didática do problema (Assis e Ahner, 2025) (b) Podcast criativo (Melo et al., 2025)

3.5 Percepções como todo

A Figura 5 corresponde às principais respostas dos alunos quanto à percepção deles sobre esta avaliação. Percebe-se que, entre as respostas negativas, destacou-se a necessidade de uma explicação pormenorizada e detalhada sobre os passos de maneira mais repetitiva. Verificou-se que, dentro desse aspecto, havia respostas de alunos que tinham déficit de atenção diagnosticado, o que revela cada vez mais o desafio do professor perante alunos que apresentam uma necessidade particular. Outros não se adaptaram pois não se sentiam à vontade em atividades práticas e achavam melhor uma aula teórica e expositiva (pois não era a área em que iriam atuar). Por fim, houve um relato de uma dupla que disse achar perigoso fazer a avaliação por estar exposto ao tráfego de veículos. Por último, cerca de seis alunos deram dicas e sugestões quanto à vivência e realização da atividade para possibilitar a outras turmas melhores experiências. Uma das ideias era sugerir um projeto de extensão em que alunos pudessem mapear locais com IGG elevados e assim montar um sistema de gerência de pavimentos que auxiliasse o departamento ligado à Prefeitura responsável pela pavimentação da cidade.

De uma forma geral, houve mais comentários positivos, como a utilização da aplicabilidade prática e aplicada, em que os alunos poderão utilizar quando estiverem formados como engenheiros ou até mesmo no estágio supervisionado. Além disso, dez alunos enfatizaram que a saída de campo foi essencial para a consolidação do conhecimento e que, porventura, seria mais cansativo entender o assunto em aula expositiva e teórica.

Assim, os resultados obtidos pelo questionário final sobre as percepções dos discentes diante da atividade elaborada mostraram o quanto a diversidade dos alunos influencia a maneira de ensino no questionário final. Esses dados vão ao encontro de estudos de Blass e Sacardi (2025) que mostram que a metodologia de certo modo incentiva o comprometimento e autonomia e fortalece o protagonismo do aluno e a relação entre o professor e o estudante. Ademais, é importante ressaltar os desafios identificados, que também estão alinhados com a análise encontrada nesta pesquisa: ainda há resistência à mudança e problemas logísticos, os quais, com o tempo, devem ser adequados com a experiência do professor.

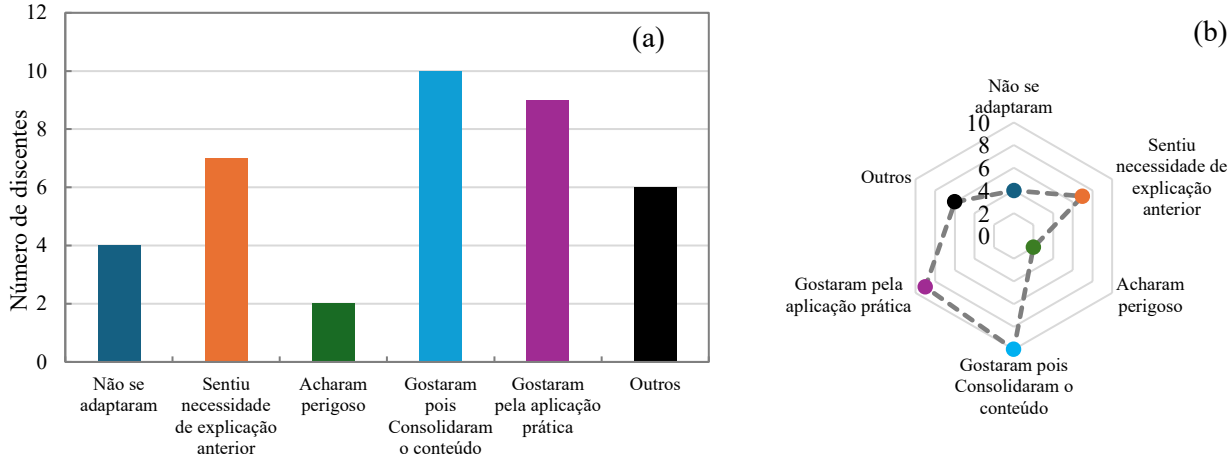


Figura 5. Resultado do questionário. (a) Gráfico de barras (b) Percepção como um todo

5 CONCLUSÕES

A aplicação da metodologia de sala de aula invertida na disciplina de projeto de pavimentação, associada à atividade prática em campo, mostrou-se eficaz para a consolidação do conhecimento teórico por meio da vivência prática. De forma geral, os resultados indicam que os alunos que se engajaram nas etapas prévias (especialmente no estudo das videoaulas e no planejamento) apresentaram melhor desempenho, maior autonomia e maior compreensão dos conceitos relacionados à avaliação funcional de pavimentos.

A etapa de apresentação da dinâmica revelou-se fundamental para o direcionamento inicial. Da mesma forma, o estudo individual destacou-se como elemento crítico para o sucesso da atividade, reforçando a importância do comprometimento discente nas etapas assíncronas da metodologia.

O planejamento prévio em grupo contribuiu significativamente para a organização e execução das atividades em campo, sendo evidente que grupos mais bem estruturados obtiveram melhores resultados. Durante a etapa prática, observou-se elevado engajamento por parte dos alunos, além de ganhos relevantes na capacidade de identificação de patologias e compreensão dos processos de avaliação e reabilitação de pavimentos. No entanto, dificuldades operacionais no uso de equipamentos e na execução de medições indicam a necessidade de treinamento prévio mais robusto.

As apresentações finais evidenciaram a efetiva aprendizagem, destacando-se a capacidade analítica dos alunos e a criatividade na comunicação dos resultados. As variações nos valores de IGG demonstram a realização individualizada das análises, reforçando o caráter ativo da metodologia.

Por fim, as percepções dos discentes indicam predominância de avaliações positivas, sobretudo quanto à aplicabilidade prática e à contribuição para a formação profissional. Entretanto, também foram identificados desafios, como adaptação a diferentes perfis de aprendizagem e questões logísticas relacionadas à atividade de campo. Assim, conclui-se que a metodologia adotada potencializa o protagonismo discente e o aprendizado significativo, embora requeira ajustes contínuos para atender à diversidade dos alunos e otimizar sua aplicação.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao grupo de ensino e pesquisa (Geonexa) da UTFPR-TD.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Assis, H. F., e Ahner, R. M. (2025). *Avaliação 01 - Projeto de Pavimentação* . https://drive.google.com/file/d/1dfn8K8Fz1F3GCBpvnlsIEo-aPQxkqXf3/view?usp=sharing.

Bastos do Canto Filho, A., Cordeiro do Valle, E., Langie Araujo, L., Zucchetti Pietta, E. V., e Patrício Gonçalves, L. (2022). Retenção e Evasão em Cursos de Engenharia: uso de tecnologia para proporcionar a Aprendizagem Social. *RENOTE*, *20*(1), 273–283. https://doi.org/10.22456/1679-1916.126673

Blass, L., e Hemann Sacardi, S. (2025). O que revelam os estudos sobre sala de aula invertida no Ensino Superior? *Revista Educar Mais*, *9*, 1–18. https://doi.org/10.15536/reducarmais.9.2025.4197

De Araújo Santos, J., Gomes Rodrigues, M., e Amaral de Carvalho, L. (2023). Percepções dos alunos sobre o uso da sala de aula invertida no ensino de ciências e química. *Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar*, *9*(30). https://doi.org/10.21920/recei72023930549567

De Lima, J. C. M., e Da Silva, J. J. G. (2025). O Papel das Metodologias Ativas na Promoção da Aprendizagem Significativa na Era Digital. *RCMOS - Revista Científica Multidisciplinar O Saber*, *1*(1). https://doi.org/10.51473/rcmos.v1i1.2025.840

Faber, L., e Zonta, T. M. de M. (2025). Metodologias ativas e competências docentes: interdisciplinaridade e inovação na era da educação 4.0. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, *11*(6), 2187–2200. https://doi.org/10.51891/rease.v11i6.19223

Gambetta, E. (2025). Metodologias Ativas E Seus Impactos Na Educação: Um Estudo Sobre Inovações Pedagógicas No Processo De Ensino-Aprendizagem. *International Integralize Scientific*, *5*(53). https://doi.org/10.63391/q0pfdt93

Godoy, E., e Almeida, E. (2017). A evasão nos cursos de Engenharia e a sua relação com a Matemática: uma análise a partir do COBENGE. *Educação Matemática Debate*, *1*(3), 339–361. https://doi.org/10.24116/emd25266136v1n32017a05

Massocco, N. S. (2026). Relatos e reflexões, Turma I 2025 de Narayana Saniele Massocco. Em C. Lucion, E. Zarpelon, É. Castro, B. Strucker, e J. Jamhour (Orgs.), *Tecnologias e prática docente: relatos e reflexões a partir do Programa de Desenvolvimento Profissional Docente na UTFPR – Turmas I e II de 2025: I* (UTFPR, Capítulo 19). UTFPR.

Melo, P., Carlos, L. A. S., e Salomão, I. (2025). *Asfalto Podcast*. https://www.youtube.com/watch?v=ULc-1eao5mc.

Pavanelo, E., e Lima, R. (2017). Sala de Aula Invertida: a análise de uma experiência na disciplina de Cálculo I. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, *31*(58), 739–759. https://doi.org/10.1590/1980-4415v31n58a11

Ribeiro, M. A. A. P., Roman, E. R., Brito, F. de S., Oliveira, A. G. Z. de, e Rosa, J. L. (2025). Metodologias ativas no ensino de educação física no ensino superior: impactos no engajamento discente. *REVISTA DELOS*, *18*(73), e6868. https://doi.org/10.55905/rdelosv18.n73-001

Sales, A. R., e Feijó, E. (2025). O Surgimento De Novas Tendências E Desafios Do Professor. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, *11*(1), 2267–2275. https://doi.org/10.51891/rease.v11i1.17966

Silva, D. dos S., Andrade, L. A. P., e Santos, S. M. P. dos. (2020). Alternativas de ensino em tempo de pandemia. *Research, Society and Development*, *9*(9), e424997177. https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7177

Valente, J. A. (2014). Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. *Educar em Revista*, (spe4), 79–97. https://doi.org/10.1590/0104-4060.38645



contato@editoraomnisscientia.com.br
https://editoraomnisscientia.com.br/
@editora_omnis_scientia
https://www.facebook.com/omnis.scientia.9
+55 87 99920-5762

EDITORA
OMNIS SCIENTIA

contato@editoraomnisscientia.com.br
https://editoraomnisscientia.com.br/
@editora_omnis_scientia
https://www.facebook.com/omnis.scientia.9
+55 87 99920-5762