

# DESENVOLVIMENTO DE UM LABORATÓRIO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA EM AMBIENTE DE REALIDADE VIRTUAL PARA FINS DIDÁTICOS

Pedro Henrique Russo Migliorini <sup>1</sup>; Rafael Ribeiro Plácido <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Aluno de Iniciação Científica do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT);

<sup>2</sup> Professor do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT).

**Resumo.** *Este estudo apresenta a criação de um laboratório virtual dedicado ao ensino de geologia de engenharia, empregando realidade virtual (VR) como ferramenta principal. Utilizando a plataforma Unity e um scanner tridimensional do Instituto Mauá de Tecnologia, foram desenvolvidos modelos 3D de rochas e um ambiente imersivo para estudos didáticos. O laboratório permite visualizar rochas em seu contexto natural e acessar vídeo-aulas curtas, contribuindo para uma abordagem de aprendizado interativa. Com base em revisões e aplicações de VR na educação, constatou-se seu potencial pedagógico e de engajamento. O projeto continuará no formato de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), avaliando a eficácia do ambiente virtual por meio de métricas de desempenho acadêmico, feedback dos usuários e níveis de engajamento.*

## Introdução

A realidade virtual (VR) tem se consolidado como uma ferramenta revolucionária no ensino de diversas disciplinas, permitindo a criação de ambientes imersivos e interativos que simulam situações do mundo real. Sua aplicação em engenharia civil e áreas correlatas apresenta vantagens significativas, como a possibilidade de explorar ambientes complexos e realizar simulações práticas sem os riscos e custos associados a atividades físicas em campo. Com a evolução tecnológica, os dispositivos de realidade virtual tornaram-se mais acessíveis, possibilitando sua integração no ensino superior como uma alternativa inovadora aos métodos convencionais.

Na geologia de engenharia, o ensino tradicional enfrenta desafios, como a dificuldade de transportar estudantes para locais específicos para coleta de amostras e estudo in loco. Esses obstáculos limitam a exposição prática e comprometem a formação de profissionais que necessitam de habilidades práticas alinhadas à teoria. A realidade virtual, nesse contexto, emerge como uma solução eficaz, permitindo que alunos explorem formações rochosas, interajam com modelos 3D detalhados e visualizem amostras em seus contextos naturais. Além disso, a tecnologia permite a criação de laboratórios acessíveis e dinâmicos, que atendem a públicos diversos, incluindo instituições com recursos limitados.

Este projeto, desenvolvido no Instituto Mauá de Tecnologia, visou a criação um laboratório virtual de geologia de engenharia utilizando o software Unity e scanners 3D de alta precisão. O ambiente virtual foi enriquecido com vídeo-aulas e ferramentas interativas, permitindo que os estudantes não apenas visualizassem as rochas digitalizadas, mas também compreendessem sua aplicação prática em diferentes cenários geotécnicos. Tal abordagem combinou inovação tecnológica com a proposta pedagógica de engajar os alunos em uma experiência de aprendizado ativa e imersiva.

O uso de ambientes virtuais como ferramentas pedagógicas dentro do domínio da educação tem se tornado um fenômeno cada vez mais popular, especialmente nas últimas décadas. Apesar disso, o assunto não tem sido explorado de forma muito detalhada, e necessita de mais atenção para que seja implementado de forma mais incisiva no ensino superior de engenharia.

Dentre os trabalhos acadêmicos mais recentes, destaca-se o realizado por Lanzo et al. (2020), o qual apresentou uma análise de 17 estudos (desenvolvidos entre 2015 e 2109) relacionados ao uso da Realidade Virtual no ensino de Engenharia. Os resultados das análises indicaram um avanço no uso de ambientes de salas de aula virtuais como complementares aos ambientes de ensino tradicionais, bem como ganhos substanciais de cognição e na aprendizagem de novas habilidades.

Outro estudo de bastante impacto desenvolvido em ambiente de realidade virtual sobre o ganho de habilidades de estudantes de construção civil foi apresentado por Kandi et al. (2020). Nessa pesquisa os autores fizeram uma comparação de desempenho de dois grupos de alunos, com 60 membros em cada um dos grupos. O primeiro grupo foi submetido inicialmente ao método convencional de ensino e posteriormente ao método que emprega Realidade Virtual (Figura 1). O segundo grupo foi submetido ao processo inverso. Após cada aula os alunos realizaram testes para a identificação de erros construtivos em prédios de pequeno porte. Os resultados da pesquisa mostraram que os alunos que utilizaram a Realidade Virtual como ferramenta de aprendizado obtiveram um desempenho muito superior aos alunos que utilizaram apenas o método convencional bidimensional. A pesquisa mostrou ainda que os alunos que foram submetidos ao processo combinado (método convencional + método com Realidade Virtual), foram os que obtiveram melhor desempenho em termos de identificação dos erros construtivos.



Figura 1 – Jogo desenvolvido em Realidade Virtual para o aprendizado e identificação de erros construtivos (Kandi et al., 2020).

Janizeswki et al. (2020) publicaram resultados de um extenso trabalho realizado na Universidade de Aalto na Finlândia referentes à ambientes de aprendizagem em Realidade Virtual para o ensino de Mecânica das Rochas e Geologia de Engenharia. Nessa pesquisa, que é resultado de uma dissertação de mestrado desenvolvida por Merkel (2019), os autores utilizaram a técnica da fotogrametria para a digitalização e produção de um modelo tridimensional realista de um túnel de treinamento existente na Universidade de Aalto (Figura 2). Os sistemas de aprendizagem virtual demonstraram que a Realidade Virtual pode ser uma ferramenta poderosa para melhorar a aprendizagem na educação em engenharia.



(a)

(b)

Figura 2 – Sistema de ensino em Realidade Virtual desenvolvido na Universidade de Aalto: a) Túnel virtual; b) Amostras de rochas. (Janiszewski et al., 2020).

Como pode-se observar, as pesquisas que empregam Realidade Virtual na Engenharia são bastante recentes, e destacam o impacto positivo dessa tecnologia na educação, apontando diversos benefícios, como maior engajamento dos alunos, retenção de conhecimento e desempenho acadêmico superior quando comparados aos métodos tradicionais. Estudos, como o de Soliman et al. (2021), destacam que o ambiente de ensino virtual promove ganhos cognitivos e pedagógicos ao transformar alunos de receptores passivos em participantes ativos no processo de aprendizagem. Além disso, a tecnologia oferece soluções acessíveis e inclusivas para instituições, reduzindo custos operacionais e ampliando o alcance educacional.

Dessa forma, este trabalho não apenas explora a criação de um ambiente virtual funcional, como também propõe um método de avaliação para medir a eficácia da VR no ensino de geologia. Essa avaliação incluirá métricas de desempenho dos alunos, engajamento, retenção de conhecimento e feedback qualitativo, garantindo uma análise robusta dos benefícios proporcionados por essa tecnologia.

## **Material e Métodos**

O desenvolvimento do laboratório virtual foi realizado em etapas bem definidas, utilizando tecnologias avançadas e softwares especializados para garantir a criação de um ambiente interativo, imersivo e funcional.

Para a captura e processamento das imagens das rochas foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Scanner 3D ATOS Scanbox, localizado no Instituto Mauá de Tecnologia (Bloco R), utilizado para gerar modelos tridimensionais detalhados das amostras de rochas.
- Câmera de celular para capturar imagens de alta qualidade em múltiplos ângulos, utilizadas posteriormente na texturização das rochas.
- Notebook de alto desempenho, equipado com hardware gráfico avançado, necessário para processar os modelos 3D, texturizações e programar o ambiente virtual.

Para a visualização do ambiente em realidade virtual foi empregado o seguinte dispositivo:

- Óculos de realidade virtual Meta Quest 3, utilizados para acessar e navegar pelo ambiente virtual desenvolvido, garantindo uma experiência totalmente imersiva.

E, finalmente, para o desenvolvimento da plataforma virtual de estudos e para o pós-processamento das imagens tridimensionais, os seguintes softwares foram utilizados:

- Unity: Principal plataforma utilizada para o desenvolvimento do ambiente virtual. Este software permitiu criar um laboratório imersivo, incluindo a interação com objetos tridimensionais e a integração de funcionalidades como vídeo-aulas.
- Blender: Software responsável pela texturização das rochas. As imagens capturadas pelo celular foram utilizadas para gerar texturas realistas que foram aplicadas aos modelos tridimensionais previamente escaneados.
- GOM Inspect: Ferramenta complementar para ajuste inicial dos modelos 3D gerados pelo scanner, garantindo a precisão dos dados antes da etapa de texturização.

O desenvolvimento do laboratório virtual foi dividido em quatro etapas distintas, as quais são descritas na sequência:

- Digitalização das Rochas: As amostras foram selecionadas do acervo do Laboratório de Geologia do Instituto Mauá de Tecnologia. Utilizando o scanner 3D ATOS Scanbox, cada amostra foi capturada para gerar modelos tridimensionais detalhados, sem textura.
- Texturização: As texturas foram criadas a partir de fotografias das amostras, capturadas com a câmera de um celular em múltiplos ângulos. As imagens foram processadas no software Blender, onde foram mapeadas sobre os modelos 3D gerados pelo scanner, resultando em representações tridimensionais realistas.

- **Desenvolvimento do Ambiente Virtual:** O ambiente do laboratório foi programado no Unity, incluindo a inserção das rochas texturizadas e a integração de funcionalidades como visualizações interativas e vídeo-aulas. A interface foi projetada para ser acessível e intuitiva, permitindo que os usuários explorem o espaço virtual com facilidade.
- **Testes e Ajustes:** Após o desenvolvimento inicial, o ambiente foi testado utilizando os óculos Meta Quest 3 para garantir a imersão e funcionalidade. Ajustes foram realizados com base nos feedbacks iniciais, priorizando a fluidez da experiência e a qualidade gráfica. Essa metodologia garantiu a criação de um laboratório virtual didático e tecnologicamente avançado, que poderá ser utilizado tanto para ensino quanto para futuras avaliações sobre a eficácia do uso da realidade virtual no aprendizado.

Vale destacar que a plataforma foi desenvolvida com uma proposta de melhoria contínua durante a sua utilização. O modelo proposto visa se adaptar continuamente em função do desenvolvimento de novas tecnologias e em função do público-alvo que irá utilizar a plataforma. A Figura 3 mostra um organograma com as atividades de desenvolvimento contínuo da plataforma.

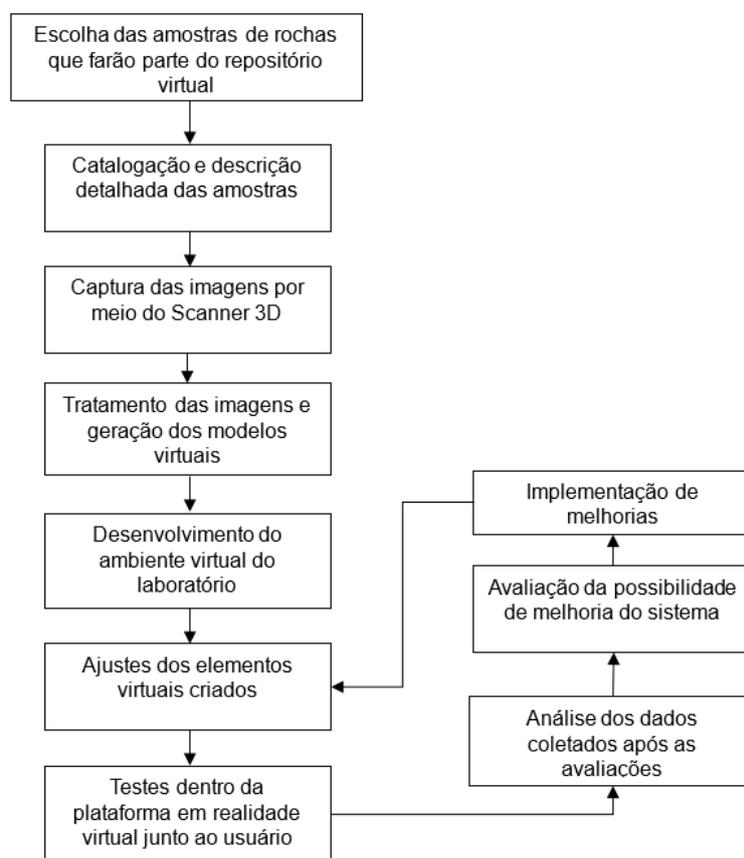


Figura 3 – Organograma de desenvolvimento contínuo da plataforma.

## Resultados e Discussão

A implementação do laboratório virtual resultou em um ambiente funcional, interativo e imersivo, que integra tecnologias avançadas para a educação em Geologia de Engenharia. Os resultados preliminares mostram que o sistema atende aos objetivos iniciais, permitindo a visualização de modelos tridimensionais texturizados de amostras de rochas e proporcionando uma experiência educativa enriquecida por meio de recursos como vídeo-aulas integradas e exploração interativa.

As figuras mostradas a seguir ilustram diversos aspectos da modelo em realidade virtual desenvolvido. Observa-se que o laboratório apresenta uma aparência bastante realista, porém, a real sensação de imersão no ambiente somente pode ser obtida através do uso do equipamento de realidade virtual.

A Figura 4 mostra a entrada do salão principal, que é o local onde estão situadas as amostras de rochas escaneadas. Nesse ambiente é possível interagir com cada tipo de rocha (rochas ígneas, sedimentares e metamórficas) e acessar as demais salas de estudo.



Figura 4 – Entrada do laboratório com as bancadas de rochas (salão principal).

A Figura 5 mostra as duas salas complementares que podem ser acessadas durante a experiência. Dentro da sala de aulas teóricas (Figura 5a), é possível assistir aulas curtas, bastante didáticas, referentes aos processos de formação de cada tipo de rocha. Na sala de visitas virtuais ao campo (Figura 5b) é possível, através de um simples toque nos elementos flutuantes, ser transportado para os locais de formação das rochas.



a)



b)

Figura 5 – Salas interativas: a) Sala de aulas teóricas; b) Sala de visitas virtuais ao campo.

No total foram escaneadas 17 rochas, sendo 7 ígneas, 6 sedimentares e 4 metamórficas. Todas as rochas foram devidamente catalogadas e descritas, incluindo informações referentes ao seu tipo de formação e detalhes sobre os principais minerais que compõem a rocha (Figura 6).

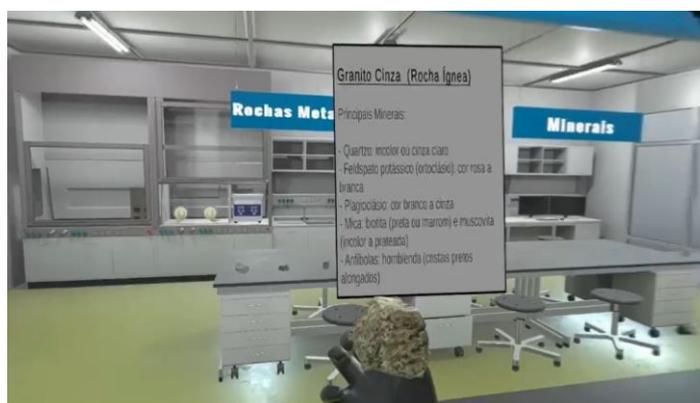


Figura 6 – Exemplo da descrição da rocha.

Na Figura 7 é possível observar um dos elementos flutuantes existentes na sala de visita virtual (Figura 7a), que ao ser tocado transporta o usuário para dentro de uma imagem 360° com o local de origem da rocha (Figura 7b). Essas imagens foram criadas a partir da inteligência artificial Skybox AI da Blockade Labs possibilitando imergir em um ambiente virtual realista.

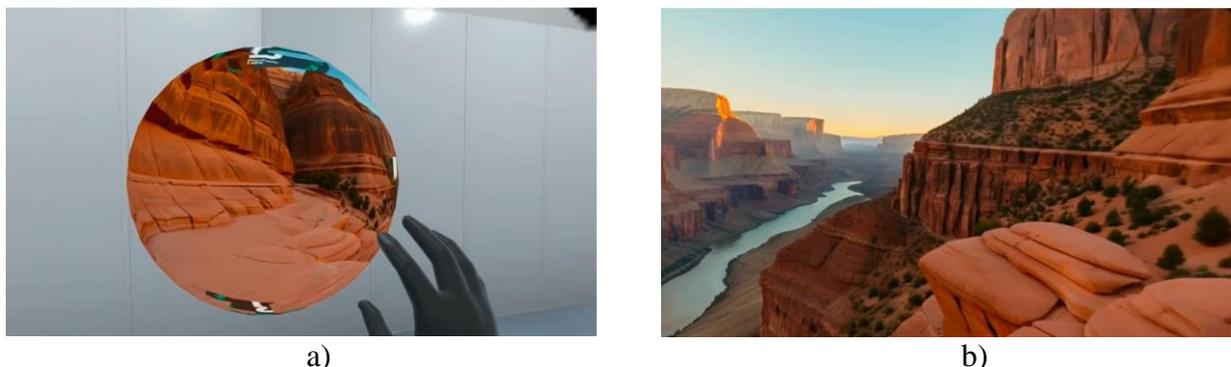


Figura 7 – Ambiente para visualização da rocha in natura: Local de acesso aos ambientes; b) Ambiente de visualização

Os resultados iniciais obtidos através do uso da plataforma desenvolvida vão de encontro com estudos anteriores, como os realizados por Lanzo et al. (2020) e Soliman et al. (2021), que já indicaram que a realidade virtual promove benefícios significativos no ensino de engenharia, incluindo maior engajamento e retenção de conhecimento. Esses resultados estão alinhados com o potencial observado no laboratório desenvolvido, que oferece aos alunos a oportunidade de interagir com amostras geológicas em um ambiente virtual que simula condições reais. Além disso, a possibilidade de explorar as rochas em seus contextos naturais reforça o aprendizado prático, uma característica que é frequentemente limitada em métodos tradicionais.

Embora a construção inicial do laboratório tenha sido bem-sucedida, algumas limitações foram identificadas. O processo de texturização, realizado manualmente no Blender a partir de fotografias, demonstrou ser uma etapa trabalhosa e que pode impactar a escalabilidade do projeto. Além disso, a dependência de equipamentos de alto desempenho, como o scanner 3D, restringe o acesso imediato.

O projeto será expandido em um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), cujo objetivo é avaliar quantitativa e qualitativamente a eficácia do laboratório virtual como ferramenta de ensino. Essa etapa incluirá:

- **Coleta de Dados:** Serão aplicados questionários e testes práticos em dois grupos de alunos: um utilizando o método tradicional e outro utilizando o laboratório virtual. Os critérios de avaliação incluirão ganho de conhecimento, engajamento, precisão em tarefas realizadas e retenção de conteúdo ao longo do tempo.
- **Feedback dos Usuários:** Os alunos participantes serão convidados a fornecer feedback qualitativo sobre sua experiência, avaliando aspectos como usabilidade, interatividade e impacto no aprendizado.
- **Métricas Comparativas:** O desempenho dos dois grupos será comparado, com foco em identificar ganhos específicos proporcionados pela realidade virtual.

Pesquisas como a de Janiszewski et al. (2020) demonstram que ambientes de aprendizado baseados em realidade virtual podem revolucionar o ensino de engenharia ao oferecer simulações práticas que superam as limitações logísticas do aprendizado convencional. Nesse sentido, o laboratório virtual desenvolvido não apenas complementa essas iniciativas, mas também avança no objetivo de democratizar o acesso a tecnologias educacionais, especialmente para instituições que carecem de laboratórios físicos.

Os dados coletados no TCC proporcionarão uma base sólida para validar a eficácia da ferramenta e identificar oportunidades de melhoria. A pesquisa poderá ainda servir como um modelo replicável para outros cursos e disciplinas de engenharia, ampliando o impacto do uso de realidade virtual na educação superior.

## **Conclusões**

O desenvolvimento do laboratório virtual de geologia de engenharia utilizando realidade virtual demonstrou ser uma solução inovadora para superar desafios tradicionais do ensino na área, como limitações logísticas e custos elevados de transporte para visitas de campo. O projeto inicial resultou em um ambiente imersivo e interativo que combina modelos tridimensionais texturizados, vídeo-aulas e exploração prática, promovendo uma experiência educacional enriquecida e acessível.

Os benefícios identificados na aplicação da VR, alinhados a estudos prévios, destacam sua capacidade de engajar os alunos, melhorar a retenção de conhecimento e oferecer uma abordagem de aprendizado ativa e personalizada. No entanto, desafios como a complexidade na texturização manual e a necessidade de equipamentos específicos apontam para oportunidades de otimização e ampliação do projeto.

A continuidade da pesquisa, prevista no Trabalho de Conclusão de Curso, será essencial para validar a eficácia do laboratório virtual como ferramenta didática. A aplicação de métodos de avaliação quantitativos e qualitativos permitirá mensurar o impacto no aprendizado e no engajamento dos alunos, fornecendo dados relevantes para futuras implementações e melhorias.

Conclui-se que o laboratório virtual representa um avanço significativo no uso de tecnologias imersivas na educação superior, com potencial para transformar o ensino de geologia e outras disciplinas da engenharia. A expansão deste projeto pode contribuir para democratizar o acesso a recursos educacionais de alta qualidade, oferecendo uma solução escalável e replicável para instituições de ensino em diferentes contextos.

## **Referências Bibliográficas**

- Lanzo, J. A., et al. (2020). *A review of the uses of virtual reality in engineering education. Computer Applications in Engineering Education*, 28(4), 748–763.
- Merkel, J. (2019). *Utilization of photogrammetry during establishment of virtual rock collection at Aalto University*. Master's thesis, Aalto University.
- Soliman, M., et al. (2021). *The Application of Virtual Reality in Engineering Education. Applied Sciences*, 11(2879).
- Janiszewski, M., et al. (2020). *Virtual Reality Learning Environments for Rock Engineering, Geology and Mining Education*. 54th U.S. Rock Mechanics/Geomechanics Symposium.