



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ**  
**REDE NORDESTE DE ENSINO (RENOEN)**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO**  
**DOUTORADO EM ENSINO**

**JONATHAN FELIPE DA SILVA**

**PROPOSIÇÃO DO CONCEITO *VAR-LEARNING*: ANÁLISE E VALIDAÇÃO DE  
TECNOLOGIAS IMERSIVAS PARA O ENSINO DE PROJETO ARQUITETÔNICO**

**FORTALEZA-CE**

**2025**

JONATHAN FELIPE DA SILVA

PROPOSIÇÃO DO CONCEITO *VAR-LEARNING*: ANÁLISE E VALIDAÇÃO DE  
TECNOLOGIAS IMERSIVAS PARA O ENSINO DE PROJETO ARQUITETÔNICO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino da Rede Nordeste de Ensino - RENOEN - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), como requisito parcial para obtenção do Título de doutor em Ensino. Área de concentração: Ensino.

Orientador: Sandro César Silveira Jucá

Coorientador: Solonildo Almeida da Silva

FORTALEZA-CE

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Instituto Federal do Ceará - IFCE  
Sistema de Bibliotecas - SIBI  
Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- S586p Silva, Jonathan Felipe da.  
Proposição do conceito VAR-learning : análise e validação de tecnologias imersivas para o ensino de projeto arquitetônico / Jonathan Felipe da Silva. - 2025.  
222 f. : il. color.
- Tese (doutorado) - Instituto Federal do Ceará, Doutorado Acadêmico em Ensino (Renoen), Campus Fortaleza, 2025.  
Orientação: Prof. Dr. Sandro César Silveira Jucá .  
Coorientação: Prof. Dr. Solonildo Almeida da Silva.
1. Ambientes Imersivos. 2. Avaliação Educacional. 3. Metodologias Ativas. 4. Sequências Didáticas. I. Título.
-

JONATHAN FELIPE DA SILVA

PROPOSIÇÃO DO CONCEITO *VAR-LEARNING*: ANÁLISE E VALIDAÇÃO DE  
TECNOLOGIAS IMERSIVAS PARA O ENSINO DE PROJETO ARQUITETÔNICO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino da Rede Nordeste de Ensino - RENOEN - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), como requisito parcial para obtenção do Título de doutor em Ensino. Área de concentração: Ensino.

Orientador: Dr. Sandro César Silveira Jucá

Coorientador: Dr. Solonildo Almeida da Silva

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Sandro César Silveira Jucá (Orientador)  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

---

Prof. Dr. Solonildo Almeida da Silva (Coorientador)  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

---

Prof. Dr. Auzuir Ripardo de Alexandria  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

---

Prof. Dr. Jefferson Queiroz Lima  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

---

Prof. Dr. Francisco Kelsen de Oliveira  
Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IF Sertão PE)

---

Profa. Dra. Renata Imaculada Soares Pereira  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas (IFAL)

---

Prof. Dr. Diogo Pereira Bezerra  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, fonte de inspiração e força, pela dádiva da vida e por me conceder sabedoria e perseverança para superar desafios e alcançar este importante marco. Cada obstáculo enfrentado tornou-se aprendizado e amadurecimento que levarei para toda a vida.

Aos meus pais, João e Vera, minha eterna gratidão pelo amor, valores, apoio e dedicação incondicional. À minha irmã Jéssica, agradeço pelas palavras de incentivo e pelo carinho constante. À minha esposa, Giselle, minha companheira em todas as jornadas, expressei meu mais profundo reconhecimento pelo amor, paciência, compreensão e parceria que tornaram possível a realização deste sonho. Agradeço, ainda, a todos os membros da minha família: cada um teve sua contribuição nesta jornada.

Aos meus amigos da turma 1 do RENOEN – IFCE, deixo meu sincero agradecimento pela convivência, pelo apoio mútuo e pelos momentos de aprendizado e de alegrias. Em especial, agradeço à Lana Priscila, ao Pedro Bruno, ao Anderson, à Paula, ao Alex, ao Rodrigo, e a tantos outros cuja presença marcou positivamente esta caminhada.

Agradeço, ainda, às minhas “filhas adotivas”, Ana Paula e Nayeli, pelo carinho e apoio no dia a dia, o que me permitiu preencher esta jornada com beleza e luz. Sou grato, também, à minha amiga de coração, Janaína, presença fundamental nos limites também fora da Pós Graduação.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Sandro César e Prof. Dr. Solonildo Almeida, manifesto minha admiração e gratidão pela orientação competente, estímulo intelectual e acompanhamento dedicado. Estendo o agradecimento aos colegas do IFCE – *Campus* Morada Nova, pelo incentivo constante e pela colaboração durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos Professores Rafael Oliveira, Paulo Cunha e Luiza, bem como aos alunos participantes da pesquisa, agradeço pela acolhida, disponibilidade e contribuição essencial à concretização deste trabalho. Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, sou grato pela oportunidade e pelo afastamento concedido para a dedicação integral ao Doutorado. Aos amigos da Revista *Conexões*, registro meu reconhecimento pelo apoio e parceria de sempre.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para esta conquista. Mesmo que seus nomes não estejam aqui mencionados, cada gesto de incentivo, amizade e confiança foi fundamental para a realização desta tese.

Ensinar não é transferir conhecimento, mas  
criar as possibilidades para a sua própria  
produção ou a sua construção.

(Paulo Freire)

## RESUMO

A presente tese busca propor e consolidar o conceito de Virtual and Augmented Reality Learning (*VAR-Learning*) como uma proposta metodológica para o ensino de Engenharias, articulando os fundamentos das tecnologias imersivas de Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV) às metodologias ativas de aprendizagem. O estudo parte da constatação de que o ensino tradicional, ainda predominante em cursos de Engenharia, limita o desenvolvimento da habilidade de visualização espacial e a construção autônoma do conhecimento pelos estudantes. O objetivo central consiste em analisar os impactos da integração dessas tecnologias no ensino de projeto arquitetônico, a partir da proposta inovadora do conceito *VAR-Learning*. A pesquisa adota a abordagem metodológica *Design Science Research* (DSR), estruturada nos ciclos de definição, implementação e avaliação, apoiados pela revisão do Estado da Arte. Foram elaboradas e aplicadas sequências didáticas denominadas *AR-Design* e *VR-Design*, posteriormente integradas na abordagem unificada *VAR-Design*, voltadas às disciplinas de Projeto Arquitetônico em cursos de Engenharia Civil e Engenharia de Produção Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará. A análise dos dados quantitativos foi conduzida por meio da estatística descritiva, enquanto os resultados qualitativos foram interpretados com base na Análise de Conteúdo de Bardin. A validação metodológica, realizada com docentes especialistas, utilizou o Índice de Validade de Conteúdo (IVC), confirmando a coerência conceitual, a clareza instrucional e a relevância pedagógica das Sequências Didáticas. Entre os participantes da pesquisa, constituíram-se três docentes e 41 discentes dos cursos de Engenharia Civil e Engenharia de Produção Civil do IFCE, distribuídos nos *campi* Fortaleza, Morada Nova e Quixadá. Como alguns dos resultados, 90,2% dos estudantes reconheceram o potencial da RA e da RV para mitigar dificuldades na visualização e compreensão de projetos arquitetônicos e um Índice de Validade de Conteúdo (IVC) igual a 1,00 avaliado por docentes, evidenciando que o *VAR-Learning* potencializa o engajamento discente, aprimora a compreensão tridimensional dos conceitos e fortalece o papel mediador do professor, transformando a prática docente em um processo participativo e investigativo. Além disso, a aplicação das ferramentas imersivas demonstrou impacto positivo na motivação e na autonomia dos estudantes, ampliando a interação entre teoria e prática. Conclui-se que o termo se consolida como um modelo capaz de orientar o planejamento de experiências formativas em diferentes áreas da Engenharia e de contribuir para a integração efetiva das tecnologias imersivas ao currículo.

**Palavras-Chave:** Ambientes Imersivos. Avaliação Educacional. Metodologias Ativas. Sequências Didáticas.

## ABSTRACT

This thesis aims to propose and consolidate the concept of Virtual and Augmented Reality Learning (VAR-Learning) as a methodological approach for engineering education, articulating the fundamentals of immersive Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) technologies with active learning methodologies. The study starts from the observation that traditional teaching, still predominant in engineering courses, limits the development of spatial visualization skills and the autonomous construction of knowledge by students. The central objective is to analyze the impacts of integrating these technologies into architectural design education, based on the innovative proposal of the VAR-Learning concept. The research adopts the Design Science Research (DSR) methodological approach, structured in the cycles of definition, implementation, and evaluation, supported by a review of the State of the Art. Didactic sequences called AR-Design and VR-Design were developed and applied, later integrated into the unified VAR-Design approach, aimed at Architectural Design disciplines in Civil Engineering and Civil Production Engineering courses at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Ceará. The analysis of quantitative data was conducted using descriptive statistics, while the qualitative results were interpreted based on Bardin's Content Analysis. Methodological validation, carried out with expert teachers, used the Content Validity Index (CVI), confirming the conceptual coherence, instructional clarity, and pedagogical relevance of the Didactic Sequences. The research participants consisted of three teachers and 41 students from the Civil Engineering and Civil Production Engineering courses at IFCE, distributed across the Fortaleza, Morada Nova, and Quixadá campuses. Among the results, 90.2% of students recognized the potential of AR and VR to mitigate difficulties in visualizing and understanding architectural projects, and a Content Validity Index (CVI) of 1.00, as evaluated by teachers, demonstrates that VAR-Learning enhances student engagement, improves the three-dimensional understanding of concepts, and strengthens the teacher's mediating role, transforming teaching practice into a participatory and investigative process. Furthermore, the application of immersive tools demonstrated a positive impact on student motivation and autonomy, expanding the interaction between theory and practice. In conclusion, the term is consolidated as a model capable of guiding the planning of formative experiences in different areas of Engineering and contributing to the effective integration of immersive technologies into the curriculum.

**Keywords:** Immersive Environments. Educational Assessment. Active Methodologies.

Teaching Sequences.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Organização dos softwares educacionais por objetivos.....                                          | 35 |
| Figura 2 - Modelo de software de simulação. ....                                                              | 35 |
| Figura 3 - Modellus - software de modelagem.....                                                              | 36 |
| Figura 4 - Interface do software VRUM. ....                                                                   | 37 |
| Figura 5 - Tabela periódica virtual. ....                                                                     | 37 |
| Figura 6 - Software de linguagem de programação.....                                                          | 38 |
| Figura 7 - Layout plataforma Hidra-Game.....                                                                  | 39 |
| Figura 8 - Quizz apresentado em disciplina. ....                                                              | 39 |
| Figura 9 - Diagrama conceitual de aprendizagem imersiva. ....                                                 | 43 |
| Figura 10 - Possibilidade de aplicação do Metaverso. ....                                                     | 48 |
| Figura 11 - Utilização da plataforma Spatial.....                                                             | 49 |
| Figura 12 - Exemplo de utilização da RA. ....                                                                 | 50 |
| Figura 13 - Exemplo de marcador de RA.....                                                                    | 52 |
| Figura 14 - Utilização da RV em sala de aula. ....                                                            | 54 |
| Figura 15 - Ivan Sutherland e o projeto Sketchpad, no MIT (1963). ....                                        | 54 |
| Figura 16 - Contínuo de Milgram.....                                                                          | 55 |
| Figura 17 - Arquitetura da RV.....                                                                            | 56 |
| Figura 18 - Softwares de RA mais acessados durante a pesquisa. ....                                           | 62 |
| Figura 19 - Modelo de sandbox em RA. ....                                                                     | 62 |
| Figura 20 - Museu do Vaqueiro / Morada Nova - CE.....                                                         | 70 |
| Figura 21 - Modelo tridimensional em RA gerado no ambiente ItReal - Museu do<br>Vaqueiro Morada Nova/CE. .... | 71 |
| Figura 22 - Código QR gerado em ambiente ItReal - Museu do Vaqueiro Morada Nova/CE.....                       | 71 |
| Figura 23 - Interface do aplicativo Moon Phases AR. ....                                                      | 73 |
| Figura 24 - Utilização do AR Sketchwalk para Engenharias. ....                                                | 74 |
| Figura 25 - Utilização do Augment. ....                                                                       | 75 |
| Figura 26 - Utilização do GAMMA AR.....                                                                       | 76 |
| Figura 27 - Utilização do aplicativo Augin para construção civil. ....                                        | 77 |
| Figura 28 - Google Cardboard.....                                                                             | 78 |
| Figura 29 - Interface do VR Space.....                                                                        | 79 |
| Figura 30 - Google Arts & Culture com utilização por RV. ....                                                 | 80 |
| Figura 31 - Interface do Unreal Engine. ....                                                                  | 81 |

|                                                                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 32 - Utilização do SketchUp Viewer para engenharia. ....                                                                   | 83  |
| Figura 33 - Modelagem de jogo através do Unity. ....                                                                              | 85  |
| Figura 34 - Os ciclos da abordagem metodológica DSR. ....                                                                         | 97  |
| Figura 35 - Princípios relacionados ao VAR- <i>Learning</i> . ....                                                                | 110 |
| Figura 36 - Diagrama da relação entre VAR- <i>Learning</i> , AR- <i>Design</i> , VR- <i>Design</i> e VAR-<br><i>Design</i> . .... | 113 |
| Figura 37 - Fluxograma de SD AR- <i>Design</i> . ....                                                                             | 116 |
| Figura 38 - Fluxograma de SD VR- <i>Design</i> . ....                                                                             | 123 |
| Figura 39 - Projeto do térreo de edificação 2 utilizado na pesquisa. ....                                                         | 134 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gráfico 1 - Respostas sobre a questão nº 1 / diagnóstico docentes. ....   | 138 |
| Gráfico 2 - Respostas sobre a questão nº 3 / diagnóstico docentes. ....   | 140 |
| Gráfico 3 - Respostas sobre a questão nº 4 / diagnóstico docentes. ....   | 141 |
| Gráfico 4 - Respostas sobre a questão nº 5 / diagnóstico docentes. ....   | 143 |
| Gráfico 5 - Respostas sobre a questão nº 6 / diagnóstico docentes. ....   | 144 |
| Gráfico 6 - Respostas sobre a questão nº 9 / diagnóstico docentes. ....   | 148 |
| Gráfico 7 - Respostas sobre a questão nº 1 / diagnóstico discentes. ....  | 150 |
| Gráfico 8 - Respostas sobre a questão nº 2 / diagnóstico discentes. ....  | 151 |
| Gráfico 9 - Respostas sobre a questão nº 3 / diagnóstico discentes. ....  | 152 |
| Gráfico 10 - Respostas sobre a questão nº 4 / diagnóstico discentes. .... | 153 |
| Gráfico 11 - Respostas sobre a questão nº 5 / diagnóstico discentes. .... | 154 |
| Gráfico 12 - Respostas sobre a questão nº 6 / diagnóstico discentes. .... | 155 |
| Gráfico 13 - Respostas sobre a questão nº 7 / diagnóstico discentes. .... | 156 |
| Gráfico 14 - Respostas sobre a questão nº 1 / final discentes.....        | 158 |
| Gráfico 15 - Respostas sobre a questão nº 2 / final discentes.....        | 159 |
| Gráfico 16 - Respostas sobre a questão nº 3 / final discentes.....        | 160 |
| Gráfico 17 - Respostas sobre a questão nº 4 / final discentes.....        | 161 |
| Gráfico 18 - Respostas sobre a questão nº 5 / final discentes.....        | 162 |
| Gráfico 19 - Respostas sobre a questão nº 6 / final discentes.....        | 163 |
| Gráfico 20 - Respostas sobre a questão nº 7 / final discentes.....        | 164 |
| Gráfico 21 - Respostas sobre a questão nº 8 / final discentes.....        | 165 |
| Gráfico 22 - Respostas sobre a questão nº 9 / final discentes.....        | 166 |
| Gráfico 23 - Respostas sobre a questão nº 10 / final discentes.....       | 167 |
| Gráfico 24 - Respostas sobre a questão nº 11 / final discentes.....       | 168 |
| Gráfico 25 - Respostas sobre a questão nº 12 / final discentes.....       | 169 |
| Gráfico 26 - Respostas sobre a questão nº 13 / final discentes.....       | 170 |
| Gráfico 27 - Respostas sobre a questão nº 1 / validação de SD. ....       | 174 |
| Gráfico 28 - Respostas sobre a questão nº 2 / validação de SD. ....       | 175 |
| Gráfico 29 - Respostas sobre a questão nº 3 / validação de SD. ....       | 175 |
| Gráfico 30 - Respostas sobre a questão nº 4 / validação de SD. ....       | 176 |
| Gráfico 31 - Respostas sobre a questão nº 5 / validação de SD. ....       | 177 |
| Gráfico 32 - Respostas sobre a questão nº 6 / validação de SD. ....       | 177 |

|                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------|-----|
| Gráfico 33 - Respostas sobre a questão nº 7 / validação de SD. ....  | 178 |
| Gráfico 34 - Respostas sobre a questão nº 8 / validação de SD. ....  | 179 |
| Gráfico 35 - Respostas sobre a questão nº 9 / validação de SD. ....  | 179 |
| Gráfico 36 - Respostas sobre a questão nº 10 / validação de SD. .... | 180 |
| Gráfico 37 - Respostas sobre a questão nº 11 / validação de SD. .... | 180 |
| Gráfico 38 - Respostas sobre a questão nº 12 / validação de SD. .... | 181 |
| Gráfico 39 - Respostas sobre a questão nº 13 / validação de SD. .... | 181 |
| Gráfico 40 - Respostas sobre a questão nº 14 / validação de SD. .... | 182 |
| Gráfico 41 - Respostas sobre a questão nº 15 / validação de SD. .... | 183 |
| Gráfico 42 - Respostas sobre a questão nº 16 / validação de SD. .... | 183 |
| Gráfico 43 - Respostas sobre a questão nº 16 / validação de SD. .... | 184 |

## LISTA DE QUADROS

|                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Quadro 1 - Produções selecionadas na pesquisa. ....                                                          | 59  |
| Quadro 2 - Comparação entre <i>E-Learning</i> , <i>Immersive Learning</i> e <i>VAR-Learning</i> . ....       | 93  |
| Quadro 3 - Cursos e disciplinas definidos para aplicação da pesquisa. ....                                   | 99  |
| Quadro 4 - Sequência didática <i>AR-Design</i> . ....                                                        | 116 |
| Quadro 5 - Sequência didática <i>VR-Design</i> . ....                                                        | 123 |
| Quadro 6 - Respostas sobre a questão nº 2 / diagnóstico docentes. ....                                       | 139 |
| Quadro 7 - Respostas sobre a questão nº 7 / diagnóstico docentes. ....                                       | 145 |
| Quadro 8 - Respostas sobre a questão nº 8 / diagnóstico docentes. ....                                       | 147 |
| Quadro 9 - Respostas sobre a questão nº 14 / final discentes. ....                                           | 171 |
| Quadro 10 - Respostas sobre a questão nº 18 / validação de SD. ....                                          | 184 |
| Quadro 11 - Respostas sobre a questão nº 19 / validação de SD. ....                                          | 185 |
| Quadro 12 - Cálculo dos IVCs dos critérios de “Leitura e Compreensão”, “Relevância”<br>e “Vocabulário”. .... | 186 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|               |                                                                            |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------|
| a.C.          | Antes de Cristo                                                            |
| ABNT          | ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS                                   |
| AR            | <i>Augmented Reality</i>                                                   |
| ARENA         | Experimentação Aprimorada em Armazéns Inteligentes                         |
| BDTD          | Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações                      |
| BIM           | <i>Building Information Modeling</i>                                       |
| BNCC          | Base Nacional Comum Curricular                                             |
| BYOD          | <i>Bring Your Own Device</i>                                               |
| CAAE          | Certificado de Apresentação para Apreciação Ética                          |
| CAD           | <i>Computer-Aided Design</i>                                               |
| CAPES         | Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior                |
| CE            | Ceará                                                                      |
| CEFET-CE      | Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará                            |
| CFRB          | Comportamento Consensual Resiliente à Falha                                |
| COVID-19      | Coronavirus                                                                |
| DAC           | Desenho Assistido por Computador                                           |
| DCN           | Diretrizes Curriculares Nacionais                                          |
| DSR           | <i>Design Science Research</i>                                             |
| EPT           | Educação Profissional e Tecnológica                                        |
| <i>et al.</i> | e outros                                                                   |
| FIRJAN        | Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro                       |
| HVE           | Habilidade de Visualização Espacial                                        |
| IA            | Inteligência Artificial                                                    |
| IFAL          | Instituto Federal de Alagoas                                               |
| IFCE          | Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará               |
| IFRN          | Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte |
| IVC           | Índice de Validade de Conteúdo                                             |
| LDB           | Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional                             |
| Libras        | Língua Brasileira de Sinais                                                |
| LMS           | <i>Learning Management System</i>                                          |
| MIT           | <i>Massachusetts Institute of Technology</i>                               |
| MRS           | Sistemas Multirrobo                                                        |

|              |                                                                  |
|--------------|------------------------------------------------------------------|
| MUVE         | Ambiente Virtual Multiusuário                                    |
| n.           | número                                                           |
| NBR          | Norma brasileira                                                 |
| p.           | página                                                           |
| PBL          | <i>Problem Based Learning</i>                                    |
| PUD          | Programas de Unidades Didáticas                                  |
| RA           | Realidade Aumentada                                              |
| RENOEN       | Rede Nordeste de Ensino                                          |
| RM           | Realidade Mista                                                  |
| RSL          | Revisão Sistemática da Literatura                                |
| RV           | Realidade Virtual                                                |
| <i>s. l.</i> | <i>sine loco</i>                                                 |
| <i>s. n.</i> | <i>sine nomine</i>                                               |
| SA           | Sistema de Autoria                                               |
| SD           | Sequências Didáticas                                             |
| STEM         | Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática                     |
| TCLE         | Termo de Consentimento Livre e Esclarecido                       |
| TIC          | Tecnologias da Informação e Comunicação                          |
| UNESCO       | Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura |
| v.           | volume                                                           |
| VA           | Virtualidade Aumentada                                           |
| VAR          | <i>Virtual and Augmented Reality Learning</i>                    |
| VAR-Design   | <i>Virtual and Augmented Reality for Architectural Design</i>    |
| VAR-Learning | <i>Virtual and Augmented Reality Learning</i>                    |
| VR           | <i>Virtual Reality</i>                                           |

## SUMÁRIO

|               |                                                                                                            |            |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>1</b>      | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                                                                    | <b>19</b>  |
| <b>2</b>      | <b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>                                                                           | <b>27</b>  |
| <b>2.1</b>    | <b>A importância da Habilidade de Visualização Espacial (HVE) para a área das engenharias.....</b>         | <b>27</b>  |
| <b>2.2</b>    | <b>Formação e prática docentes para o ensino de engenharias .....</b>                                      | <b>30</b>  |
| <b>2.3</b>    | <b>A gamificação no ensino de engenharias.....</b>                                                         | <b>33</b>  |
| <b>2.3.1</b>  | <b><i>Desafios práticos e limitações das metodologias ativas no contexto brasileiro .....</i></b>          | <b>40</b>  |
| <b>2.4</b>    | <b>Estratégias de <i>Immersive Learning</i> para o ensino de engenharias.....</b>                          | <b>41</b>  |
| <b>2.5</b>    | <b>O metaverso e o potencial de contribuição para o ensino de engenharias .....</b>                        | <b>45</b>  |
| <b>2.6</b>    | <b>A RA e RV como ferramentas para o ensino de engenharias .....</b>                                       | <b>49</b>  |
| <b>2.7</b>    | <b>Revisão de literatura sobre RA e RV no ensino de engenharia civil e produção civil.....</b>             | <b>58</b>  |
| <b>2.8</b>    | <b>Aplicações práticas de RA e RV como ferramentas de ensino de engenharia civil e produção civil.....</b> | <b>69</b>  |
| <b>2.8.1</b>  | <b><i>ItReal.....</i></b>                                                                                  | <b>69</b>  |
| <b>2.8.2</b>  | <b><i>Moon Phases AR .....</i></b>                                                                         | <b>72</b>  |
| <b>2.8.3</b>  | <b><i>AR Sketchwalk.....</i></b>                                                                           | <b>73</b>  |
| <b>2.8.4</b>  | <b><i>Augment.....</i></b>                                                                                 | <b>74</b>  |
| <b>2.8.5</b>  | <b><i>GAMMA AR .....</i></b>                                                                               | <b>75</b>  |
| <b>2.8.6</b>  | <b><i>Augin.....</i></b>                                                                                   | <b>76</b>  |
| <b>2.8.7</b>  | <b><i>VR Space.....</i></b>                                                                                | <b>77</b>  |
| <b>2.8.8</b>  | <b><i>Google Arts &amp; Culture.....</i></b>                                                               | <b>79</b>  |
| <b>2.8.9</b>  | <b><i>Unreal Engine.....</i></b>                                                                           | <b>80</b>  |
| <b>2.8.10</b> | <b><i>SketchUp Viewer.....</i></b>                                                                         | <b>81</b>  |
| <b>2.8.11</b> | <b><i>Unity.....</i></b>                                                                                   | <b>83</b>  |
| <b>2.9</b>    | <b>O estado da arte sobre VAR-Learning .....</b>                                                           | <b>85</b>  |
| <b>3</b>      | <b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>                                                                            | <b>95</b>  |
| <b>3.1</b>    | <b>Caracterização e natureza da pesquisa .....</b>                                                         | <b>95</b>  |
| <b>3.2</b>    | <b>Delineamento da pesquisa.....</b>                                                                       | <b>96</b>  |
| <b>3.3</b>    | <b>População, amostra e critérios de seleção .....</b>                                                     | <b>98</b>  |
| <b>3.4</b>    | <b>Local e contexto da pesquisa.....</b>                                                                   | <b>101</b> |
| <b>3.5</b>    | <b>Procedimentos de coleta de dados.....</b>                                                               | <b>101</b> |

|         |                                                                                                                      |     |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.6     | Metodologias de análise de dados .....                                                                               | 103 |
| 3.7     | Aspectos éticos .....                                                                                                | 104 |
| 3.8     | Validação metodológica .....                                                                                         | 105 |
| 3.9     | Limitações e controle de vieses .....                                                                                | 106 |
| 3.10    | O conceito VAR-Learning .....                                                                                        | 107 |
| 3.10.1  | Imersão .....                                                                                                        | 107 |
| 3.10.2  | Interação.....                                                                                                       | 108 |
| 3.10.3  | Aprendizagem situada .....                                                                                           | 108 |
| 3.10.4  | Colaboração.....                                                                                                     | 109 |
| 3.10.5  | Personalização.....                                                                                                  | 109 |
| 3.10.6  | Sequências didáticas AR-Design e VR-Design.....                                                                      | 111 |
| 3.10.7  | AR-Design.....                                                                                                       | 114 |
| 3.10.8  | VR-Design.....                                                                                                       | 121 |
| 3.10.9  | VAR-Design.....                                                                                                      | 128 |
| 3.10.10 | Aplicação das sequências didáticas .....                                                                             | 130 |
| 4       | RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                                                                         | 136 |
| 4.1     | Pesquisa diagnóstica com docentes .....                                                                              | 137 |
| 4.2     | Pesquisa diagnóstica com discentes.....                                                                              | 148 |
| 4.3     | Questionário final - discentes.....                                                                                  | 157 |
| 4.4     | Questionário de validação de sequência didática VAR-Learning.....                                                    | 174 |
| 4.5     | Índice de Validação de Conteúdo (IVC) .....                                                                          | 185 |
| 4.6     | Análise dos dados qualitativos conforme técnica baseada na análise de<br>conteúdo .....                              | 187 |
| 4.6.1   | Procedimentos metodológicos aplicados na planilha.....                                                               | 188 |
| 4.6.2   | Organização das colunas e das operações analíticas.....                                                              | 188 |
| 4.6.3   | Análise dos resultados qualitativos .....                                                                            | 189 |
| 5       | CONSIDERAÇÕES FINAIS E PESQUISAS FUTURAS .....                                                                       | 192 |
|         | REFERÊNCIAS.....                                                                                                     | 195 |
|         | APÊNDICE A - PRODUÇÕES ACADÊMICAS SUBMETIDAS E<br>PUBLICADAS NO CURSO DO DOUTORADO .....                             | 211 |
|         | APÊNDICE B - QUADRO RESUMO DAS PUBLICAÇÕES<br>SELECIONADAS SOBRE RA E RV APLICADAS NO<br>ENSINO DE ENGENHARIAS ..... | 212 |
|         | APÊNDICE C - PROGRAMAS DE UNIDADES DIDÁTICAS (PUDS).....                                                             | 213 |

|                                                                                                                                                 |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>APÊNDICE D - TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE PROJETO<br/>ARQUITETÔNICO .....</b>                                                              | <b>214</b> |
| <b>APÊNDICE E - TERMOS DE CONSENTIMENTO LIVRE E<br/>ESCLARECIDO .....</b>                                                                       | <b>215</b> |
| <b>APÊNDICE F - SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS AR-<i>DESIGN</i> E VR-<i>DESIGN</i> /<br/>TUTORIAL DE UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS<br/>EDUCACIONAIS .....</b> | <b>216</b> |
| <b>APÊNDICE G - QUESTIONÁRIOS UTILIZADOS NA PESQUISA.....</b>                                                                                   | <b>218</b> |
| <b>APÊNDICE H - PROJETOS UTILIZADOS NA PESQUISA.....</b>                                                                                        | <b>219</b> |
| <b>APÊNDICE I - REGISTROS FOTOGRÁFICOS DA APLICAÇÃO DA<br/>PESQUISA .....</b>                                                                   | <b>220</b> |
| <b>APÊNDICE J - QUADRO DE ANÁLISE DE DADOS QUANTITATIVOS ...</b>                                                                                | <b>221</b> |
| <b>APÊNDICE K - QUADRO DE ANÁLISE DE DADOS QUALITATIVOS.....</b>                                                                                | <b>222</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O ensino das disciplinas voltadas para as engenharias passou por significativas transformações entre os anos 2000 e 2025. Houve uma diversificação notável e avanços consideráveis nesse campo. Isso levou ao desenvolvimento de novas abordagens visando aprimorar o processo de ensino e aprendizagem tanto para professores quanto para alunos.

Os métodos de ensino tradicionais, que se baseiam na memorização dos conteúdos, estão gradualmente sendo substituídos por estratégias didáticas que se fundamentam nas metodologias ativas. Nesse contexto, a tecnologia desempenha um papel cada vez mais primordial como uma ferramenta valiosa para o aprendizado.

Para estimular os alunos a explorarem, investigarem e compreenderem o conteúdo voltado para as Engenharias é importante que as aulas sejam dinâmicas e capazes de motivar os alunos a participarem ativamente na produção de conhecimento. Em especial no ensino superior, enfrenta-se o desafio semelhante de tornar as aulas interessantes, de forma a incentivar os alunos a questionar, experimentar e contribuir para a construção do conhecimento.

A crescente globalização econômica e a intensificação da competição têm aumentado consideravelmente a demanda por engenheiros altamente qualificados. Desenvolveram-se novas demandas por conhecimentos avançados para os futuros engenheiros, o que torna necessária a busca por novos modelos educacionais.

Nesta linha, Belisário *et al.* (2020) destacam que, no ensino de Engenharia, é necessário repensar novas possibilidades educacionais para diminuir a distância entre o vasto conhecimento disponível e o conhecimento efetivamente aplicado nas disciplinas. Os autores apontam que essa transformação envolve flexibilizar e remodelar os papéis de professores e estudantes, compreendendo-os como orientadores-educadores e aprendizes-colaboradores em uma relação mais horizontalizada.

Essa pesquisa ressalta um desafio comum que existe em ambas as disciplinas de Engenharia Civil, relacionado ao modelo tradicional de aulas, em que o professor é o principal detentor do conhecimento na sala de aula e os alunos assumem um papel passivo, problema este que será discutido na etapa de Referencial Teórico. Nesse contexto, o conteúdo abordado muitas vezes não é aprendido da maneira planejada pelo professor. Diante desse cenário, o problema de pesquisa interroga como as tecnologias imersivas podem ser integradas ao processo de ensino.

A RV representa uma forma avançada de interação computacional, onde ocorre

simulação em tempo real e engajamento através de múltiplos canais sensoriais. Tori, Kirner e Siscoutto (2006) descrevem a RV como uma tecnologia que proporciona uma imersão do ser humano em ambientes virtuais, oferecendo alto nível de realismo e sensação de presença. O objetivo fundamental da RV, segundo Tori, Hounsell e Kirner (2020), é remover a percepção do usuário do mundo real, fazendo-o sentir-se totalmente imerso no ambiente virtual, um objetivo que continua válido até os dias de hoje.

A RA se evidencia quando o usuário, imerso na realidade física, pode interagir com objetos virtuais que estão integrados e registrados tridimensionalmente dentro do espaço físico real, “enriquecendo” de informações o ambiente real, segundo Tori, Hounsell e Kirner (2020).

Conforme apontado por Tori, Kirner e Siscoutto (2006), embora a RV e a RA sejam amplamente utilizadas em treinamentos para mecânicos, simulações cirúrgicas, estratégias de marketing e jogos, há poucos relatos de seu uso no contexto educacional, especialmente no ensino das Engenharias.

Nesse cenário, a busca por estratégias didáticas inovadoras tem se intensificado, sobretudo diante das dificuldades enfrentadas pelos docentes no ensino de conteúdos que exigem elevada capacidade de abstração e visualização espacial. Em muitas instituições públicas, incluindo os Institutos Federais, persistem desafios relacionados à infraestrutura, tais como a disponibilidade limitada de laboratórios especializados e equipamentos específicos para atividades práticas.

É importante destacar que nenhuma solução tecnológica deve ser compreendida como substituta da responsabilidade do Estado de investir de forma contínua e suficiente na educação pública. A defesa de uma escola pública gratuita e de qualidade pressupõe o compromisso com laboratórios bem equipados, ambientes de aprendizagem adequados e recursos atualizados que acompanhem as exigências contemporâneas da formação em Engenharia.

Nesse contexto, tecnologias imersivas como RA e RV, em geral, não se configuram como alternativas de baixo custo para suprir carências estruturais, mas como ferramentas complementares capazes de enriquecer o processo de ensino-aprendizagem quando integradas a um ambiente educacional devidamente equipado.

Em adição, o uso desses dispositivos móveis em sala de aula é uma estratégia que tem gerado discussões e reflexões no campo da educação, segundo Olivindo *et al.* (2020). Os autores afirmam que o avanço tecnológico e a proliferação desses dispositivos trouxeram consigo tanto desafios quanto oportunidades para o ambiente de aprendizado.

Furtado e Rodrigues (2019) observam que, ao longo do tempo, os recursos tecnológicos

se tornaram parte do cotidiano das pessoas, estando presentes em diversos ambientes, como o trabalho, a escola e o lar. Os autores ressaltam que as escolas atualmente dispõem de múltiplas tecnologias, cuja utilização pode contribuir para o desenvolvimento das aulas em diferentes disciplinas, favorecendo inclusive a integração entre elas.

Furtado e Rodrigues (2019, p. 9) afirmam que "o *smartphone*, se utilizado de maneira eficaz, pode promover uma nova abordagem educacional. Portanto, é responsabilidade da escola proporcionar aos estudantes a inclusão tecnológica desse dispositivo, sempre que viável, uma vez que nenhum educador pode ignorar essa necessidade". Conforme uma pesquisa conduzida pela Revista TIC Educação (2017)<sup>11</sup>, o percentual de docentes que utilizam o *smartphone* para o desenvolvimento de atividades em sala de aula subiu de 39%, em 2015, para 56% no ano de 2017.

Embora esta pesquisa indique um aumento significativo do uso de *smartphones* pelos estudantes, é importante relativizar esses dados à luz das políticas educacionais atuais. A Lei nº 15.100/2025 que restringe o uso de dispositivos móveis nas escolas, excetuando atividades pedagógicas planejadas, emerge como resposta aos impactos negativos observados no uso sem planejamento desses aparelhos, tais como dispersão, queda na atenção, multitarefas improdutivas e prejuízos à aprendizagem autorregulada. Esse marco legal, portanto, não se opõe à utilização educacional de tecnologias móveis, mas reforça a necessidade de que o *smartphone* seja incorporado de forma intencional, orientada e metodologicamente supervisionada.

Logo, as ferramentas de RA e RV demonstram um potencial promissor no campo do ensino das Engenharias. Elas oferecem uma abordagem inovadora e envolvente para a construção do conhecimento, permitindo aos estudantes explorarem conceitos complexos de forma prática e interativa. É preciso que educadores e instituições de ensino incentivem a exploração, adaptação e aprimoramento destas ferramentas, com foco na otimização da qualidade educacional por meio das possibilidades apresentadas pelas Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs).

Dessa forma, a questão da pesquisa representada na pesquisa investiga como essas tecnologias emergentes podem ser integradas efetivamente no contexto educacional para otimizar o processo de ensino de engenharias. Ela aborda questões relacionadas à eficácia dessas ferramentas na visualização e compreensão de conceitos complexos, na simulação de situações práticas e no desenvolvimento de habilidades práticas necessárias para os futuros

---

<sup>11</sup> Revista TIC Educação. Disponível em: <https://www.cetic.br/pt/pesquisa/educacao/publicacoes/>. Acesso em: 14 set. 2025.

engenheiros.

Além disso, possibilita explorar os desafios enfrentados na implementação dessas tecnologias, como acesso a equipamentos adequados, treinamento de professores e integração curricular. Ao examinar esses aspectos, a pesquisa busca fornecer possibilidades para o aprimoramento do ensino de Engenharias por meio da RA e RV, desenvolvendo e consolidando estas estratégias por meio de um conceito inovador denominado *VAR-Learning (Virtual and Augmented Reality Learning* - Aprendizado por meio da Realidade Virtual e Aumentada), conceito este que será explanado em seção posterior. Em uma visão geral, o conceito *VAR-Learning* combina RV e RA para estruturar uma abordagem pedagógica baseada em metodologias ativas, facilitando a visualização espacial e o aprofundamento do conteúdo técnico, fornecendo possibilidades para o professor de Engenharia, no caso deste estudo, desenvolver estratégias de ensino baseadas em uma Sequência Didática imersiva.

Portanto, partindo desse fundamento, apresenta-se a hipótese central de que a utilização pedagógica de recursos de RA e RV, organizados sob o conceito de *VAR-Learning*, pode promover melhorias significativas na aprendizagem dos estudantes, ampliando suas habilidades de visualização espacial, engajamento e compreensão dos conteúdos técnicos. Acredita-se, ainda, que tais tecnologias, quando incorporadas em Sequências Didáticas planejadas, têm potencial para transformar a prática docente, tornando-a mais dinâmica, interativa e alinhada às metodologias ativas de ensino.

Além disso, a escolha do tema desta pesquisa está vinculada à experiência adquirida pelo autor ao longo da atuação no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), especialmente em práticas formativas mediadas por tecnologias digitais. A vivência profissional evidencia, de maneira recorrente, as dificuldades enfrentadas pelos estudantes no desenvolvimento da visualização espacial e na interpretação de modelos arquitetônicos, assim como os desafios pedagógicos e estruturais associados ao ensino desses conteúdos. Nesse contexto, a investigação sobre o conceito *VAR-Learning* emerge como resposta a necessidades identificadas no cotidiano acadêmico, orientando a construção de uma proposta metodológica que dialoga com práticas reais, demandas formativas e perspectivas de inovação tecnológica no âmbito da educação pública.

Neste estudo, com o propósito do desenvolvimento do projeto de pesquisa, foi estabelecido o objetivo geral, em conjunto com seus objetivos específicos correspondentes, conforme detalhado a seguir.

O objetivo geral desta pesquisa é analisar os impactos da integração dessas tecnologias

no ensino de projeto arquitetônico, a partir da proposta inovadora do conceito *VAR-Learning*.

No âmbito do projeto, foram delineados os seguintes objetivos específicos, a fim de consolidar o objetivo geral e fornecer um conjunto significativo de informações para análise e estudo:

- a) investigar a produção científica recente sobre o uso de tecnologias imersivas (RA e RV) no ensino de engenharia, identificando tendências, lacunas e possibilidades de aplicação;
- b) desenvolver sequências didáticas baseada no conceito de *VAR-Learning*, voltadas ao ensino de Projeto Arquitetônico nas Engenharias, com aplicação nos cursos superiores de Engenharia Civil e de Produção Civil no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará;
- c) avaliar os impactos pedagógicos e cognitivos das sequências didáticas, por meio da validação com docentes e discentes, a fim de propor subsídios para sua incorporação nos currículos de cursos de Engenharia e áreas afins.

Para justificar a adoção do conceito utilizando ferramentas imersivas para o ensino no campo das Engenharias, é importante reconhecer que a tecnologia está desempenhando um papel cada vez mais essencial nas salas de aula. Dentre várias opções de recursos didáticos, os *smartphones* se destacam como ferramentas poderosas para a aprendizagem, como mencionado por Antônio (2010).

A pandemia da COVID-19, com maior incidência entre os anos de 2020 e 2021, impulsionou o ensino remoto de emergência, tornando as ferramentas tecnológicas fundamentais para a condução das aulas. Nesse contexto, os professores precisaram adquirir habilidades para lecionar virtualmente, e os alunos passaram a depender de recursos tecnológicos para acompanhar o curso. A internet se tornou a principal conexão entre educadores e estudantes, e os *smartphones* se tornaram instrumentos essenciais para garantir um processo de ensino e aprendizagem eficaz.

Ainda, ressalta-se o avanço de utilização de ferramentas de RV devido ao grande potencial de imersão. As empresas de jogos investem de forma constante na melhoria desta tecnologia, e são disponibilizados diversos instrumentos, como os óculos de Realidade Mista (aqueles que alternam entre RA e RV) que, apesar do alto custo de investimento, entende-se, que daqui a alguns anos, será viável para que as instituições escolares possam adquirir tais ferramentas e utilizá-las em laboratórios e em sala de aula como objetos didáticos de grande capacidade de interação. Ou seja, o aluno possui, tanto nos óculos de Realidade Mista quanto

no *smartphone*, a capacidade de acessar os conteúdos didáticos de um modo cada vez mais interativo.

Essas ferramentas, portanto, fazem parte das tecnologias imersivas, que são recursos tecnológicos que simulam o mundo físico por meio de ambientes virtuais, proporcionando uma experiência imersiva ao usuário, conforme Resende e Santos (2019).

No contexto do ensino de Engenharias, a RA e RV podem ser ferramentas essenciais para a compreensão de estruturas de construção e instalações elétricas, entre outros tópicos. Com um *smartphone* com acesso à internet, por exemplo, os alunos podem interagir com conceitos e exemplos baseados em estruturas e instalações reais de forma imersiva. E a utilização dos óculos de realidade mista permite uma oportunidade como instrumento de ensino ao professor, trabalhando não somente o conteúdo, mas a afetividade, seguindo as diretrizes propostas por Wallon (1959) apontado por Souza (2013).

Essa abordagem também é aplicável em aulas não presenciais, além de auxiliar os alunos como construtores de seu próprio aprendizado, enquanto os professores desempenham o papel de facilitadores ou mediadores entre o conhecimento e o aprendiz.

Além disso, entre as áreas abrangentes das engenharias, a escolha das Engenharias Civil e de Produção Civil como foco desta investigação justifica-se por suas naturezas complementares e pela centralidade que o raciocínio espacial e o domínio de representações gráficas assumem em suas práticas profissionais. Ambas as áreas demandam dos estudantes a capacidade de compreender e manipular modelos tridimensionais, interpretar plantas, cortes e elevações, além de planejar processos construtivos e produtivos que integram diferentes sistemas e etapas de execução.

A presente pesquisa justifica-se também por seu caráter de propor, desenvolver e validar o conceito de *VAR-Learning*. Essa proposta visa não apenas à melhoria do processo de ensino, mas também à construção de um modelo replicável, capaz de orientar futuras práticas docentes e curriculares em cursos de engenharia e áreas correlatas.

Portanto, esta investigação busca compreender como as tecnologias imersivas podem ser efetivamente incorporadas ao ensino de Engenharias, ampliando as possibilidades de aprendizagem e contribuindo para a formação de profissionais mais criativos, críticos e preparados para os desafios da Indústria 4.0 e 5.0.

A presente tese está organizada em cinco capítulos principais, seguidos por Referências Bibliográficas e Apêndices, conforme descrito a seguir.

Capítulo 1 – Introdução: apresenta o contexto e a relevância do estudo, o problema de

pesquisa, a hipótese formulada, os objetivos geral e específicos, assim como a justificativa que fundamenta a realização deste trabalho.

Capítulo 2 – Referencial Teórico: discute os fundamentos conceituais que sustentam a pesquisa, abordando temas como a formação e prática docente para o ensino de Engenharias, a Habilidade de Visualização Espacial (HVE), formação e prática docentes para o ensino de Engenharias, a gamificação no ensino de Engenharias, estratégias de *Immersive Learning* para o ensino de Engenharias, a RA e RV como ferramentas para o ensino de Engenharias, , entre outros. O capítulo também apresenta uma revisão de literatura abrangendo teses, dissertações, artigos e livros de referência sobre os temas correlatos além do estado da arte do conceito *VAR-Learning*.

Capítulo 3 – Materiais e Métodos: descreve o percurso metodológico adotado, detalhando a caracterização e natureza da pesquisa, o delineamento, o contexto de aplicação, a população e amostra, os procedimentos de coleta e análise de dados, os aspectos éticos, e os processos de validação metodológica, conforme os princípios da abordagem *Design Science Research* (DSR). Além disso, apresenta e discute sobre o conceito de *Virtual and Augmented Reality Learning*, descrevendo o percurso de criação, desenvolvimento e aplicação das sequências didáticas voltadas para o ensino de projeto arquitetônico nas Engenharias Civil e de Produção Civil. Neste capítulo, são descritas as etapas de elaboração, aplicação e validação das sequências didáticas *AR-Design*, *VR-Design* e *VAR-Design*, evidenciando a integração das tecnologias imersivas ao processo de ensino.

Capítulo 4 – Resultados e Discussão: apresenta a análise e interpretação dos dados obtidos por meio da aplicação dos questionários e das sequências didáticas, discutindo os resultados com base no referencial teórico e dos objetivos estabelecidos. São evidenciadas as contribuições pedagógicas, cognitivas e tecnológicas do conceito *VAR-Learning* para o ensino de Engenharias, bem como suas limitações e perspectivas futuras.

Capítulo 5 – Considerações finais e pesquisas futuras: indica a síntese dos principais resultados alcançados e suas relações com os objetivos propostos, destacando as contribuições do conceito *VAR-Learning* para o ensino de engenharias. São apontadas as implicações pedagógicas do uso das tecnologias imersivas e as limitações do estudo, além de sugestões para pesquisas futuras que aprofundem a aplicação das metodologias relacionadas em diferentes contextos educacionais.

Ao final da pesquisa, são apresentadas as Referências, que reúnem todas as fontes utilizadas ao longo do trabalho, e os apêndices, que contêm os materiais complementares, tais

como publicações do autor, questionários aplicados, planilhas de análise, tutoriais de sequências didáticas *VAR-Learning*, entre outros.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, inicialmente, será realizada uma revisão de literatura sobre publicações inseridas entre 2016 e 2025 nos bancos de dados Google Acadêmico, ASCE *Library*, *Scopus*, *Engineering Village* e Catálogo de Teses & Dissertações - CAPES, além de autores de referência como Tori e Hounsell (2018) com os termos: “Realidade Aumentada”, “Realidade Virtual”, “Realidade Aumentada e Virtual no Ensino de Engenharias”, “*Augmented Reality*”, “*Virtual Reality*”, “*Augmented and Virtual Reality in Engineering Education*”. Além disso, foi realizada uma revisão bibliográfica em livros de referência sobre os referidos temas. Ainda, foi realizada uma revisão bibliográfica em livros de referência sobre os referidos temas, gerando uma planilha resumo com informações tais como identificação da obra, metodologia, objetivos e resultados.

Além disso, serão apresentados e discutidos os temas e autores considerados fundamentais para o desenvolvimento do projeto de pesquisa, abrangendo conceitos de formação e prática docentes, habilidade de visualização espacial, RA e RV no ensino de engenharias, *Immersive Learning*, entre outros.

### 2.1 A importância da Habilidade de Visualização Espacial (HVE) para a área das engenharias

Um dos instrumentos mais antigos de comunicação definidos pelo ser humano, conforme Setaba (2006) é aquele proporcionado pela imagem. Segundo o autor, um exemplo desta afirmativa encontra-se na pintura rupestre, desde o período paleolítico superior cerca de 10.000 a.C. em que o homem Cro-Magnon divulgava informações visuais sobre a cultura, caça a animais, astronomia, entre outras. Cavalcante (2012) afirma sobre a pesquisa de historiadores os quais indicam que as pinturas rupestres localizadas no país foram realizadas não pelos indígenas, mas por fenícios e gregos vikings que haviam se instalado na região.

Com o avanço dos séculos, desenvolveu-se a necessidade de aprimoramento da linguagem visual. Como exemplo, encontra-se nas estratégias utilizadas em anúncios de vendas de produtos, ilustrações em revistas e jornais, sinalização de trânsito, entre outras. O texto escrito convencional, segundo Sebata (2006), tem sido substituído de modo progressivo por uma linguagem iconográfica. Desta forma, a linguagem por meio de imagens torna-se uma estratégia importante para o ensino de quaisquer disciplinas.

Conforme Farias *et al.* (2015). Esta dificuldade impede o efetivo aprendizado, como o autor retrata, nas disciplinas relacionadas à química, por exemplo:

Um dos grandes problemas para o aprendizado de Química reside na dificuldade, por parte dos estudantes, em transitar nesses níveis de representação, o que é a base no desenvolvimento da ciência Química. Ressalta-se, no entanto, que vários estudos demonstram que existe uma correlação entre a habilidade visuo-espacial e a capacidade de realizar transformações entre representações 2D e 3D (Farias *et al.*, 2014, p. 46).

Kotz e Treichel (2005) afirmam que, para um efetivo processo de ensino do tema de geometria molecular, é necessário que os alunos compreendam os objetivos presentes nas representações das moléculas dentro das três dimensões no espaço de abstração. Para o ensino de diversas disciplinas, exige-se que o aluno possua um entendimento da linguagem visual, uma vez que é necessária uma extensa utilização de imagens e gráficos. Desta forma, o professor, identificando uma dificuldade de abstração dos estudantes, precisa adotar estratégias específicas para mitigá-la.

É necessário ainda, o uso de metodologias de ensino de custo acessível, uma vez que a maioria das escolas localizadas no País não possui uma estrutura física de laboratórios e equipamentos apropriados para a potencialização do aprendizado em abstração espacial. Farias *et al.* (2015) indicam, ainda, que a utilização de elementos tridimensionais, se comparada à representação bidimensional, resultou em um maior entendimento por parte dos alunos sobre a disciplina de geometria molecular. A visualização espacial, desta forma, precisa ser aprimorada nos alunos, incentivada por atividades planejadas pelo docente.

Para que seja possível o aprimoramento da compreensão da linguagem visual por meio dos alunos, é preciso que seja desenvolvida a HVE. Segundo Sorby, Drummer e Molzon (2006), esta representa uma habilidade importante relacionada à cognição humana, com resultados em um número maior que oitenta carreiras, entre elas a Engenharia. Conforme Seabra (2009), os pesquisadores, atualmente, procuram indicar a constituição da HVE e como esta contribui para a formação do intelecto humano, além de formas para o desenvolvimento e mensuração desta habilidade.

Os autores Rohde e Thompson (2007) indicam que as diversas habilidades cognitivas específicas contêm potencialidade para o entendimento das habilidades cognitivas gerais. Johnson e Bouchard (2007) apresentam a habilidade cognitiva geral como uma ferramenta de grande propósito, usado nos problemas diariamente encontrados pelo aluno, como exemplo, e também em situações que exigem habilidades cognitivas específicas. Conforme pesquisa dos

autores, a habilidade cognitiva geral é representada por três habilidades: perceptiva, rotação de imagens e verbal, subdividindo-se em capacidades mais especializadas. Assim, sujeitos que apresentam uma grande habilidade espacial assumem uma notável capacidade para detalhes no campo visual, exteriorizando ideias de modo mais frequente e compreendendo o espaço tridimensional, sendo adequada para profissionais voltados, por exemplo, para a área de Engenharia.

Acrescentando informações sobre a HVE, Montenegro (2003, p. 9) afirma que: “[...] envolve pensar em imagens, bem como a capacidade de perceber, transformar e re-CRIAR diferentes aspectos do mundo visual e espacial”.

Portanto, é preciso apropriar-se das habilidades voltadas à visualização espacial para que sejam compreendidas as estratégias direcionadas à linguagem iconográfica. Choi (2007) distingue as habilidades espaciais em três elementos: percepção espacial, rotação mental e visualização espacial.

Segundo o autor, quando se trata da percepção espacial, refere-se à possibilidade de definir ligações espaciais partindo de informações visuais. A rotação mental, conforme McGee (1979) é a capacidade de rotacionar, manipular, inverter ou torcer objetos tridimensionais. A visualização espacial representa a manipulação de problemas visuais mais complexos, abstraindo movimentos relacionados a partes internas de uma imagem.

Logo, as habilidades espaciais exigem do sujeito o potencial para manutenção das atividades cognitivas. Para aprimorar a capacidade de visualização espacial em sala de aula, os alunos devem ser estimulados a trabalhar atividades relacionadas à cognição, para que seja possível uma melhor compreensão das estratégias didáticas. Logo, o desenvolvimento das HVE permite que seja apropriado pelo sujeito um melhor entendimento e reflexão sobre os objetos iconográficos.

Em relação às engenharias, por sua natureza aplicada, exige do futuro profissional não apenas a apropriação de conceitos teóricos, mas também a capacidade de transpor representações abstratas em soluções concretas para problemas do mundo real. Nesse contexto, a HVE assume um papel central, uma vez que possibilita ao estudante interpretar e manipular representações bidimensionais e tridimensionais, compreender sistemas complexos e antecipar possíveis resultados de suas intervenções projetuais. Como consequência, níveis elevados de HVE estariam diretamente associados ao desempenho superior em disciplinas fundamentais da formação em engenharia, como desenho técnico, geometria descritiva, mecânica e estruturas, além de favorecerem processos que envolvem inovação, planejamento e tomada de decisão.

Diante das dificuldades de abstração espacial frequentemente apresentada pelos alunos, a adoção de metodologias de ensino diferenciadas revela-se necessária. Nesse sentido, o uso de recursos como maquetes físicas, *softwares* de modelagem tridimensional, ambientes de simulação computacional e, mais recentemente, tecnologias imersivas baseadas em RV e RA, tem ampliado as possibilidades pedagógicas. Esses instrumentos permitem que o estudante interaja de forma mais concreta com modelos tridimensionais, desenvolvendo uma compreensão aprofundada das relações geométricas e espaciais, como constatado por Japur (2021). Além disso, em um cenário no qual muitas instituições de ensino carecem de laboratórios físicos adequados, tais tecnologias oferecem alternativas acessíveis e inclusivas, contribuindo para democratizar o processo de ensino-aprendizagem em Engenharia.

Nesse sentido, a promoção da HVE deve ser compreendida como responsabilidade pedagógica do professor, que precisa transformar dificuldades de abstração em oportunidades de desenvolvimento cognitivo. Ao estimular a HVE, o processo formativo em Engenharia deixa de se restringir ao domínio técnico e passa a potencializar também a criatividade, a autonomia intelectual e a capacidade de inovação dos futuros profissionais. Investir em práticas pedagógicas que articulem linguagem iconográfica, recursos tridimensionais e tecnologias imersivas significa preparar engenheiros capazes de interpretar, transformar e criar no espaço tridimensional, competências que se configuram como pilares indispensáveis para a prática profissional em um mundo cada vez mais as ferramentas tecnológicas assumem um espaço central na formação dos engenheiros.

## **2.2 Formação e prática docentes para o ensino de engenharias**

É fundamental encarar a formação do professor como um processo contínuo que engloba toda a sua carreira no campo da educação. O professor deve estar disposto a adotar novas estratégias de ensino, uma vez que as escolas, como reflexo da sociedade em constante evolução, estão sujeitas a mudanças frequentes. De acordo com Imbernón (2016, p. 51): “as escolas vão mudando e os professores têm de fazê-lo no mesmo ritmo. É possível que, a longo prazo, muitas das coisas que têm sido ensinadas nas escolas possam ser aprendidas fora das paredes das salas de aula”.

Conforme apontado na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB 9394/96) em vigor:

Art. 61. A formação de profissionais da educação, de modo a atender aos objetivos dos diferentes níveis e modalidades de ensino e às características de cada fase do desenvolvimento do educando, terá como fundamentos: I – a associação entre teorias e práticas, inclusive mediante a capacitação em serviço; II – aproveitamento da formação e experiências anteriores em instituições de ensino e outras atividades. (Brasil, 1996).

Assim, compreende-se que os profissionais da educação devem ser formados em seus respectivos eixos tanto teóricos quanto práticos, representando, ainda, uma educação continuada e baseada em suas experiências profissionais adquiridas anteriormente.

Os modelos de formação de professores utilizados em décadas anteriores, que enfatizavam a memorização de conteúdo e promoviam a passividade dos alunos, não são mais adequados para promover a construção efetiva do conhecimento dos estudantes nos tempos atuais.

Quando se analisa a formação de professores para as áreas de engenharias, fica evidente a necessidade de atualização contínua das práticas pedagógicas. Os cursos de licenciatura e bacharelado nesses campos precisam debater e adotar novas metodologias de ensino eficazes.

No contexto do ensino de Engenharias, ainda é comum a utilização excessiva de estratégias baseadas na memorização de conteúdo em sala de aula. Embora haja momentos em que essa abordagem pode ser necessária, seu uso desproporcional prejudica o processo de ensino e aprendizagem. A raiz desse problema muitas vezes está na formação dos professores. Conforme Cândido *et al.* (2019), é fundamental investir na formação de professores de Engenharias, já que o mercado de trabalho e a sociedade demandam profissionais altamente qualificados. Alunos bem preparados na sala de aula estão mais aptos a atender a essas demandas e a explorar novos caminhos com base em sua formação.

Ainda, no ensino de disciplinas voltadas às Engenharias, é essencial que os avanços tecnológicos sejam discutidos e incorporados durante a formação dos professores. Calderón (2015) justifica isso, apontando as profundas mudanças nos processos de ensino e aprendizagem resultantes da globalização e da comercialização da educação. Os currículos de educação básica e superior precisam se adaptar a essas transformações.

A LDB citada no início desta seção trouxe uma possibilidade de currículo mais flexível para os conteúdos específicos. No entanto, ainda que sejam alteradas as matrizes curriculares dos cursos voltados para a formação de docentes das áreas de Engenharias, abordando conceitos de tecnologias e metodologias ativas, se não houver uma mudança também na postura do professor em sala de aula, pouco se notaria em relação a um progresso na aprendizagem dos alunos.

Além disso, as propostas para as futuras Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN), especialmente aquelas relacionadas aos cursos de Engenharias, enfatizam a necessidade de desenvolver um perfil mais abrangente nos estudantes. Isso implica estimular não apenas suas habilidades técnicas, mas também suas capacidades críticas e reflexivas conforme Cândido *et al.* (2019).

De acordo com Marinho Junior e Martins (2022), a formação docente direcionada para as disciplinas de engenharia no Brasil apresenta lacunas significativas, principalmente no que diz respeito à preparação didático-pedagógica dos professores antes do ingresso na carreira acadêmica. O estudo destaca que, apesar de muitos professores possuírem sólida formação técnica e titulações acadêmicas avançadas, há uma carência de capacitação pedagógica adequada, o que compromete a qualidade do ensino. Além disso, os autores observam que os cursos de pós-graduação *stricto sensu* concedem uma atenção insuficiente à formação docente, limitando-se, em sua maioria, a disciplinas isoladas de estágio de docência, e há escasso investimento institucional voltado à formação continuada dos professores de Engenharia. Essas questões refletem, pois, a necessidade de políticas e práticas educacionais que integrem a formação pedagógica ao desenvolvimento profissional docente para garantir um ensino de Engenharia mais efetivo e alinhado às demandas contemporâneas.

Como alternativa para mitigar possíveis deficiências formativas, Francelino e Salgado (2023) apresentam uma metodologia de *Problem Based Learning* (PBL), adaptada às necessidades dos docentes dos cursos de Engenharia Civil. Os autores explicam, na pesquisa, que esta metodologia consiste em uma abordagem pedagógica centrada no aluno, que parte da resolução de problemas reais como base para a aprendizagem integrada e interdisciplinar. Nesta metodologia, o professor de engenharia assume o papel de mediador da aprendizagem, estimulando os estudantes a buscarem informações e conhecimentos em diferentes áreas para solucionar desafios práticos, como, por exemplo, a construção de protótipos de pontes.

Outra proposta para otimizar a formação docente para as engenharias é a apontada por Lourenço e Cardoso Junior (2022) através da educação 4.0 e 5.0. De acordo com os autores, a metodologia aplicada para docentes de Engenharia Civil no contexto da educação 4.0 e 5.0 consiste em um programa de formação continuada que utiliza múltiplas estratégias, com foco na integração de tecnologias digitais e no desenvolvimento de habilidades socioemocionais, as denominadas “*soft skills*”. Essa abordagem promove, portanto, uma reflexão sobre práticas pedagógicas contemporâneas, incentiva o uso de plataformas digitais para aumentar a interação entre alunos e professores, e valoriza uma visão sistêmica do processo ensino-aprendizagem,

permitindo que os docentes aprimorem suas estratégias de ensino de forma inovadora e adaptada às demandas atuais da Engenharia Civil.

Portanto, é fundamental que tanto a formação como a prática dos professores, não apenas nas áreas de Engenharias, mas em todas as disciplinas, estejam alinhadas com as demandas da sociedade e estejam atualizadas em relação às novas tecnologias. Isso garantirá que os alunos estejam mais bem preparados não apenas para desempenhar suas futuras profissões, mas também para conduzir pesquisas de relevância para a comunidade em geral.

### **2.3 A gamificação no ensino de engenharias**

O conceito de "gamificação", segundo Burke (2015), surgiu inicialmente em 2002, quando o consultor britânico Nick Pelling o cunhou para descrever o uso de interfaces que tinham semelhanças com jogos, com o propósito de tornar as aplicações eletrônicas mais ágeis e amigáveis aos usuários.

A necessidade de atualização no modo como são realizadas as abordagens metodológicas, desde o século XX, mostra-se emergente à medida em que, segundo Barbosa (2020), são reafirmadas as potencialidades de um processo de ensino e aprendizagem em que o aluno seja estimulado à promoção de uma formação crítica, resolutiva e generalista.

Os tradicionais modelos de ensino inserem o aluno em um papel meramente passivo, com o professor como detentor de todo o conhecimento, resultando, ao estudante, o papel de memorização, segundo Fasce-Henry, Ramirez e Ibanez (1994). Assim, como uma possibilidade de mitigar as dificuldades encontradas no ensino tradicional, apresentam-se estratégias relacionadas às metodologias ativas, que serão abordadas nas seções seguintes.

Uma das metodologias adequadas e viáveis para o ensino, conforme Vasconcellos (2019), é aquela baseada na utilização de jogos (gamificação ou *gamification*), uma vez que, por estarem centradas no aluno, o estimula a desenvolver seu pensamento crítico e sua autonomia. Ainda segundo o autor, uma abordagem pedagógica que se baseia na aplicação de jogos, conhecida como gamificação, tem o potencial de promover um desempenho educacional aprimorado.

O autor ainda afirma que, embora seja necessário realizar mais estudos nesse campo, é notado que os jogos têm a capacidade de melhorar o processo de ensino-aprendizagem por meio da participação ativa dos envolvidos em experiências envolventes. No entanto, é importante destacar que, embora a competitividade seja inerente aos jogos, ela não é o único elemento

relevante. A criação de um ambiente colaborativo, divertido e que assegure a aprendizagem é igualmente essencial para a eficácia desse método.

A gamificação tem ganhado destaque como uma abordagem eficaz para promover o engajamento dos alunos e melhorar o processo de aprendizagem. Deterding *et al.* (2011) destaca a gamificação como a utilização de elementos como pontos, recompensas e competições para tornar o aprendizado mais atraente e motivador. Essa estratégia é eficaz em contextos educacionais, uma vez que capitaliza a natural inclinação humana para jogar e competir.

A aplicação da gamificação no ensino de disciplinas voltadas às Engenharias assume uma série de benefícios. Ao introduzir desafios e recompensas, os estudantes são incentivados a persistir em suas atividades e a alcançar metas de aprendizado. Além disso, a gamificação pode promover o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas, pensamento crítico e colaboração, como afirmado por Hamari, Koivisto e Sarsa (2014).

Um exemplo de sucesso da gamificação neste âmbito é o caso da *Khan Academy*, uma plataforma de aprendizado online que utiliza pontos e distintivos para incentivar os alunos a progredir em seus estudos. Como indicado por Gee (2007), essa abordagem tornou o aprendizado de conceitos matemáticos mais atraentes e eficazes para estudantes.

De acordo com Teixeira e Brandão (2003, p. 2), *software* educacional, “é todo aquele *software* que possa ser usado com algum objetivo educacional, pedagogicamente defensável, por professores e alunos, qualquer que seja o objetivo para o qual ele foi criado”. Em outras palavras, um *software* só pode ser categorizado como educacional se estiver alinhado com os objetivos de ensino e aprendizado estabelecidos, independentemente de suas finalidades originais de design.

Barbosa e Amaral (2021) *apud* Tavares (2017) apresentam uma classificação dos jogos educacionais, organizados por objetivos, conforme a figura 1:

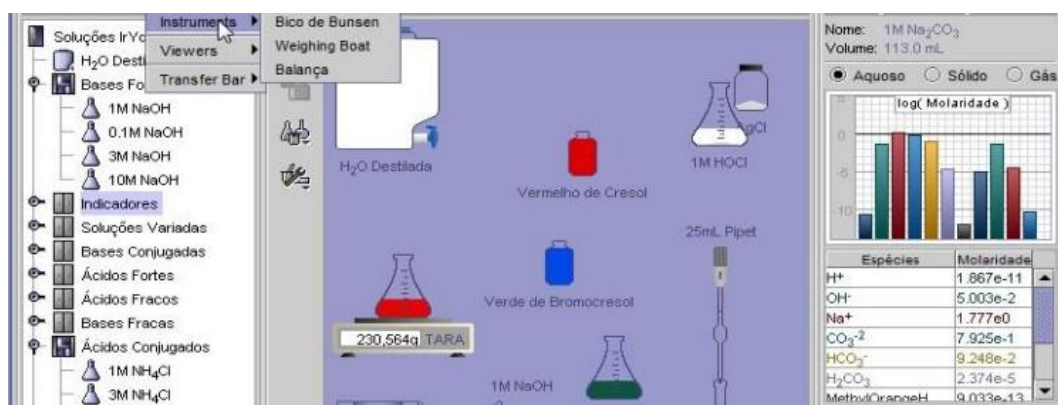
Figura 1 - Organização dos softwares educacionais por objetivos.



Fonte: Tavares (2017).

Os programas de simulação possibilitam aos alunos a realização de atividades que, em circunstâncias normais, não teriam acesso. Em outras palavras, por meio da simulação, é criada uma situação que se assemelha à realidade, na qual “o aluno pode experimentar, tomar decisões, e assim por diante” (Gamez, 1998 *apud* Oliveira, 2001, p. 55). Um exemplo notável desses programas é o *IrYdium - Virtual Chemistry Lab* (figura 2). Esse *software* permite aos usuários seleccionar centenas de reagentes e manipulá-los, como se estivessem em um laboratório de química real, conduzindo uma variedade de experimentos.

Figura 2 - Modelo de software de simulação.

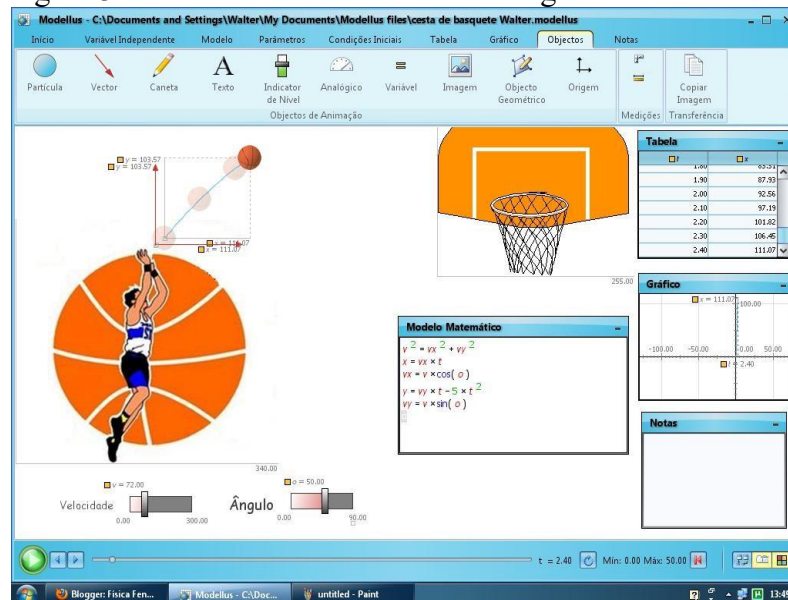


Fonte: IrYdium (2023).

Considerando o *software* de modelagem, tem-se que “O modelo do fenômeno é criado pelo aprendiz, que utiliza recursos de um sistema computacional para implementá-lo. Uma vez implementado, o aprendiz pode utilizá-lo como se fosse uma simulação” (Bornatto, 2002, p. 68).

Um dos *softwares* mais utilizados deste grupo é o *Modellus* (figura 3). A principal proposta deste programa é simplificar a condução de experimentos ou simulações por meio do uso do computador, com o intuito de aprimorar o ensino de conceitos de matemática, física e química.

Figura 3 - Modellus - software de modelagem.



Fonte: Escola@Web (2014)<sup>2</sup>.

Para Barbosa (2015), um modelo de jogo educacional é o VRUM - aprendendo sobre o trânsito (figura 4). O programa encontra-se alinhado às diretrizes nacionais da educação para o trânsito do departamento nacional de trânsito, assumindo como objetivo expor, de forma interativa, os normativos relacionados ao trânsito.

<sup>2</sup> Disponível em: <https://escolaweb.educacao.al.gov.br/odas/software-moellus>. Acesso em: 13 ago. 2025.

Figura 4 - Interface do software VRUM.



Fonte: VRUM (2020)<sup>3</sup>.

Os *softwares* tutoriais são empregados para introduzir informações novas aos usuários e orientar seu processo de aprendizagem. As atividades são organizadas de acordo com uma sequência pedagógica específica e são apresentadas aos usuários seguindo essa ordem. Nesse contexto, os dispositivos, como computadores e tablets, desempenham o papel de instrutores (Martins, 2002, p. 11).

Um exemplo de *software* tutorial é a tabela periódica virtual (figura 5), que disponibiliza informações detalhadas sobre todos os elementos da tabela periódica, incluindo dados e classificações dos elementos químicos.

Figura 5 - Tabela periódica virtual.

Para os elementos sem isótopos estáveis, o número de massa do isótopo com a meia-vida mais longa está entre parênteses.

Fonte: Google Play Store (2023)<sup>4</sup>.

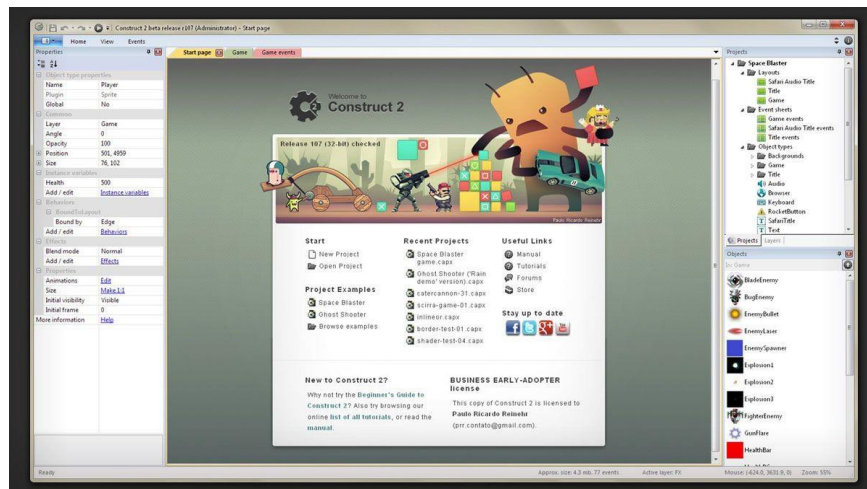
Na literatura selecionada e consultada foram identificados os *softwares* de linguagem de

<sup>3</sup> Disponível em: <https://se.jogovrum.com.br/>. Acesso em: 13 ago. 2025.

<sup>4</sup> Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=jsoft.apps.periodictable.hd&hl=pt-OB&pli=1>. Acesso em: 13 ago. 2025.

programação que, segundo Martins (2002, p. 11), “são *softwares* que permitem que as pessoas, professores ou alunos, criem seus próprios protótipos de programas”. Eles possibilitam a elaboração de uma variedade de programas sem que o utilizador necessite de competências avançadas em programação. Um caso ilustrativo disso é o *software* denominado *Construct* (figura 6), projetado para indivíduos sem conhecimentos em programação, que viabiliza a rápida criação de jogos.

Figura 6 - Software de linguagem de programação.



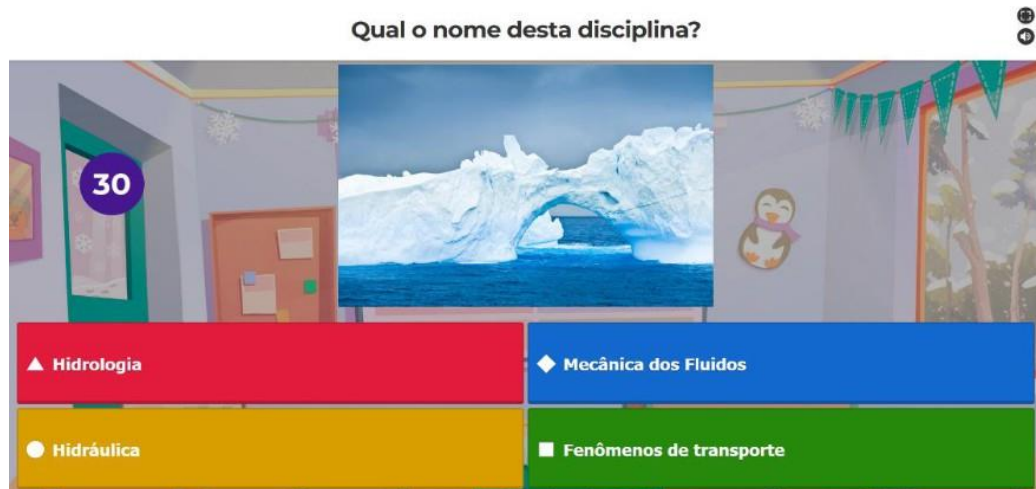
Fonte: Techenet (2013)<sup>5</sup>.

Teixeira *et al.* (2024) apresentam a gamificação como uma estratégia eficaz para diversificar metodologias no ensino de engenharia, exemplificando seu uso na disciplina de Hidráulica por meio da plataforma *Kahoot* e *Hidra-Game* (figura 7), que conduziu a maior parte das aulas teóricas com questionários gamificados, listas de exercícios e atividades avulsas em grupo. Essa abordagem permitiu maior imersão dos alunos nos conteúdos e melhor desempenho em avaliações, além de estimular a competitividade e o engajamento, principalmente no início do semestre, embora ressalte desafios como a saturação das dinâmicas e a pressão causada por limites de tempo nas respostas.

<sup>5</sup> Disponível em:

<https://www.techenet.com/2013/06/construct-2-uma-ferramenta-ideal-para-quem-deseja-se-iniciar-no-desenvolvimento-de-jogos/>. Acesso em: 15 set. 2025.

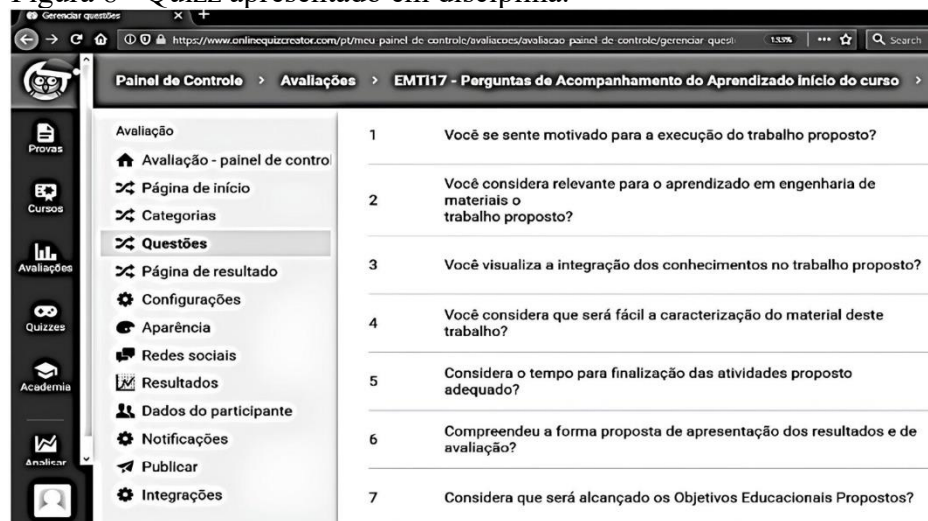
Figura 7 - Layout plataforma Hydra-Game.



Fonte: Teixeira *et al.* (2024).

Outros exemplos são os apresentados por Teixeira, Silva e Brito (2021). Os autores direcionam meios de aplicação da gamificação no ensino de engenharia que envolve a utilização de quizzes, atividades com *feedback* constante e mecanismos de ranqueamento, com o objetivo de promover o engajamento, a interação dos alunos e a consolidação dos conteúdos relacionados à indústria 4.0 e 5.0, proporcionando uma experiência de aprendizagem mais motivadora e satisfatória para os estudantes. Um modelo de quizz apresentado pelos autores está exposto na figura 8, apresentando-se como uma avaliação quantitativa de sete critérios coletados na disciplina de processamento de materiais metálicos:

Figura 8 - Quizz apresentado em disciplina.



Fonte: Teixeira, Silva e Brito (2021).

Portanto, a gamificação no ensino de Engenharia, apoiada por evidências e pesquisas,

oferece um caminho promissor para aprimorar a educação, aumentar a motivação dos alunos e desenvolver habilidades essenciais. Ao combinar a paixão pelo jogo com o desejo de aprender, essa abordagem inovadora está moldando o futuro da educação. Ainda, tem demonstrado impactos positivos no desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais, preparando os alunos para enfrentar os desafios do mundo real. Quando utilizada de modo adequado, representaria uma ferramenta valiosa para aprimorar a qualidade da educação e preparar engenheiros em formação.

### ***2.3.1 Desafios práticos e limitações das metodologias ativas no contexto brasileiro***

As diversas Metodologias Ativas têm sido amplamente discutidas como alternativas promissoras para promover engajamento, autonomia e aprendizagem significativa no ensino superior. Diversos estudos (Moran, 2018; Bacich; Moran, 2018; Valente, 2019) apontam que um dos principais desafios se refere à insuficiente formação pedagógica dos docentes para o uso qualificado dessas metodologias. Em cursos de Engenharia, essa lacuna torna-se mais evidente, uma vez que muitos professores têm trajetórias formativas centradas na área técnica, com pouca ou nenhuma preparação didático-pedagógica (Marinho Junior; Martins, 2022). Como consequência, é comum que intervenções baseadas em metodologias ativas sejam executadas de forma superficial, perdendo seu potencial formativo.

Outro desafio recorrente diz respeito à infraestrutura institucional. Pesquisas como as de Silva (2025) evidenciam a dificuldade de muitas instituições brasileiras em disponibilizar laboratórios adequados, conectividade estável ou equipamentos suficientes para todos os estudantes, o que limita estratégias como aprendizagem baseada em projetos, uso de tecnologias digitais e atividades colaborativas. Esse cenário é agravado pela heterogeneidade socioeconômica dos estudantes, que nem sempre dispõem de dispositivos pessoais compatíveis com as demandas pedagógicas.

Além disso, a cultura escolar tradicional ainda exerce forte influência sobre as práticas docentes e as expectativas dos estudantes. De acordo com Berbel (2011), muitos alunos demonstram resistência à autonomia, preferindo modelos instrucionais diretivos nos quais o professor assume o papel central. Tal resistência impacta negativamente o desenvolvimento de atividades que exigem protagonismo, tomada de decisão e resolução de problemas.

Um outro ponto importante refere-se ao tempo necessário para planejamento, execução e avaliação de experiências baseadas em metodologias ativas. Barbosa e Moura (2013)

destacam que a carga administrativa e a multiplicidade de turmas sob responsabilidade do docente tornam desafiadora a elaboração de atividades mais complexas e personalizadas. Esse aspecto é particularmente evidente em cursos de alta densidade curricular, como os de Engenharia.

A literatura aponta, ainda, limitações pedagógicas intrínsecas às metodologias ativas. Embora favoreçam o engajamento, nem sempre garantem aprendizagem profunda se não forem associadas a processos sistemáticos de avaliação, mediação e reflexão (Valente, 2019). Estudos empíricos apontam ainda resultados inconsistentes: algumas pesquisas relatam ganhos cognitivos significativos, enquanto outras identificam pouca diferença entre metodologias ativas e o ensino tradicional (Santos; Resende; Luz, 2021), evidenciando que sua eficácia depende fortemente de fatores como contexto, preparação docente, objetivos da disciplina e perfil da turma.

Apesar das contribuições apontadas pela literatura, é fundamental reconhecer que as metodologias ativas não constituem solução universal ou automaticamente superior ao ensino tradicional. Sua efetividade depende de condições estruturais, pedagógicas e culturais que nem sempre estão presentes nas instituições brasileiras, especialmente nos cursos de Engenharia. Desafios como a insuficiente formação docente, a limitação de infraestrutura, a resistência discente, a sobrecarga de trabalho e a ausência de avaliação sistemática podem comprometer sua aplicabilidade e gerar resultados inconsistentes. Assim, discutir suas limitações é essencial para evitar interpretações reducionistas e para promover um uso mais crítico, contextualizado e realista dessas abordagens no âmbito da educação em Engenharia.

## 2.4 Estratégias de *Immersive Learning* para o ensino de engenharias

O ambiente educacional demanda uma atualização contínua diante dos avanços tecnológicos. Nesse panorama, recursos tradicionais, como as lousas comuns, têm cedido espaço a alternativas mais modernas, como projetores e quadros digitais, que ampliam a interação com os conteúdos e contribuem para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem. Segundo Morgado (2022), *immersive learning* ou aprendizagem imersiva refere-se a ambientes de aprendizagem onde ocorrem simultaneamente os fenômenos da aprendizagem e da imersão.

A imersão, conforme a autora, não é vista apenas como uma característica intrínseca ou uma simples transformação desses ambientes, mas como uma lente teórica para interpretar,

analisar e intervir nesses espaços. Ou seja, ambientes de aprendizagem imersivos são contextos onde a vivência simultânea desses dois fenômenos permite novas formas de compreender e melhorar as práticas pedagógicas e a regulação da própria aprendizagem pelos aprendentes.

Como complemento, Kuhail *et al.* (2022) indicam que o conceito de *immersive learning* se refere a um processo educativo mediado por tecnologias imersivas que facilitam a aprendizagem ao criar uma sensação de presença, o sentimento de "estar lá", co-presença (estar junto com outros), e a construção de identidade ao conectar a representação visual ao eu do aprendiz. Os autores destacam a diferenciação entre o lado do uso, que foca nos processos de aprendizagem mediados pela sensação de presença, e o lado do fornecimento, que diz respeito ao meio educacional oferecido pela tecnologia. *Immersive Learning*, assim, enfatiza o impacto da imersão nos aspectos cognitivos e perceptuais do aprendizado, tornando-a independente dos avanços tecnológicos específicos.

Mystakidis e Lympouridis (2023) realizam uma revisão sistemática com quarenta e sete publicações sobre estratégias pedagógicas voltadas para o ensino multidisciplinar através da aprendizagem imersiva com o auxílio de tecnologias no metaverso. Essas estratégias promovem o envolvimento ativo dos alunos por meio do suporte gradual, utilização integrada de recursos físicos e digitais, criação de ambientes dinâmicos que incentivam a experimentação, aumento da sensação de imersão e desenvolvimento do trabalho colaborativo.

Destacam-se, ainda, abordagens específicas como o uso de *serious play* para exploração de conceitos científicos e a customização de teorias para adequação às necessidades dos estudantes. O mapeamento dessas estratégias revela conexões conceituais fortes dentro dos clusters temáticos, ao passo que as interligações entre clusters são mais fracas, indicando oportunidades para maior integração no desenvolvimento pedagógico no metaverso. A figura 9 apresenta os elementos que abrangem o conceito de *immersive learning*, considerando o exposto pelos autores citados:

Figura 9 - Diagrama conceitual de aprendizagem imersiva.



Fonte: O autor (2025), adaptado de Mystakidis e Lympouridis (2023).

Ao observar a figura 9, nota-se que a aprendizagem imersiva é apresentada como a integração de quatro dimensões principais: conceitos, design de aprendizagem, métodos e tecnologias. Nos conceitos, segundo Mystakidis e Lympouridis (2023), destacam-se a imersão, a presença e o fluxo, que representam os fundamentos teóricos que sustentam essa forma de ensino. O design de aprendizagem considera a utilização dos sentidos e das ações, a construção de narrativas e a interação social como elementos centrais para engajar o estudante. Já os métodos podem ser aplicados tanto em contextos físicos quanto digitais, permitindo flexibilidade na prática educativa.

Já as tecnologias, como a realidade virtual e a realidade aumentada, funcionam como ferramentas que tornam possíveis essas experiências. Quando se direciona a pesquisa para a utilização de recursos da aprendizagem imersiva no ensino de disciplinas de Engenharias, Silva, Jucá e Silva (2025) apresentam algumas destas estratégias para o ensino de Engenharia Mecânica. Os autores destacam a estratégia de *immersive learning* baseada na integração da realidade aumentada no ensino de Engenharia Mecânica. Essa abordagem imersiva utiliza, segundo os autores, recursos tecnológicos digitais para proporcionar experiências interativas e tridimensionais que auxiliam na compreensão de estruturas complexas, como componentes mecânicos, que tradicionalmente são apresentados em formatos bidimensionais, o que dificulta o entendimento dos estudantes.

Assim, o docente passa a atuar como facilitador, promovendo a construção ativa do conhecimento ao conectar o conteúdo teórico às compreensões práticas proporcionadas pelo ambiente imersivo, apresentando-se como uma solução viável e benéfica desde que os

professores recebam treinamento adequado para facilitar o uso eficaz desta tecnologia na sala de aula.

Outro exemplo de aplicação está contida na pesquisa de Exler *et al.* (2024). Os autores apresentam uma estratégia de aprendizagem imersiva para o ensino de Engenharia baseada na integração de três dimensões da imersão: sistema, narrativa e agência. Por meio da imersão pelo sistema, os estudantes podem interagir com simulações e ambientes virtuais que replicam com precisão operações industriais reais, promovendo uma compreensão aprofundada dos processos e equipamentos em um ambiente controlado e seguro. A imersão pela narrativa, segundo os autores, envolve o engajamento dos alunos em histórias relacionadas ao desenvolvimento de produtos, problemas complexos e suas consequências técnicas, econômicas e ambientais, incentivando a busca por soluções criativas e sustentáveis.

Já a imersão pela agência permite que os estudantes tomem decisões e intervenham diretamente nos ambientes simulados, avaliando o impacto de suas escolhas nos sistemas de produção. Essa abordagem integrada promove uma experiência educacional dinâmica que conecta teoria e prática, preparando os alunos para enfrentar os desafios do campo da Engenharia moderna por meio de ambientes virtuais interativos e realistas, enriquecidos com narrativas envolventes e possibilidades efetivas de intervenção.

Adicionando novas possibilidades de integração de estratégias de *immersive learning* direcionadas ao ensino de Engenharias, Reis, Santos e Duarte (2025) discutem este conceito para criar experiências de aprendizagem mais interativas, envolventes e eficazes, principalmente na educação em Engenharia e nas áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM). Os autores destacam que esse tipo de aprendizado aumenta a motivação e o engajamento dos estudantes por meio de *serious games* que simulam situações reais, permitindo que os alunos vivenciem o aprendizado em um ambiente seguro e livre de riscos, como no exposto:

In more recent years, there has been a shift in traditional teaching methods. However, they remain primarily teacher-centered. These typical approaches involve passive learning, where the students mainly acquire knowledge through slide presentations, textbook readings, and lectures without the opportunity for practical learning and skill development. Such methods can negatively impact students' long-term knowledge retention and motivation, especially after the evaluation phase of the subject (Reis; Santos; Duarte, 2025, p. 2).

Além disso, a pesquisa ressalta que diferentes áreas dentro do STEM utilizam variadas ferramentas imersivas, como a RV e a RA, sendo predominantes em Ciências e Engenharias

para promover *storytelling* e interatividade; ambientes 3D são utilizados para explicar conceitos matemáticos abstratos; enquanto RA e 3D são usados em tecnologia para simplificar conteúdos complexos. Os autores destacam, ainda, a falta de padronização nos métodos de avaliação do impacto dessas ferramentas, o que dificulta a comparação entre estudos e indica a necessidade de desenvolver protocolos padronizados para medir o aprendizado e o engajamento.

Nesse contexto, compreende-se que as estratégias de *immersive learning* direcionadas ao ensino de Engenharias configuram um avanço expressivo em relação às metodologias convencionais, na medida em que favorecem a integração entre teoria e prática em ambientes virtuais dinâmicos, interativos e controlados. A utilização de recursos como RV, RA, narrativas digitais e jogos sérios potencializa a compreensão de conceitos abstratos e estruturas complexas, ao mesmo tempo em que estimula competências transversais fundamentais, tais como criatividade, resolução de problemas, tomada de decisão e colaboração interdisciplinar.

## **2.5 O metaverso e o potencial de contribuição para o ensino de engenharias**

O atual cenário da educação no mundo encontra-se composto por duas realidades distintas, conforme Marques (2022): a presença do problema do analfabetismo, sendo mapeado e estudado pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO), e a inserção de tecnologias como importantes ferramentas didáticas, como exemplo, projetos aplicados pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Backes (2011) aponta que a utilização de estratégias tecnológicas, como adoção de ferramentas relativas ao metaverso na educação, resultaram em um crescimento notável nos índices de proficiência dos alunos. Quando se refere ao metaverso, Pernisa Júnior (2021, p. 1), afirma que “o metaverso foi anunciado como a nova fronteira da Internet nos últimos meses de 2021. O problema é que ele nem é tão novo assim e talvez não seja exatamente o que se espera dele em termos de uma revolução”.

O potencial da imersão no mundo virtual torna-se evidente quando inserido nas estratégias educacionais. Este universo virtual é desenvolvido para suprir necessidades do mundo virtual, adicionando informações relevantes a um cenário real. Conforme Schlemmer e Backes (2008, p. 250):

A humanidade, desde sempre, constitui-se de “mundos paralelos”, ou seja, mundos que se formam e se diferenciam pelo desenvolvimento de uma determinada forma de viver e de conviver, no fluir recursivo das ações dos seres vivos, com regras específicas, própria à natureza daquele mundo, construindo uma cultura. É

importante ressaltar que esses mundos não são pensados em termos de substituição, mas de coexistência no universo das relações e vivência humana.

Além disso, segundo Martin Ramallal, Sabater-Wasaldia e Ruiz-Monzada (2022, p. 87), “os mundos virtuais e os metaversos estão em uma encruzilhada em relação à sua implementação como canais de conhecimento”. Ao decorrer da pandemia de COVID-19 que ocorreu no mundo no período entre 2019 e 2021, notou-se que a dependência da tecnologia passou a ter uma maior relevância. A exemplo, as aulas ocorreram de forma remota, trazendo consigo um aprimoramento de ferramentas pertencentes ao metaverso. Martin Ramallal, Sabater-Wasaldia e Ruiz-Monzada (2022, p. 87) acrescentam:

Los mundos virtuales y los metaversos se hallan ante una encrucijada respecto a su implementación como canales del conocimiento. En parte, esta tesitura se debe al COVID-19, contingencia que degenera en una pandemia sin precedentes, abocando a la adopción de soluciones TIC (Tecnologías de la Información y el Conocimiento). Se busca paliar los estragos, siendo la educación y el saber colaborativo de los más afectados.

Com a intenção de definir conceitualmente o metaverso, Silva (2020) apresenta os conceitos de RA e RV, que serão abordadas com maior profundidade nas seções seguintes do presente trabalho. Por serem consideradas ferramentas tecnológicas de enriquecimento do mundo real (RA) e de criação de um mundo virtual completamente novo (RV), são incorporadas à definição de metaverso, em conjunto com a utilização da internet. Ou seja, o metaverso representa o conjunto RA + RV + internet.

Segundo o referido autor, há uma exemplificação do conceito de metaverso:

El metaverso es un universo digital en vivo, persistente, que permite a los individuos contar con un sentido de presencia social y conciencia espacial compartida, así como la posibilidad de participar en una economía virtual extensiva con un profundo impacto social (Silva, 2020, p. 61).

O termo “metaverso”, segundo Cortes (2022), foi utilizado por Neal Stephenson na obra de ficção científica “*Snow Crash*”, no ano de 1992. Nesta narrativa, o protagonista trabalhava como um entregador de pizza na vida real, e no mundo virtual era um samurai. Além disso, para complementar o descrito anteriormente, Acevedo Nieto (2022) resalta que é necessário cuidado sobre a conceituação de metaverso, uma vez que, segundo o autor, ocorre a situação de resumir o metaverso a um sinônimo de internet:

El metaverso es un concepto cuya definición es todavía inestable. Tras el anuncio

de la compañía Meta de desarrollar todo un universo virtual de socialización online a través de la tecnología de la realidad virtual, el término metaverso ha terminado de ocupar un lugar central en las reflexiones sobre el estado actual de internet (Acevedo Nieto, 2022, p. 41).

Valencia *et al.* (2022) traz uma abordagem sobre a dimensão do metaverso quando aplicado em ambiente educacional. Como resultado, conclui que foram gerados aspectos positivos:

De igual manera, los resultados de la mencionada investigación indican que un Recurso Educativo Digital, si se enfoca en el estudiante, es retador, sencillo de entender, agradable de utilizar y logra representar la realidad en la que habitualmente se desarrollan estas tareas. Antecedentes como este demuestran que el empleo de metaversos como recursos educativos, para estudiantes de bachillerato, puede mejorar el interés por el estudio, en la medida en que les permiten a los aprendices interactuar con elementos observando resultados y comportamientos como si lo hicieran en un entorno real, pero liberando los de los riesgos que esto conlleva. Lo cual permite al presente estudio considerar para el análisis sobre el impacto que generan las herramientas basadas en metaversos en contextos educativos inclusive en este nivel educativo, así como el universitario (Valencia *et al.*, 2022, p. 614).

Considerando a análise de Valencia, nota-se a importância de uma alfabetização tecnológica e digital desde o ensino fundamental nas escolas. É necessário que a utilização de ferramentas tecnológicas seja inserida pelo docente, aprimorando momentos de reflexão com os alunos em sala de aula. Neste contexto, Backes (2011) afirma que as reflexões do metaverso na educação são recentes, atrelando valor de *marketing* a esta utilização em instituições educacionais. Mujica-Sequera (2022, p. 20) indica que:

En la era digital, el ámbito educativo ha sufrido grandes transformaciones, lo cual, invita a todos los involucrados en la fase de enseñanza-aprendizaje a reflexionar sobre los retos que envuelve el proceso de alfabetización tecnológica. El presente ensayo tuvo como propósito considerar los retos ceñidos en el proceso de transcomplejidad ante la alfabetización tecnológica con la llegada del metaverso a las aulas de clases.

No ano de 2021, conforme Cortes (2022), a empresa que detém a rede social intitulada *Facebook*® substituiu o nome para Meta®, gerando grandes discussões sobre o tema metaverso. A intenção do proprietário, Mark Zuckerberg, ao readequar a empresa, seria combinar elementos dos universos real e virtual, para elevar a experiência de interação social. Atualmente, o metaverso é utilizado em diversas áreas, como jogos, mídias, entre outros, permitindo a criação de avatares que, segundo Cortes (2022) são personalizações estéticas dentro de um universo virtual, sendo permitido que o autor modifique o personagem conforme

sua necessidade.

Quando se buscam as potencialidades do Metaverso para o campo do ensino de Engenharias, Selau, Bocchese e Schwetz (2023) destacam que o metaverso apresenta grande potencial para o ensino superior nas áreas de *design* e Engenharia, especialmente nos temas de gestão e desenvolvimento de projetos, bem como materiais e processos de produção. Por meio da simulação de ambientes virtuais, é possível proporcionar aos estudantes uma visão ampla e detalhada das etapas, equipes e estruturas envolvidas no desenvolvimento de produtos, superando limitações de acessibilidade, distância geográfica e recursos financeiros.

Além disso, o uso do metaverso possibilita experiências interativas e inclusivas, permitindo que os alunos visualizem e pratiquem situações do mercado de trabalho de maneira segura e repetitiva, o que contribui para a interdisciplinaridade e para a internalização efetiva dos conhecimentos durante a formação desses profissionais.

A figura 10 aponta uma das possibilidades indicadas na pesquisa, com o desenvolvimento de projeto de design de interiores com objetos virtuais em RA dispostos em um espaço real.

Figura 10 - Possibilidade de aplicação do Metaverso.



Fonte: Selau, Bocchese e Schwetz (2023).

Outra possibilidade de utilização do Metaverso apresenta-se no ensino de geometria descritiva apresentada no trabalho de Calixto *et al.* (2024). A aplicação, conforme apresentado no texto, baseia-se no uso de ambientes virtuais tridimensionais que facilitam a compreensão dos conceitos espaciais inerentes à disciplina. A partir de uma revisão da literatura e experimentos iniciais, os autores propõem a utilização de plataformas do metaverso, como a

*Spatial* (figura 11), que possibilitam a inserção de modelos tridimensionais desenvolvidos em *softwares* como o *SketchUp*®. Esses ambientes virtuais permitem aos estudantes interagir de forma lúdica e imersiva com os conteúdos, favorecendo o desenvolvimento do raciocínio espacial. A proposta considera que, apesar dos avanços tecnológicos, ainda há desafios na transição do entendimento de objetos bidimensionais para tridimensionais, e o metaverso surge como uma ferramenta que pode facilitar essa transição ao proporcionar conexões interativas entre o mundo real e o virtual.

Figura 11 - Utilização da plataforma Spatial.



Fonte: Calixto *et al.* (2024).

Portanto, as contribuições do metaverso para a área de ensino de Engenharias são diversas, ainda não sendo possível definir um limite de possibilidades de utilização em sala de aula. É necessário não somente um maior investimento para aquisição de ferramentas tecnológicas que permitam o acesso ao metaverso nas escolas, mas também uma reestruturação nos currículos, obedecendo ao que está descrito na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e sua reedição, por meio da Lei nº 13.415/2017 (Brasil, 2017), que insere o aluno como protagonista de seu aprendizado.

## 2.6 A RA e RV como ferramentas para o ensino de engenharias

Diante de uma sociedade em constante evolução, representada pela geração Z<sup>6</sup> (Moore;

---

<sup>6</sup> Definição sociológica da geração de pessoas nascidas em média entre a segunda metade da década de 90 e 2010.

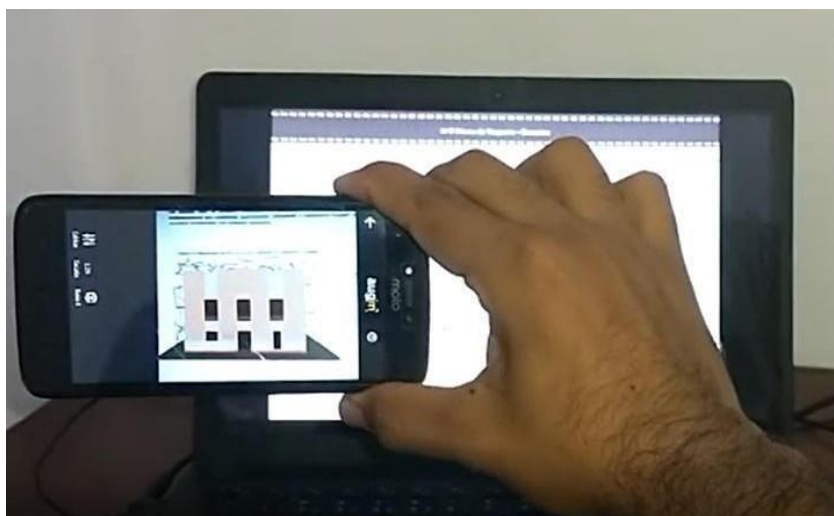
Jones; Frazier, 2017), que está imersa no mundo digital desde a infância, torna-se imperativo que as estratégias de ensino considerem o uso mais abrangente de recursos tecnológicos. Com o objetivo de adotar abordagens tecnológicas na sala de aula, a RA e RV surgem como ferramenta altamente eficaz para aprimorar o processo de ensino-aprendizagem em diversas disciplinas.

A RA permite a fusão entre elementos reais e virtuais. Segundo Azuma *et al.* (2001), que são autoridades no assunto, a RA é uma tecnologia que enriquece o mundo real com objetos virtuais criados por computador. Em outras palavras, a base do mundo real é enriquecida com informações geradas por recursos digitais, resultando em uma maior interatividade e compreensão por parte do usuário.

Em outra referência importante, Tori e Hounsell (2018) detalham as características da RA, incluindo *softwares*, *hardwares* e aplicações em diversas áreas do conhecimento. Eles discutem a evolução das tecnologias de informação e computação (TICs), destacando que a RA pode ser acessada tanto em computadores como em dispositivos móveis, como smartphones e tablets. Dessa forma, a interação com objetos virtuais possibilita uma compreensão mais profunda da realidade.

Devido à facilidade de uso dessa tecnologia, é necessário um dispositivo móvel com acesso à internet e um *software* específico para inserir elementos virtuais no ambiente do usuário com poucas instruções. A figura 12 ilustra um exemplo de RA que visa aprimorar a compreensão de um elemento:

Figura 12 - Exemplo de utilização da RA.



Fonte: O autor (2024).

As primeiras menções à RA remontam a 1962, quando o cineasta Morton Heilig desenvolveu um dispositivo imersivo e multissensorial chamado Sensorama (Tori; Hounsell, 2018). Com o Sensorama, os usuários podiam experimentar diversas sensações, movimentos, odores e outros estímulos.

Apesar das pesquisas sobre o tema progredirem nas décadas seguintes, o termo "Realidade Aumentada" só foi utilizado pela primeira vez em 1992, em um artigo escrito por Tom Caudell e Tom Mizell (Ling, 2017). Antes disso, os conceitos de RA frequentemente se confundiam com a RV.

Além disso, segundo Hounsell, Tori e Kirner (2018), a RA possui uma arquitetura típica de sua composição, definida a seguir:

#### MÓDULO DE ENTRADA

Captura de vídeo: responsável por capturar a cena real onde serão inseridos os objetos virtuais; Sensoriamento: quaisquer dispositivos que sejam usados para identificar objetos, observador e/ou o posicionamento e ações destes;

#### MÓDULO DE PROCESSAMENTO

Monitoramento dos objetos: responsável por identificar de forma única e precisa uma indicação a um objeto virtual em uma configuração (posição e orientação) específica (o que se chama de registro - registering) e também, por identificar como este objeto virtual se desloca no ambiente (o que se chama de rastreamento - tracking); Gerenciamento da interação: responsável por identificar e determinar a resposta às ações de seleção ou manipulação dos objetos virtuais; Processamento da aplicação: responsável por dar sentido às interações e promover mudanças na cena, conforme os objetivos da aplicação (jogo, ambiente industrial, aplicação de turismo, etc.), e;

#### MÓDULO DE SAÍDA

Visualização: responsável por renderizar visualmente o objeto virtual na condição especial requerida pela aplicação e então mostrar ao usuário por um dispositivo de visualização apropriado; Atuação: responsável por renderizar parâmetros para dispositivos hápticos (Hounsell; Tori; Kirner, 2018, p. 41).

Ou seja, os módulos de entrada e saída dependem do tipo de *hardware* adotado. O módulo de processamento possui suas propriedades dependentes dos modos de *software* utilizados.

Em relação à entrada de dados, a RA pode ser tipificada pela forma de rastreamento (Yo, Ong, Nee, 2016). Quando se aplicam as capacidades de processamento da imagem capturada para monitorar os elementos virtuais se lida com a RA de base visual. Por outro lado, quando esses elementos virtuais estão vinculados a algum tipo de dispositivo sensorial, encontram-se diante da RA de base sensorial.

Hounsell, Tori, Kirner (2018) abordam sobre diversos tipos de RA, variando conforme os modelos de dispositivos e decisões de projetos. Segundo os autores, há dois tipos de RA:

baseada em visão e baseada em sensores:

**RA baseada em visão:** é robusta, precisa, flexível, fácil de usar e, por conseguinte, mais amplamente usada, mas tem problemas com a iluminação do ambiente e oclusão de informações. Dentro desta classe de aplicações encontra-se o recurso mais utilizado, e pelo qual muitos associam a própria RA, que são os marcadores;

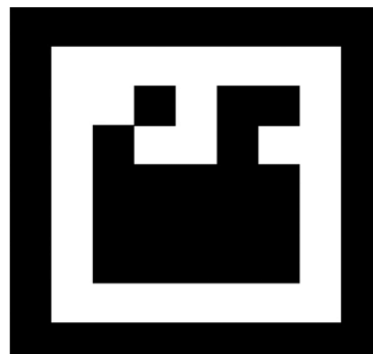
**RA baseada em sensores:** é mais precisa, de menor latência (atraso para processar e exibir), menor jitter e robusta para uma série de limitações dos ambientes (sujeira, baixa/variação brusca de iluminação, cenas com objetos muito assemelhados ao resto do ambiente, etc.) (Hounsell; Tori; Kirner, 2018, p. 43).

Para que seja possível a projeção de imagens digitais no mundo real, é necessário que seja definido um marcador, que representa um elemento visual, como uma imagem, um padrão ou um objeto específico, que é detectado e rastreado por um dispositivo ou aplicativo de RA. São utilizados para ancorar elementos virtuais, como gráficos em 3D, informações adicionais ou interações, no mundo real. Quando a câmera de um dispositivo de RA identifica um marcador, se apresenta como um ponto de referência, permitindo que os elementos virtuais sejam sobrepostos ou associados à localização e à orientação do marcador no espaço físico.

Os marcadores, segundo Silva e Hoffmann (2021), geralmente têm características visuais distintas que facilitam sua identificação, como bordas contrastantes, padrões de cores únicos ou códigos de barras especiais. Essas características visuais são usadas pelo *software* de RA para calcular a posição e a orientação do marcador em relação à câmera, possibilitando assim a colocação precisa dos objetos virtuais na cena real.

A seguir, na figura 13, tem-se um exemplo de marcador:

Figura 13 - Exemplo de marcador de RA.



Fonte: ResearchGate (2021)<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Disponível em:

[https://www.researchgate.net/figure/Figura-12-Marcador-2D-um-exemplo-de-um-marcador-2D\\_fig9\\_3086579](https://www.researchgate.net/figure/Figura-12-Marcador-2D-um-exemplo-de-um-marcador-2D_fig9_3086579) 38  
. Acesso em: 16 ago. 2025.

Na perspectiva da tarefa de saída, conforme Hounsell, Tori e Kirner (2018), a RA pode ser categorizada com base na maneira como o usuário percebe o ambiente. Quando o usuário observa o mundo diretamente com seus próprios olhos, com a cena real sendo exibida por meio de ótica ou vídeo, refere-se à RA com visão direta, o que geralmente é considerado imersivo.

Segundo os autores, na visão direta, o usuário pode ver o mundo real a olho nu, e a RA pode ser alcançada por meio de vídeos que combinam imagens do mundo real com elementos sintetizados por computador (visão direta por vídeo - *video see-through*), por meio da sobreposição de objetos virtuais diretamente na visão do usuário (visão óptica direta - *optical see-through*), em dispositivos portáteis controlados manualmente, como *smartphones* e *tablets* (visualizadores de apontamento direto - *handheld*), ou pela projeção direta de elementos virtuais no ambiente real (RA *espacial*).

Por outro lado, quando o usuário visualiza o mundo por meio de um dispositivo, como um monitor ou projetor, que não está alinhado com as posições reais das coisas, refere-se à RA com visão indireta, que geralmente não é considerada imersiva.

Portanto, a RA representa uma poderosa e crescente evolução na maneira como se interage com o mundo digital e o mundo real, permitindo a sobreposição de elementos virtuais ao ambiente físico, enriquecendo a percepção e experiência cotidiana, utilizando menos recursos tecnológicos para seu acesso, como um *smartphone*, que será abordado em seção posterior.

Conforme apontado por Queiroz, Tori e Nascimento (2017), a RV proporciona uma imersão completa do usuário em um ambiente digitalmente concebido, estimulando diversos sentidos. Um cenário completo é criado de forma a fazer com que o indivíduo se sinta totalmente imerso nesse universo digital, com informações digitais sobrepondo-se àquilo que é percebido no mundo real. A figura 14 exemplifica uma ferramenta de RV:

Figura 14 - Utilização da RV em sala de aula.



Fonte: Revista Época (2016).

As características fundamentais da RV foram primeiramente desenvolvidas por meio de um dispositivo chamado *Sketchpad*, concebido pelo engenheiro eletricista Ivan Sutherland em 1963, como ilustrado na figura 15. Além disso, experimentos iniciais com capacetes de RV possibilitaram a interação com ambientes digitais.

Figura 15 - Ivan Sutherland e o projeto Sketchpad, no MIT (1963).



Fonte: encrypted-tbn0.gstatic (2016)<sup>8</sup>.

Nos dias atuais, após o ano de 2024, encontram-se dispositivos de RV, principalmente na forma de óculos ou capacetes, que utilizam tecnologia avançada para proporcionar aos

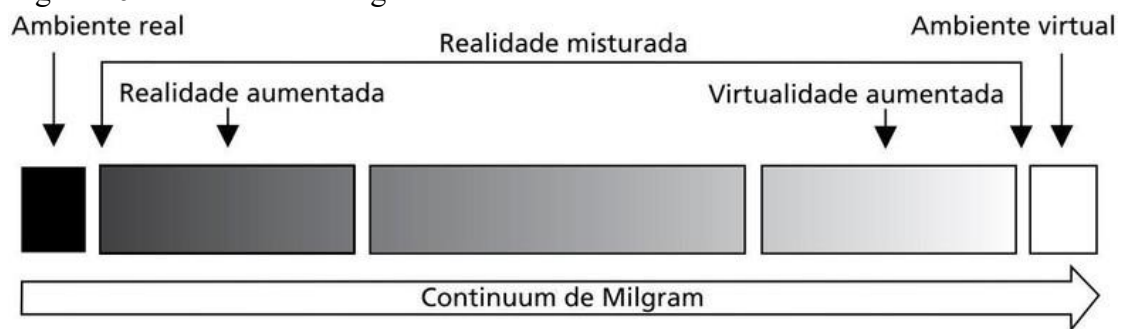
---

<sup>8</sup> Disponível em: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTiTozXqTbqDmO9ENP1zvXiFa6l6wflIDvjcx44igbltjo69lmd>. Acesso em: 16 ago. 2025.

usuários a sensação de serem transportados para ambientes digitalmente criados por computadores.

Conforme Hounsell, Tori e Kirner (2018), na área da RV, por um longo período, a realidade real e a virtual eram consideradas como duas entidades mutuamente exclusivas. O objetivo da RV era isolar o usuário do mundo real, permitindo que eles emergissem inteiramente no ambiente virtual, como é o caso até os dias de hoje. De acordo com os autores, na década de 1990 um novo conceito surgiu, conhecido como RA, e com ele, a noção de fundir o real e o virtual tornou-se uma possibilidade intrigante. Em 1994, um artigo significativo publicado por Milgram e seus colegas (Milgram *et al.*, 1994) introduziu o que ficou conhecido como o "Contínuo real-virtual" ou "Contínuo de Milgram", como demonstrado na figura 16:

Figura 16 - Contínuo de Milgram.



Fonte: Adaptado por Tori (2017) do original de Milgram *et al.* (1994).

Ainda conforme os autores, a Realidade Virtual (RV) está localizada no extremo direito, enquanto o mundo "real" é representado no extremo esquerdo. A RA ocorre quando o usuário se encontra no ambiente real, mas pode interagir com elementos virtuais devidamente integrados no espaço físico real. Por outro lado, a Virtualidade Aumentada (VA) é quando o usuário é transportado para uma realidade sintética (virtual), enriquecida com elementos do mundo real. Um exemplo de VA é o "vídeo avatar", que captura em tempo real o vídeo de uma pessoa e a introduz como um avatar em um ambiente virtual.

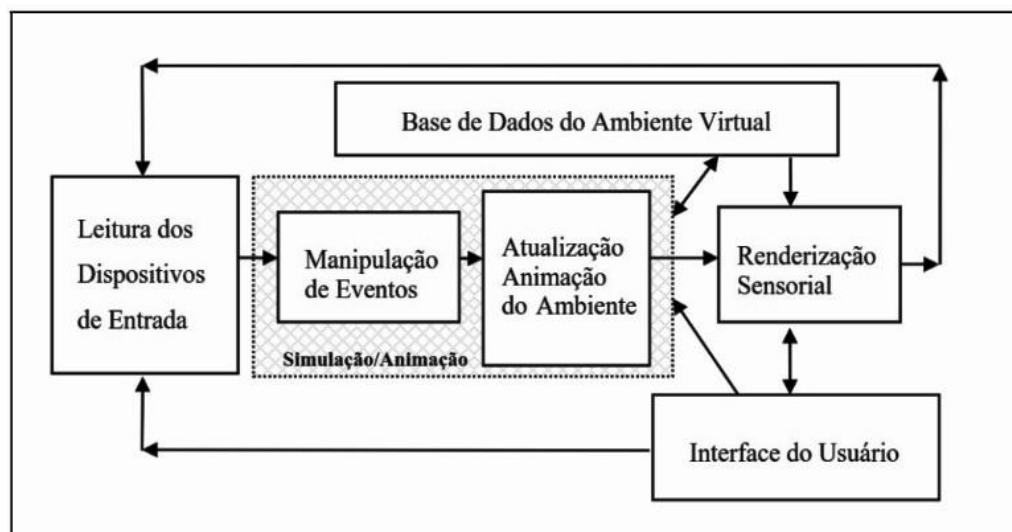
Os autores destacam que outra abordagem interessante seria a incorporação das sensações do mundo real ao ambiente virtual, como em parques de diversão, onde os participantes usam capacetes de RV em uma montanha-russa. Nesse cenário, eles não veem o mundo real, mas as ações no ambiente virtual são registradas e sincronizadas com os movimentos reais da montanha-russa. Alguns autores, como Jerald (2015), consideram os vídeos imersivos como um tipo de VA.

Embora algumas distinções sejam feitas, na prática, é desafiador definir limites claros

entre os diferentes tipos de realidades. A única distinção evidente é entre ambientes totalmente virtuais, totalmente reais e aqueles que misturam elementos reais e virtuais em várias proporções. O termo mais apropriado para essa última categoria é "Realidade Misturada", conforme proposto no "Contínuo de Milgram".

No entanto, o termo RA é mais amplamente difundido e consolidado atualmente, sendo frequentemente usado como sinônimo de Realidade Misturada, conforme os referidos autores. A RV assume uma arquitetura de sistema própria, sendo indicada na figura 17:

Figura 17 - Arquitetura da RV.



Fonte: Autor, adaptado de Hounsell, Tori e Kirner (2018).

Um ciclo de processamento pode ser resumido da seguinte forma (Hounsell; Tori; Kirner, 2018, p. 19): começa com a coleta de dados dos dispositivos de entrada, seguida pela execução da simulação ou animação e, por fim, a entrega dos resultados sensoriais. Essa entrega sensorial abrange vários aspectos, incluindo a representação visual, auditiva e tátil. No contexto de um sistema que opera em tempo real, o intervalo de tempo entre a coleta dos dados de entrada e a apresentação correspondente dos resultados é conhecido como tempo de latência ou tempo de reação do sistema.

Para assegurar que a experiência do usuário seja confortável e que ele se sinta totalmente imerso, é essencial que o tempo de latência seja mantido em níveis baixos, idealmente abaixo de 20 milissegundos. É importante destacar que os dispositivos de RV atuais conseguem oferecer tempos de resposta ainda menores do que 10 milissegundos.

Atualmente, para acesso da RV, há uma diversidade de tecnologias que possibilitam a imersão total em ambientes digitalmente criados. Há disponíveis ferramentas imersivas como

os óculos tecnológicos de cabeça que operam com o sistema operacional definido. Utilizando estas ferramentas, torna-se possível o acesso a aplicativos diversos em RV, utilizando controles remotos interativos. O desafio encontrado é o alto valor de custo para obtenção do equipamento, em relação às possibilidades apresentadas pela RA.

As distinções entre RA e RV se concentram, principalmente, no grau de imersão do usuário. A RV tem como foco a substituição de elementos reais por criações digitais (Billinghurst; Clark; Lee, 2015). Por outro lado, a RA se concentra no mundo real. Enquanto a RV requer dispositivos de visualização mais avançados e é geralmente usada em ambientes fechados, a RA tem menos restrições e pode ser usada em ambientes tanto abertos quanto fechados (Leite, 2020). A RA requer um marcador previamente configurado, que, quando apontado para a câmera de um dispositivo, permite que o *software* processe o objeto e o projete em formato tridimensional.

No contexto educacional, tanto a RA quanto a RV têm um grande potencial para melhorar o processo de aprendizagem. Isso ocorre porque essas tecnologias oferecem várias aplicações na sala de aula, permitindo que os alunos interajam de maneira mais profunda com o conteúdo, por meio de visualizações tridimensionais em tempo real. Isso resulta em uma compreensão mais ativa do conteúdo, o que proporciona aos professores uma ampla variedade de estratégias pedagógicas.

Tanto a RA quanto a RV podem ser utilizadas em recursos didáticos voltados para áreas como Ciências, Engenharias e Matemática, entre outras. Para aproveitar ao máximo essas tecnologias, os professores precisam adquirir conhecimento e habilidades em seu uso, a fim de capacitar os alunos a adquirir e aprofundar seu conhecimento, aumentando assim o nível de motivação durante as aulas.

Além disso, a utilização destas tecnologias imersivas vem se consolidando como um recurso promissor no ensino de Engenharias, segundo Silva, Jucá e Silva (2025). Ambas permitem a criação de ambientes que extrapolam a aprendizagem tradicional, favorecendo a interação entre conceitos teóricos e aplicações práticas. Como abordado anteriormente, a RV proporciona uma imersão completa em cenários digitais tridimensionais, nos quais o estudante pode explorar objetos, estruturas e processos de forma controlada e segura. Já a RA complementa o mundo físico com elementos virtuais sobrepostos ao espaço real, oferecendo ao discente de Engenharia a possibilidade de manipular informações e modelos tridimensionais em tempo real, dentro de seu próprio contexto de aprendizagem.

Ainda no campo da engenharia, tais recursos apresentam relevância significativa por

permitirem a visualização e manipulação de modelos complexos que, em situações tradicionais, estariam restritos a representações bidimensionais em livros ou pranchas. Ao integrar RA e RV, o estudante desenvolve maior capacidade de abstração espacial, compreende de maneira mais clara conceitos como tensões em estruturas, fluxos de fluidos ou funcionamento de máquinas, além de simular diferentes condições de projeto e execução sem o risco associado ao ambiente real. Esse processo contribui para a consolidação da Habilidade de Visualização Espacial (HVE), seção abordada nesta pesquisa, competência fundamental para o desempenho satisfatório nas áreas de projeto, cálculo e execução.

Outro aspecto relevante é que RA e RV permitem a criação de laboratórios virtuais, que se tornam alternativas de baixo custo diante da limitação de infraestrutura em muitas instituições de ensino. Nessas condições, o estudante tem acesso a experiências que antes dependiam de equipamentos caros ou de espaços laboratoriais altamente especializados. Além disso, as tecnologias imersivas oferecem possibilidades de aprendizagem ativa, colocando o aluno no centro do processo educativo e favorecendo a construção de conhecimento por meio da experimentação, da simulação e da resolução de problemas.

## **2.7 Revisão de literatura sobre RA e RV no ensino de engenharia civil e produção civil**

Considerando a necessidade indicar as possibilidades de aplicações realizadas em sala de aula utilizando ferramentas de RA e RV na área das Engenharias, foi realizado, neste tópico, um levantamento bibliográfico em produções entre os anos de 2016 e 2025 com os seguintes termos descritores: “Realidade Aumentada”, “Realidade Virtual”, “Realidade Aumentada e Virtual no Ensino de Engenharia Civil”, “Realidade Aumentada e Virtual no Ensino de Engenharia de Produção Civil”, “*Augmented Reality*”, “*Virtual Reality*”, “*Augmented and Virtual Reality in Civil Engineering Teaching*”, “*Augmented and Virtual Reality in Civil Production Engineering Teaching*” nos bancos de dados Google Acadêmico, ASCE Library, Scopus, Engineering Village e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), além de livros físicos e digitais que abordam sobre o referido tema. Os resultados desta pesquisa serão detalhados a seguir.

Ao aplicar o critério de exclusão definido como “trabalhos que não possuem aplicações de metodologias de RA ou RV no ensino de Engenharia Civil ou Produção Civil ou não possuem revisões de literatura sobre os resultados destas aplicações”, foi identificado o total de

publicações do quadro 1:

Quadro 1 - Produções selecionadas na pesquisa.

| BANCO DE DADOS                                               | PUBLICAÇÕES |
|--------------------------------------------------------------|-------------|
| Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) | 3           |
| Google Acadêmico                                             | 135         |
| ASCE Library                                                 | 45          |
| Engineering Village                                          | 32          |
| Scopus                                                       | 14          |
| <b>TOTAL</b>                                                 | <b>229</b>  |

Fonte: Autor (2025).

Quando se analisam dissertações e teses sobre objetos de estudo similares a esta pesquisa, o quadro 1 indica a presença de três publicações que atenderam aos critérios apresentados anteriormente, consistindo em um número de duas dissertações e uma tese. Quando se analisa as dissertações, Costa (2021) apresenta uma análise qualitativa aplicada sobre o uso da RV de baixo custo no ensino de *design* de interiores, explorando sua aplicação principalmente em disciplinas de projeto arquitetônico. A pesquisa, que envolveu entrevistas semiestruturadas com docentes, seminários com alunos e análises de conteúdo, indicou que a RV é considerada uma ferramenta promissora para aproximar estudantes e clientes da experiência espacial do projeto, permitindo uma visualização mais realista e interativa dos ambientes.

Avelar (2021) apresenta uma revisão abrangente sobre a integração de metodologias ativas e tecnologias digitais no ensino da engenharia civil, destacando a importância do desenvolvimento de competências técnicas e sociais. Aborda, ainda, a aplicação de jogos em ambientes de RV como ferramentas de aprendizado, enfatizando seu papel na melhoria da motivação e no fortalecimento das habilidades dos estudantes. Além disso, o autor discute a relevância do planejamento e da avaliação contínua no processo formativo, alinhando-se às diretrizes nacionais e internacionais para a formação de engenheiros, focando em aspectos como a sustentabilidade, a inovação e a interdisciplinaridade.

Os trabalhos apresentados têm como foco o uso de tecnologias digitais e imersivas como instrumentos de apoio ao processo de ensino-aprendizagem no ensino superior nas Engenharias. Tanto Costa (2021) quanto Avelar (2021) partem da constatação de que os métodos tradicionais, centrados na transmissão de conteúdo e em práticas expositivas, têm se mostrado limitados diante das demandas atuais de formação. Nesse sentido, ambos os estudos ressaltam a importância de metodologias que privilegiam a aprendizagem ativa e experiencial, ancoradas

em bases construtivistas, capazes de aproximar a teoria da prática por meio de recursos interativos.

Outro ponto convergente entre os dois trabalhos é a ênfase na motivação e no engajamento discente como elementos centrais para a aprendizagem significativa. Em ambos os casos, defende-se que a utilização de recursos imersivos – seja por meio da RV, no contexto do design de interiores (Costa, 2021), seja por meio dos serious games em RV, no ensino de Engenharia Civil (Avelar, 2021) – favorece maior interesse dos estudantes, ampliando a compreensão dos conteúdos e estimulando a participação ativa. Além disso, os dois autores destacam a relevância da visualização imersiva como mecanismo que potencializa a construção do conhecimento, permitindo que os discentes compreendam melhor conceitos abstratos e desenvolvam habilidades relacionadas à prática profissional.

Ambos os estudos também compartilham a preocupação em validar empiricamente o uso dessas tecnologias. Costa (2021) realiza entrevistas com docentes e aplica práticas experimentais com discentes para delinear diretrizes e boas práticas de utilização da RV no ensino de projeto, enquanto Avelar (2021) desenvolve e avalia um protótipo de jogo digital aplicado a conteúdos de orçamento de obras, demonstrando sua aceitação e eficácia. Assim, os dois autores reforçam que, embora os recursos digitais apresentem grande potencial, sua efetividade depende de uma integração planejada ao processo de ensino, considerando aspectos metodológicos, pedagógicos e de acessibilidade tecnológica.

Em relação à tese desenvolvida por Lucena (2024), o autor aborda o desenvolvimento de estratégias inovadoras para capacitar graduandos em Engenharia Civil na gestão de perdas não-físicas na construção civil, utilizando tecnologias imersivas de Realidade Estendida (RA e RV). A pesquisa destaca a importância de métodos de ensino que promovam tanto a teoria quanto a prática, integrando recursos tecnológicos avançados para facilitar a compreensão e a visualização das consequências das decisões tomadas em canteiros de obras. Além disso, enfatiza-se a necessidade de abordagens motivadoras e interativas para engajar os estudantes, reconhecendo as dificuldades relacionadas à complexidade e abstração do tema. O estudo baseia-se, portanto, na análise das demandas dos alunos e busca aprimorar a formação profissional visando a redução de perdas e melhoria da eficiência na construção civil.

Observa-se que foram selecionadas três publicações, entre dissertações e teses, que possuem objetos de estudos semelhantes ao presente trabalho, resultando na conclusão de que ainda há um campo de pesquisa abrangente sobre a utilização de metodologias imersivas no ensino de Engenharias civil e de Produção civil quando se analisam as publicações indicadas

no quadro 1 nas outras bases de dados, entre artigos, capítulos de livros, livros completos, anais de Congressos, entre outros, observa-se uma maior quantidade de produções relevantes sobre o tema, após aplicar-se os descritores e critérios de exclusão apresentados.

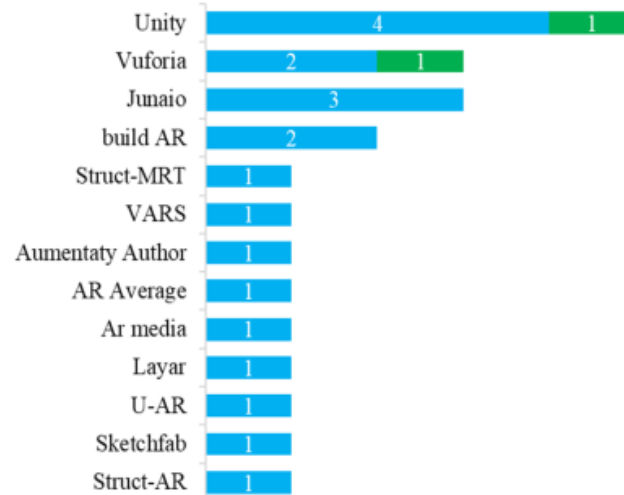
A seguir, serão apresentadas algumas publicações que se aproximam do presente tema de pesquisa e que estão presentes nas bases de dados apontadas no referido gráfico. Já no apêndice B, serão indicadas, em forma de tabela objetiva, informações tais como título, autor (ano), base de dados, metodologia, objetivos e resultados de outras publicações relacionadas e não descritas neste capítulo.

A RA apresenta-se como uma ferramenta tecnológica bastante promissora para auxiliar o docente a planejar e a executar metodologias voltadas, entre outras áreas, para aquelas referentes às Engenharias civil e de Produção Civil. Azevedo *et al.* (2023), por meio de uma busca global em 2.062 publicações, filtrou-se um total de 14 artigos e obtiveram a seguinte conclusão sobre a utilização desta tecnologia para os alunos de Engenharia Civil: “o uso da RA para o ensino de projeto de Engenharia Civil é uma área ainda pouco explorada, necessitando de pesquisas, e de desenvolvimento e aprimoramento de softwares de RA, que sejam acessíveis para o uso em sala de aula” (Azevedo *et al.*, 2023, p. 75).

Ou seja, ainda há um campo promissor de estudo e de aplicação que abrange as possibilidades da RA como auxiliar na formação de novos engenheiros. Além de potencializar a visualização de elementos tridimensionais e facilitar a compreensão de conceitos abstratos, a RA também pode favorecer o desenvolvimento de competências práticas, como a análise crítica, a tomada de decisão e a resolução de problemas em cenários simulados, aproximando os estudantes das situações reais enfrentadas no mercado de trabalho.

Nesse sentido, a incorporação de estratégias baseadas em RA no ensino de engenharia demanda não apenas investimentos em infraestrutura tecnológica, mas também a elaboração de metodologias pedagógicas inovadoras, que assegurem a efetiva integração desses recursos ao processo formativo. Assim, observa-se que o avanço da RA no ensino de Engenharias depende tanto do desenvolvimento de soluções técnicas acessíveis quanto da capacitação docente e do fortalecimento de pesquisas que avaliem sua eficácia pedagógica. Os autores ainda indicam os *softwares* mais utilizados em sala de aula (figura 18), que serão abordados em tópico posterior no presente trabalho:

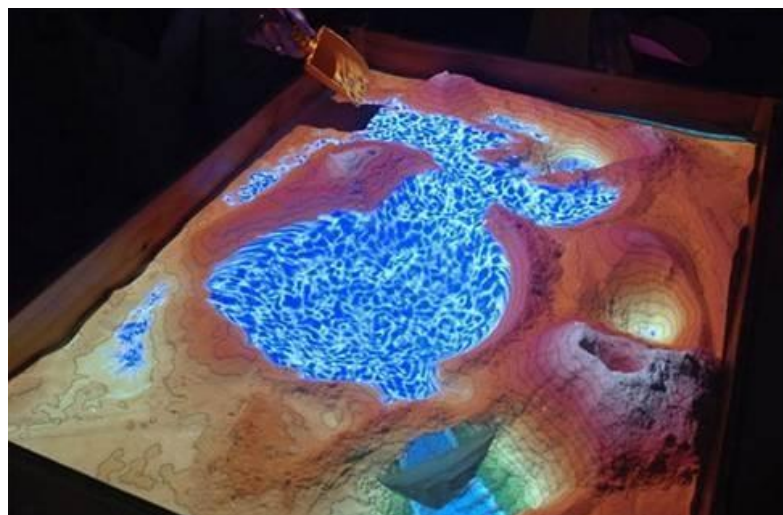
Figura 18 - Softwares de RA mais acessados durante a pesquisa.



Fonte: Azevedo *et al.* (2023).

Santos *et al.* (2018) refletem sobre os resultados da aplicação da ferramenta *AR Sandbox*, por meio da Caixa de Areia (conforme figura 19), no processo de ensino da disciplina de Topografia para alunos de Engenharia Civil. Os autores abordam sobre o desenvolvimento e a aplicação da caixa de areia em RA como uma ferramenta inovadora para o ensino das geociências e topografia na Engenharia Civil, destacando seu potencial para facilitar a compreensão de conceitos complexos por meio da interação prática e visualização tridimensional do relevo, promovendo uma aprendizagem mais ativa e significativa.

Figura 19 - Modelo de sandbox em RA.



Fonte: Tectudo (2012)<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/noticias/2012/05/caixa-de-areia-com-realidade-aumentada-permite-estudo-topografico.ghml> . Acesso em: 19 set. 2025.

Silva, Jucá e Silva (2023) apontam estratégias para a utilização da RA para alunos de engenharia mecânica ao facilitar a visualização tridimensional de conteúdos tradicionalmente apresentados em duas dimensões, promovendo uma maior interação e compreensão por parte dos estudantes, desde que acompanhada de uma preparação adequada dos docentes para mediar esse processo de aprendizagem. Os autores realizaram uma revisão bibliográfica de 14 publicações sobre o tema, concluindo que o ensino tradicional, muitas vezes baseada em lousa e textos, coloca o aluno como mero observador, prejudicando sua formação.

Logo, afirmam que a RA representa uma alternativa capaz de mitigar essas dificuldades, incentivando o uso do celular como ferramenta positiva no processo de aprendizagem e potencializando o ensino das disciplinas essenciais para a formação do engenheiro mecânico, o que é reafirmado por Silva *et al.* (2025), considerando a RA uma ferramenta educacional promissora para a formação de engenheiros mecânicos.

Silva *et al.* (2020) apontam uma estratégia de ensino de temas relacionados ao Projeto Arquitetônico para alunos de Engenharia Civil, através do *software* Augin, o que proporcionou um maior interesse dos alunos pelo conteúdo abordado.

Outra possibilidade de aplicação desta tecnologia é a apontada por Rodrigues Júnior *et al.* (2020). Por meio de uma revisão sistemática, exemplificam o uso de sistemas de RA para o ensino de circuitos elétricos resistivos e eletrônica digital, onde estudantes universitários podem visualizar e interagir com modelos virtuais desses sistemas para facilitar a compreensão dos conceitos envolvidos. Outro exemplo apontado pelos autores é o ensino de retificadores eletrônicos de potência utilizando realidade aumentada gamificada, que apoia o aprendizado de forma interativa e engajante.

Na tese desenvolvida por Silva (2022), são discutidas possibilidades voltadas para a indústria ao adotar as ferramentas de RA e RV, com foco na adoção de conceitos da Indústria 4.0. Por meio de pesquisa descritiva, estudo de caso e entrevistas, o autor identifica e analisa as inúmeras ferramentas virtuais que não possuem aplicações diretas à resolução de demandas da indústria. Assim, por meio de um referencial teórico que transpassa temas como indústria 4.0, internet das coisas e RA e RV, constatou-se que o *software ARtoolkit*, ferramenta *open source*, em conjunto com o *software Vuforia* são capazes de atender à necessidade apresentada por uma indústria que se insere no contexto tecnológico 4.0.

Além disso, por meio da utilização da pesquisa intermediada pela FIRJAN (Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro), foi possível desenvolver aplicação *in loco* com o

auxílio de *tablets* e *smartphones*. O autor sugere, como trabalho futuro, o desenvolvimento de um mapa de rotas, direcionando simulações de aplicações em um espaço de tempo (2019-2024) no âmbito industrial.

Silva *et al.* (2021) abordam sobre a utilização da RA como uma ferramenta eficaz para otimizar o processo de ensino-aprendizagem nas disciplinas de ciências sociais aplicadas e Engenharias IV. Destacam que a RA, ao permitir a visualização tridimensional de conteúdos por meio de dispositivos como smartphones e tablets, favorece a interatividade e facilita a compreensão dos conceitos complexos. Além disso, o estudo enfatiza a viabilidade da adoção da metodologia BYOD (*Bring Your Own Device*), que possibilita aos alunos utilizarem seus próprios dispositivos móveis, ampliando o acesso às tecnologias digitais no ambiente educacional.

Souza e Jucá (2024) realizaram uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) com o propósito de mapear e analisar estudos publicados em formato de artigo que abordam a aplicação e a integração da RA no processo de ensino da matemática, o que pode ser aplicável para as disciplinas relacionadas às Engenharias.

Pereira (2022) explora a constituição do conhecimento matemático em estudantes que utilizaram a RA para abordar tópicos de cálculo diferencial e integral. Realizou-se a pesquisa durante um curso de curta duração com alunos de licenciatura em matemática da Universidade Estadual Paulista, campus Guaratinguetá. Durante o curso, os participantes usaram o aplicativo GeoGebra Calculadora 3D para explorar conceitos de cálculo, como limite, derivada e integral, com o suporte da RA.

Coletaram-se dados por meio de gravações em vídeo dos oito encontros e incentivaram-se os alunos a registrar suas interações com o aplicativo em seus smartphones. A abordagem metodológica adotada foi qualitativa, com foco fenomenológico, com o objetivo de compreender como a RA influencia a construção do conhecimento em cálculo diferencial e integral.

A análise dos dados seguiu os princípios da pesquisa fenomenológica, envolvendo tanto a análise ideográfica quanto a análise nomotética. Na análise ideográfica, organizaram-se os dados em cenas significativas, sendo possível capturar a dinâmica da comunicação entre os participantes.

A partir da síntese compreensiva dos dados, identificaram-se três categorias abertas: a investigação de tópicos matemáticos como um meio de compreensão, enfatizando os métodos de investigação dos participantes com a RA, incluindo exploração, elaboração de conjecturas e

validação de resultados; o papel do movimento do corpo próprio na visualização de conceitos matemáticos, destacando como o movimento físico dos estudantes contribui para a compreensão dos tópicos explorados; e a importância dos diálogos na comunicação do conhecimento, enfatizando que a comunicação desempenha um papel fundamental na construção do conhecimento matemático com o uso da RA.

Logo, este estudo contribuiu para uma compreensão mais profunda da educação matemática mediada pela RA e pode informar práticas pedagógicas futuras nesse contexto.

Kalempa (2021) afirma que, em ambientes de fábricas inteligentes, a implementação de Sistemas Multirrobôs (MRS) é uma prática comum para aprimorar a eficiência operacional. Segundo o autor, um MRS consiste em um sistema no qual dois ou mais robôs colaboram de maneira coordenada e cooperativa para alcançar objetivos compartilhados. Essa colaboração permite a realização simultânea de diversas tarefas, o que seria desafiador para um único robô. Além de aumentar a produtividade, o comportamento coletivo dos MRS melhora o desempenho, a capacidade e a resiliência das operações.

A principal vantagem dos MRS é a flexibilidade, pois o grupo de robôs pode ser expandido para lidar com mais tarefas conforme necessário, evitando assim pontos únicos de falha no sistema. Para garantir a resiliência em caso de falhas em robôs individuais, é necessário estabelecer planos de contingência para substituir os robôs defeituosos de maneira eficaz. Esse conceito é conhecido como resiliência à falha, que é a capacidade de um sistema se recuperar e manter suas operações, mesmo diante de falhas.

A tese apresentada pelo referido autor possui como objetivo apresentar uma solução para gerenciar o comportamento coletivo de sistemas MRS em fábricas inteligentes, visando alcançar resiliência à falha. Uma abordagem baseada em consenso, chamada Comportamento Consensual Resiliente à Falha (CFRB), é proposta. O CFRB é estruturado em três planos hierárquicos: imposição, negociação e consenso. A restauração de falhas resulta da tomada de decisões coletivas nesses planos. Essa abordagem é projetada para melhorar a produção em fábricas inteligentes, onde MRS autônomos desempenham um papel fundamental na garantia de confiabilidade e robustez em situações de falha.

Além disso, a avaliação do CFRB é realizada por meio de experimentação em logística de armazém em pequena escala, conhecida como RA para Experimentação Aprimorada em Armazéns Inteligentes (ARENA). Os experimentos demonstram os benefícios das soluções propostas e incluem uma análise quantitativa. Ainda assim, o CFRB é comparado com outras abordagens existentes, mostrando sua eficiência em cenários de MRS em fábricas inteligentes.

Nesse contexto, a pesquisa desenvolveu o aplicativo SpaceGeo\_AR para dispositivos móveis, incorporando recursos de RA, permitindo a inserção de objetos virtuais no mundo real, proporcionando interatividade com esses elementos, o que pode facilitar o entendimento da geometria espacial.

O aplicativo foi testado com a participação de especialistas nas áreas de matemática, computação, RA e Libras (Língua Brasileira de Sinais). Os resultados indicaram que o aplicativo pode ser uma ferramenta útil no processo de ensino e aprendizagem de Geometria Espacial, tanto para estudantes surdos quanto ouvintes do Ensino Médio, com um alto grau de satisfação em relação à usabilidade. O sistema permite o cadastro de usuários, professores e alunos, oferecendo conteúdos de Geometria de Posição e recursos de tradução Libras, além de cenários de RA.

Bunemer (2020) aborda sobre os impactos dos avanços tecnológicos recentes na arquitetura e construção civil, incluindo a influência da internet móvel, dispositivos eletrônicos embarcados e o uso da computação em nuvem (*cloud computing*). Essas tecnologias possibilitam soluções como a modelagem digital de canteiros de obras (BIM), colaboração, Internet das Coisas, RA, robótica e casas inteligentes.

O objetivo da referida tese consiste em explorar as oportunidades de inovações digitais em todas as fases da construção. Busca aplicar conceitos da 4ª Revolução Industrial à arquitetura e construção civil, utilizando ferramentas da Indústria 4.0. Além disso, introduz o conceito de "Smart House" como parte integrante da "Construção 4.0".

Para validar a aplicação desses conceitos na construção civil, foi realizada uma pesquisa de campo com aproximadamente 300 profissionais do setor, auxiliando no entendimento sobre o grau de preparação desses profissionais para a adoção de ferramentas digitais nos canteiros de obras e suas expectativas em relação a novas tecnologias. Paralelamente, o trabalho envolveu a modelagem matemática, simulação e implementação de um sistema híbrido embarcado para melhorar a eficiência energética de uma *smart house*.

Proença (2018) desenvolve uma tese indicando que os avanços na tecnologia e comunicação impulsionaram pesquisas em computação gráfica e o desenvolvimento de interfaces que possibilitam a interação mais natural dos usuários, levando à difusão de sistemas de RV em diversas áreas, especialmente na educação e treinamento construiu um Modelo de *Affordances* educacionais para ambientes de aprendizagem tridimensionais, onde as "Affordances" referem-se às oportunidades perceptíveis de ação em um ambiente para o usuário. Segundo a autora, no contexto educacional, representam diretrizes para elementos de interação

em ambientes de aprendizagem.

O modelo foi desenvolvido seguindo a metodologia de *Design Science Research (DSR)*, que envolve a construção de artefatos para obter conhecimento. O modelo integra aspectos de usabilidade específicos para ambientes educacionais em RV, teorias pedagógicas, perfis cognitivos dos usuários e teorias relacionadas à carga cognitiva. Isso resultou na criação de um sistema, o "S\_MAAVA3D," que implementa o modelo de *Affordances* para ambientes de aprendizagem virtuais tridimensionais.

Esse sistema utiliza um banco de dados que reflete as relações propostas pelo modelo, gerando tarefas adequadas para ambientes virtuais tridimensionais. Além disso, o referido estudo envolveu a realização de uma prova de conceito para avaliar o MAAVA3D em termos de suas propostas para intervenções pedagógicas em ambientes virtuais tridimensionais baseados em RV.

Mancia (2019) afirma que o treinamento profissional desempenha um papel essencial para empresas, especialmente em atividades de alto risco, onde a formação adequada é importante para evitar prejuízos financeiros, lesões ou perdas de vidas. Conforme o autor, o grupo de pesquisa RV2 foi estabelecido com o objetivo de criar um sistema de RV para treinar profissionais de manutenção de linhas de transmissão em subestações de forma segura e motivadora.

O sistema incorporou a teoria de jogos sérios para aumentar a motivação e satisfação dos treinandos durante a interação. Além disso, a Teoria Instrucional de Gagné foi adotada para fundamentar a abordagem pedagógica. Para integrar esses elementos teóricos, o framework de projeto de jogos modelo, dinâmica e estética foi usado para guiar a análise dos aspectos de jogos sérios e, posteriormente, alinhado com o modelo instrucional de Gagné.

A indicada tese concentra-se no desenvolvimento de um sistema para reabilitar pacientes com enfermidades nos membros inferiores por meio de utilização de RV. O sistema combina técnicas de reabilitação tradicionais, neurônio espelho e jogos virtuais em um ambiente de RV imersiva. Os pacientes usaram óculos que os imergiram em um cenário onde visualizaram membros virtuais chutando uma bola em direção a uma barra de futebol, controlando esses movimentos com base nos sinais de EMG captados pelo equipamento.

O estudo de Rodrigues Junior (2022) teve como objetivo apresentar uma metodologia para criar subestações de energia elétrica virtuais usando um Sistema de Autoria (SA) baseado em Computer-Aided Design (CAD) e RV, aplicada à supervisão de ativos em campo. A metodologia proposta permite uma integração automática entre um editor CAD de plantas

baixas e o uso de RV por meio de uma arquitetura de *software* centralizada. Essa abordagem permite a edição dos AVs, a gestão de insumos e o uso do *software* de RV em paralelo e de qualquer local.

França e Silva (2020) indicam que, desde o início da internet no Brasil na década de 90, houve um avanço significativo em ferramentas computacionais e formas de comunicação e interação em diversas esferas sociais. Esses avanços tiveram, segundo os autores, um impacto notável nos processos de ensino e aprendizagem. Neste contexto, a pesquisa explora o potencial da RA e RV na criação de uma ferramenta de aprendizado em física, incorporando princípios da teoria da carga cognitiva e da visualização em educação científica.

A referida pesquisa aborda, ainda, os fundamentos teóricos relacionados e descreve o desenvolvimento de uma ferramenta de ensino dedicada ao conceito de momento angular. A ferramenta, chamada RVA\_360 - Momento Angular foi disponibilizada em duas versões: uma imersiva, compatível com o *Oculus Rift*, e outra semi-imersiva, compatível com várias plataformas computacionais. A pesquisa também compartilha as opiniões coletadas durante os testes e validações realizados por professores de física do ensino superior. No final, a pesquisa destaca as contribuições da ferramenta RVA\_360 para os processos de ensino e aprendizagem do momento angular, proporcionando um ambiente tridimensional imersivo para os usuários.

Tori e Hounsell (2018) exploram os conceitos fundamentais e aplicações práticas da RV e da RA. A obra fornece uma visão geral abrangente dessas tecnologias imersivas, destacando seus princípios e potenciais usos. Além disso, a obra define os conceitos-chave da RV e RA, indicando como estes mecanismos criam ambientes interativos e enriquecidos digitalmente. Os autores também abordam a história e evolução dessas tecnologias, desde suas origens até os desenvolvimentos recentes.

Ao longo da obra, os autores exploram as principais características e componentes da RV e RA, incluindo dispositivos de visualização, interação, rastreamento e renderização. Definem, também, como esses elementos funcionam juntos para criar experiências imersivas e envolventes.

Os autores abordam ainda diversas aplicações práticas dessas tecnologias, abrangendo áreas como educação, treinamento, saúde, entretenimento, design e muito mais. Os autores destacam os benefícios e desafios associados ao uso da RV e RA em cada domínio. Além disso, discutem questões importantes relacionadas à ética, segurança e privacidade no contexto da RV e RA. Logo, enfatizam a importância de abordar essas preocupações à medida que essas tecnologias se tornam cada vez mais difundidas.

Em Tori, Kirner e Siscoutto (2006) são abordados conceitos fundamentais como ambientes virtuais, RA e RV, humanos virtuais e avatares, modelagem e programação, além de interação em ambientes virtuais e jogos eletrônicos. Os autores expõem e discutem exemplos de aplicações de RA e RV em diversas áreas, tais como medicina, educação, crianças com necessidades especiais, entre outras. A obra resulta de uma organização de cinquenta e seis autores pesquisadores dos referidos temas, discutindo de forma didática os conceitos relacionados à área. É considerado, pois, uma referência para esta tese, uma vez que desenvolve uma base teórica consolidada.

Portanto, após discussão sobre as teses indicadas, o presente trabalho visa contribuir com a análise e propostas que incluam ferramentas de RA e RV nos processos de Ensino, trazendo metodologias que permitam ao docente abordar conteúdos relacionados às Engenharias adotando um conjunto de possibilidades em sala de aula, a fim de otimizar estratégias didáticas atualmente disponíveis, aliadas à informações interativas digitais.

## **2.8 Aplicações práticas de RA e RV como ferramentas de ensino de engenharia civil e produção civil**

A integração da tecnologia no ambiente educacional tem se tornado cada vez mais relevante, abrindo novas possibilidades para o processo de ensino-aprendizagem. Nesse cenário, a RA e RV emergem como ferramentas promissoras para aprimorar a experiência de aprendizado também no ensino de Engenharias. Este tópico possui como objetivo explorar exemplos de aplicativos de RA e RV no ensino com foco nesta área, destacando como essas tecnologias são usadas para atrair a atenção dos alunos de maneira mais eficaz, promovendo o interesse e a compreensão em diversas disciplinas.

Através de experiências imersivas e interativas, tais aplicativos oferecem oportunidades únicas para aprimorar a educação, tornando o aprendizado mais envolvente, dinâmico e acessível. A seguir, são apresentados alguns exemplos de ferramentas relevantes de RA e RV que se apresentam como ferramentas auxiliares no processo de ensino para os engenheiros em formação.

### **2.8.1 ItReal**

Considerando o exposto por Souza *et al.* (2024), Itreal representa uma ferramenta

acessível para experiências imersivas com realidade aumentada, não exigindo a instalação de aplicativos nem conhecimentos técnicos avançados dos usuários, além de operar diretamente em navegadores web por meio de dispositivos conectados à internet. A plataforma utiliza, segundo os autores, *QR codes* para facilitar o acesso a imagens e animações 3D, promovendo a inclusão tecnológica e democratizando o uso da RA, especialmente em contextos educacionais em geral.

A exemplo disso, a figura 20 apresenta o Museu do Vaqueiro, localizado no município de Morada Nova / CE, é representado por meio da ferramenta ItReal através da figura 21, sendo acessada através de um *smartphone* por meio da figura 22. Para que seja possível este acesso, deve-se apontar o *smartphone* para o QR Code indicado na figura 22 e será gerado o elemento tridimensional da edificação. Por meio desta ferramenta, torna-se possível que o docente desenvolva uma reflexão sobre diversos temas baseados na edificação, tais como elementos arquitetônicos, estruturais, instalações, entre outros.

Figura 20 - Museu do Vaqueiro / Morada Nova - CE.

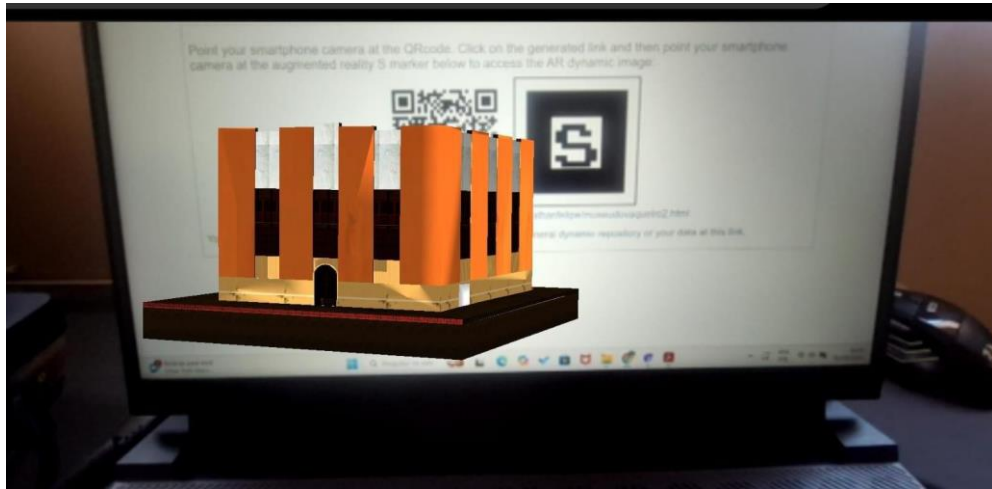


Fonte: Guia das Artes (2024)<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> Disponível em: <https://www.guiadasartes.com.br/ceara/morada-nova/museu-do-vaqueiro>. Acesso: 2 em set. 2025.

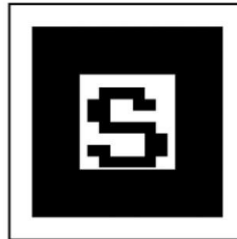
Figura 21 - Modelo tridimensional em RA gerado no ambiente ItReal - Museu do Vaqueiro Morada Nova/CE.



Fonte: Autor (2025).

Figura 22 - Código QR gerado em ambiente ItReal - Museu do Vaqueiro Morada Nova/CE.

Point your smartphone camera at the QRcode. Click on the generated link and then point your smartphone camera at the augmented reality S marker below to access the AR dynamic image:



QRcode link: <https://app.sanusb.org/itreal/jonathanfelipe/museudovaqueiro2.html>

You can find glb images an sites contribution addresses accessing the general [dynamic repository](#) or your data at this [link](#).

Fonte: Autor (2025).

Ainda, Souza, Jucá e Silva Neta (2025, p. 13), complementam sobre as possibilidades de aplicação do ambiente ItReal:

[...] o produto educacional ItReal foi desenvolvido como uma ferramenta educacional simples e interdisciplinar com a finalidade de propor uma imersão introdutória em realidade aumentada em disciplinas da educação profissional e tecnológica. O diferencial desse produto educacional consiste, conforme mencionado anteriormente, em sua característica aberta, livre e na demanda diferenciada de não necessitar de instalação de aplicativos ou programas adicionais. A ferramenta em questão pode ser utilizada na educação profissional e tecnológica por jovens e adultos por meio de navegadores Web convencionais.

Ou seja, a ferramenta possui uma característica de fácil manuseio, permitindo aos alunos de engenharia manipularem objetos tridimensionais, tais como na figura 21, de um modo

intuitivo e prático, tornando acessível o ensino de projeto arquitetônico, por exemplo. Ao manipular edificações existentes, os alunos podem desenvolver um maior interesse pelo conteúdo abordado e desenvolver sua habilidade de visualização espacial, abordada em tópicos anteriores.

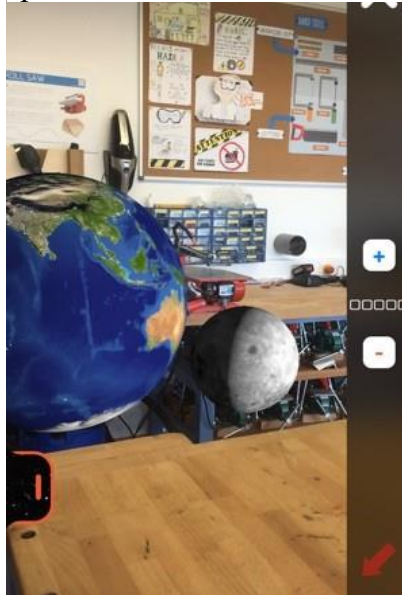
### **2.8.2 *Moon Phases AR***

O aplicativo *Moon Phases AR* utiliza representações tridimensionais do sol, da terra e da lua, por meio de imagens visuais, possibilitando aos usuários praticar a identificação das distintas fases da lua. Além disso, ele oferece uma compreensão sobre as razões pelas quais essas fases variam de acordo com a posição em relação ao sol e a terra. A experiência é complementada por um breve teste que os alunos podem realizar para avaliar sua compreensão.

Além disso, o aplicativo proporciona aos usuários uma oportunidade prática de compreender as distâncias entre os corpos celestes e seus tamanhos relativos. Este *software* oferece duas modalidades de uso: uma opção interna, adequada para ambientes de sala de aula, e uma opção externa, permitindo a participação além das fronteiras de uma sala de aula. A atividade a ser escolhida varia conforme o conteúdo que os indivíduos desejam explorar.

A inclusão de recursos gratuitos para professores, com o propósito de apoiar os alunos durante o uso do aplicativo, é inestimável e pode ser personalizada de acordo com as necessidades do usuário. A seguir, na figura 23, uma imagem do referido *software*, apresentando a possibilidade de interação do mundo real com representações tridimensionais dos corpos celestes.

Figura 23 - Interface do aplicativo Moon Phases AR.



Fonte: Apple Store (2023)<sup>11</sup>.

### 2.8.3 AR Sketchwalk

O software representa uma ferramenta de RA concebida para arquitetos e designers, permitindo que eles explorem seus esboços de uma maneira imersiva. Através do uso de um *iPad*, é possível posicionar o esboço no contexto do local do projeto, seja o terreno real ou o espaço planejado, e depois caminhar através dele, inclusive subindo pelas paredes, para obter uma compreensão mais precisa dos espaços futuros. Isso transforma a apresentação de projetos em uma experiência muito mais interativa e clara para os clientes, permitindo-lhes visualizar de forma mais precisa como o espaço será construído. Ou seja, possui a capacidade de auxiliar profissionais e estudantes em especial das áreas das Engenharias a conceber projetos visualizados entre o digital e o real. A figura 24 indica uma das utilizações possíveis do aplicativo:

---

<sup>11</sup> Utilização da plataforma Spatial.

Figura 24 - Utilização do AR Sketchwalk para Engenharias.



Fonte: Archdaily (2023)<sup>12</sup>.

#### 2.8.4 *Augment*

O *Augment* é um aplicativo de RA que tem ganhado destaque em diversos setores, proporcionando aos usuários uma experiência única e valiosa. Este aplicativo permite que os usuários visualizem modelos 3D em tempo real e na escala correta, inserindo objetos virtuais em seu ambiente físico através da câmera de seus dispositivos móveis, como *smartphones* e *tablets*.

A principal característica distintiva do *Augment* é a sua capacidade de transformar plantas e desenhos em modelos 3D interativos e holográficos. Isso é extremamente útil em setores como design de produtos, arquitetura, construção, e até mesmo varejo. Os designers de produtos, por exemplo, podem criar protótipos virtuais de produtos e visualizá-los em tamanho real no contexto do mundo real. Isso ajuda a acelerar o processo de design e economizar tempo e recursos que seriam gastos na criação de protótipos físicos.

Outro benefício significativo do *Augment* é a redução dos custos de prototipagem e produção. A capacidade de criar protótipos virtuais e experimentar diferentes designs antes de investir em protótipos físicos caros é um grande avanço para muitos setores. Isso ajuda as empresas a utilizarem menos tempo e recursos, tornando o processo de desenvolvimento de produtos mais eficiente. No âmbito das Engenharias, o *software* assume capacidade de projetar

---

<sup>12</sup> Disponível em:  
<https://www.archdaily.com.br/br/913067/morpholio-ar-sketchwalk-a-mais-nova-ferramenta-imersiva-de-realidade-aumentada-para-arquitetos>. Acesso em: 19 jul. 2025.

imagens tridimensionais relacionadas às áreas, trazendo maior dinamicidade às aulas. A figura 25 apresenta um modelo de utilização do *software*:

Figura 25 - Utilização do Augment.



Fonte: Archdaily (2023)<sup>13</sup>.

#### 2.8.5 GAMMA AR

O GAMMA AR é um aplicativo desenvolvido para gerenciar eficazmente projetos de construção em canteiros de obras. Faz uso da tecnologia de RA para superpor modelos de Construção e Gestão de Informação (BIM) diretamente nos locais de construção, utilizando dispositivos móveis como smartphones ou tablets.

Com ele, uma variedade de profissionais envolvidos em um projeto de construção, como gerentes de obra, gerentes de instalações e trabalhadores, têm a capacidade de navegar pelo canteiro de obras e comparar a realidade física com as informações de planejamento contidas nos modelos BIM.

Ainda, este aplicativo oferece a vantagem de visualizar os modelos 3D BIM tanto antes como durante o processo de construção, proporcionando uma compreensão mais profunda do planejamento e, ao mesmo tempo, evitando erros e reduzindo os custos associados à construção. Isso permite que os gerentes e planejadores de diferentes disciplinas, como engenharia mecânica, elétrica, arquitetura, entre outras, colaborem diretamente no local do projeto, identificando potenciais conflitos e ambiguidades antes que se tornem problemas reais.

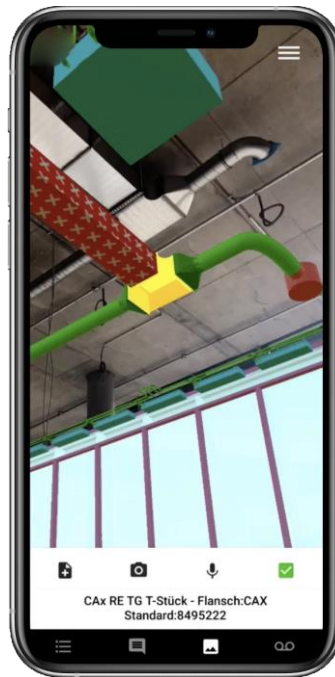
O software oferece, ainda, a funcionalidade de detecção de erros diretamente no modelo BIM, permitindo a realização de ajustes no planejamento, a prevenção de erros e uma

---

<sup>13</sup> Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/914441/8-tecnologias-de-realidade-aumentada-para-construcao>. Acesso em: 14 ago. 2025.

monitorização abrangente do progresso da construção. Isso contribui para a melhoria da eficiência e a redução de custos ao longo do ciclo de vida do projeto. A figura 26 indica um exemplo de utilização do programa para visualização de instalações hidrossanitárias:

Figura 26 - Utilização do GAMMA AR.



Fonte: GAMMA AR (2023)<sup>14</sup>.

### 2.8.6 Augin

O Augin é uma plataforma de RA voltada para o setor de construção civil. Ela oferece fluxos automáticos, possibilitados por meio de plugins, que permitem o envio de arquivos de imagem em 3D, proporcionando a visualização de modelos em escala real no ambiente físico. Projetos podem ser carregados para o aplicativo por meio do site ou dos próprios plugins. Além disso, para auxiliar os usuários, tutoriais estão disponíveis no canal do Augin no *YouTube*®.

Além disso, é uma ferramenta acessível a qualquer profissional que deseje incorporar a RA em seus projetos. O aplicativo é disponibilizado gratuitamente e pode ser baixado na *Google Play Store* e na *App Store*, tornando-o amplamente acessível a todos os interessados em aproveitar os benefícios da RA em seus trabalhos na construção civil.

Para o acesso à RA, o *software* disponibiliza um marcador próprio, que, ao ser apontado

---

<sup>14</sup> Disponível em: <https://gamma-ar.com/gamma-ar/?lang=pt-br>. Acesso em: 14 ago. 2025.

pela câmera do smartphone, projeta a imagem interativa e tridimensional dos objetos. Possui capacidade para grandes modelos, como edificações, assumindo, ainda, uma facilidade de utilização de sua interface. A figura 27 indica um exemplo de potencialidade do programa:

Figura 27 - Utilização do aplicativo Augin para construção civil.



Fonte: Augin (2023)<sup>15</sup>.

### 2.8.7 VR Space

O VR Space oferece uma oportunidade interativa para explorar o cosmos de uma forma totalmente imersiva. Além disso, representa uma aplicação de RV projetada para permitir que os usuários explorem o espaço sideral de forma envolvente e educativa. Esta aplicação oferece uma variedade de recursos e funcionalidades que podem incluir<sup>16</sup>:

- a) exploração espacial: os usuários podem viajar virtualmente pelo espaço, visitando planetas, luas, asteroides, estrelas e outros corpos celestes. Eles podem explorar paisagens cósmicas, observar fenômenos astronômicos e obter uma visão única do universo;
- b) simulações astronômicas: o *VR Space* pode fornecer simulações precisas de movimentos planetários, eclipses, fases lunares e outros eventos astronômicos. Isso é particularmente útil para estudantes e entusiastas da astronomia;
- c) observação de estrelas e constelações: os usuários podem apontar seu olhar para o

<sup>15</sup> Disponível em: <https://augin.app/hub/>. Acesso em: 19 jul. 2025.

<sup>16</sup> Disponível em: [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.bce.VR&hl=pt\\_BR](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.bce.VR&hl=pt_BR). Acesso em: 4 ago.2025

céu estrelado virtual e identificar estrelas, constelações e outros objetos celestes.

Esta é uma ótima ferramenta para aprender mais sobre a observação de estrelas;

- d) educação espacial: *VR Space* pode ser usado como uma ferramenta educativa, fornecendo informações detalhadas sobre os corpos celestes, histórias sobre a exploração espacial e lições interativas sobre astronomia e ciências espaciais;
- e) viagens espaciais fantasiosas: pode oferecer a experiência de viajar pelo espaço de maneira imaginativa, como visitar sistemas solares fictícios, participar de aventuras espaciais ou explorar cenários de ficção científica;
- f) entretenimento: além de aspectos educativos, o *software* também pode ser usado para proporcionar experiências de entretenimento, como jogos, simuladores de astronautas ou aventuras espaciais interativas.

Ou seja, com o *software* auxiliado por um óculos específico como o *Google Cardboard* (figura 28), é possível visualizar de uma forma mais imersiva os elementos do espaço. A figura 29 indica a tela de apresentação do sistema.

Figura 28 - Google Cardboard.



Fonte: Tecmundo (2015)<sup>17</sup>.

---

<sup>17</sup> Disponível em:  
<https://www.tecmundo.com.br/google-cardboard/91702-veja-11-games-perfeitos-jogar-cardboard-o-oculos-vr-aceessivel.htm>. Acesso em: 15 ago. 2025.

Figura 29 - Interface do VR Space.



Fonte: *Google Play Store* (2023)<sup>18</sup>.

### 2.8.8 *Google Arts & Culture*

O *Google Arts & Culture*<sup>19</sup> é uma plataforma digital criada pela empresa *Google*® que visa promover e democratizar o acesso à arte, à cultura e ao patrimônio cultural em todo o mundo. A plataforma oferece uma ampla variedade de recursos e ferramentas para que os usuários explorem, aprendam e interajam com obras de arte, museus, histórias culturais e muito mais. Seguem alguns aspectos-chave do programa:

- a) coleções de museus e instituições: a plataforma oferece acesso virtual a uma vasta coleção de museus, galerias e instituições culturais em todo o mundo. Isso permite que os usuários visualizem obras de arte, artefatos históricos e exposições de museus sem sair de casa;
- b) experiências em RA: O *Google Arts & Culture* oferece experiências imersivas em RA e RV que permitem aos usuários explorar obras de arte e objetos culturais de maneira interativa e envolvente;
- c) histórias culturais: apresenta histórias culturais detalhadas sobre uma ampla gama de tópicos, incluindo artistas, movimentos artísticos, eventos históricos e muito mais. Essas narrativas enriquecem a compreensão da cultura e da história;

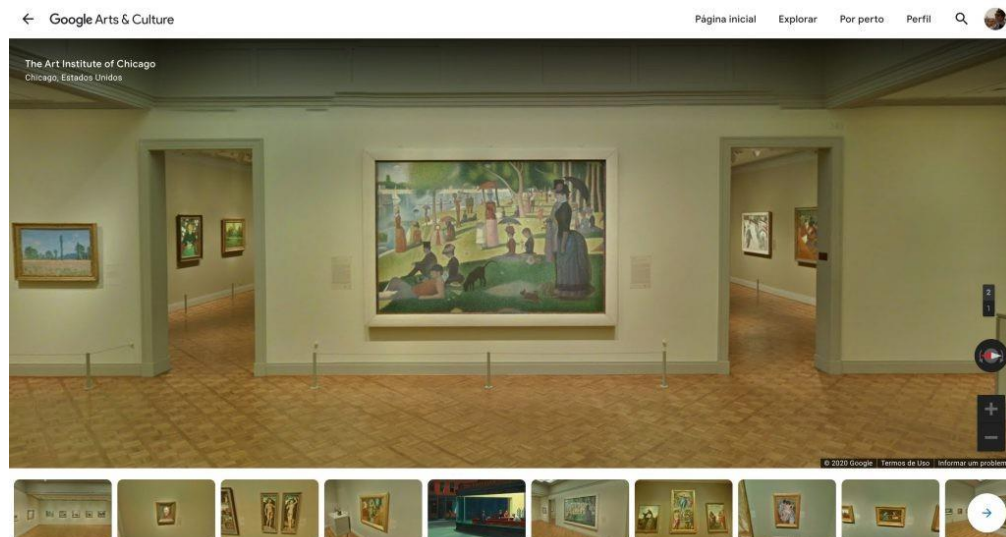
<sup>18</sup> Disponível em: [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.bce.VR&hl=pt\\_BR&gl=US](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.bce.VR&hl=pt_BR&gl=US). Acesso em: 15 ago. 2025.

<sup>19</sup> Disponível em: <https://artsandculture.google.com/>. Acesso em: 15 ago. 2025.

- d) recursos educacionais: o *Google Arts & Culture* é uma ferramenta valiosa para educadores e estudantes. Ele fornece recursos educacionais, visitas virtuais a museus e a capacidade de criar coleções pessoais de obras de arte para fins educacionais;
- e) ferramentas de pesquisa: inclui ferramentas de pesquisa poderosas que permitem aos usuários explorar a coleção de arte e cultura com base em critérios específicos, como período de tempo, artista, gênero e muito mais;
- f) projetos especiais: colabora com museus e instituições em todo o mundo para criar projetos especiais e exposições online. Isso inclui iniciativas como a digitalização de obras de arte em alta resolução e a documentação de locais culturais e históricos;
- g) acesso gratuito: uma das maiores vantagens do *Google Arts & Culture* é que a maioria de seus recursos e conteúdos é gratuita e de acesso aberto a qualquer pessoa com uma conexão à Internet.

Na figura 30, é apresentado um exemplo da interface do referido sistema:

Figura 30 - Google Arts & Culture com utilização por RV.



Fonte: Arte que Acontece (2020)<sup>20</sup>.

### 2.8.9 Unreal Engine

<sup>20</sup> Disponível em: <https://www.artequaeacontece.com.br/do-sofa-de-casa-10-museus-para-visitar-via-google-arts-culture/>. Acesso em: 15 ago. 2025.

O *Unreal Engine* é o nome de uma tecnologia desenvolvida pela empresa *Epic Games*®<sup>21</sup>, que tem como principal função a geração de gráficos para jogos eletrônicos. Tecnicamente, ele é conhecido como um "motor de jogo", mas, em termos mais simples, pode ser entendido como o núcleo fundamental de um jogo. Este motor não apenas cria os elementos visuais, mas também oferece capacidades de simulação de física, cálculos de programação e outros recursos essenciais para a criação de jogos.

O *Unreal Engine*® é apenas um dos vários motores gráficos disponíveis para a realidade virtual, mas destaca-se por sua popularidade e acessibilidade, bem como pelo sucesso em jogos renomados e altamente avaliados. É amplamente utilizado na indústria de jogos devido à sua capacidade de proporcionar experiências visuais excepcionais e é apreciado tanto por desenvolvedores quanto por jogadores. A figura 31 indica a interface do referido *software*:

Figura 31 - Interface do Unreal Engine.



Fonte: Techtudo (2020)<sup>22</sup>.

### 2.8.10 SketchUp Viewer

O *SketchUp Viewer* é um aplicativo desenvolvido pela Trimble Inc.® que permite aos usuários visualizar, explorar e interagir com modelos 3D criados no software de modelagem

<sup>21</sup> Obtido em: <https://www.unrealengine.com/pt-BR>. Acesso em: 15 ago. 2025.

<sup>22</sup> Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/noticias/2020/07/o-que-e-unreal-engine-entenda-tecnologia-de-graficos-de-jogos-e-consoles.ghtml>. Acesso em: 15 ago. 2025.

3D SketchUp. Esse aplicativo está disponível para várias plataformas, incluindo dispositivos móveis (iOS e *Android*) e computadores desktop (*Windows* e *Mac*), tornando-o flexível e acessível para uma ampla variedade de usuários.

Os principais recursos e benefícios do *SketchUp Viewer* são<sup>23</sup>:

- a) visualização imersiva: com o *SketchUp Viewer*, os usuários podem visualizar modelos 3D em uma experiência imersiva. Isso permite que os projetos e *designs* sejam visualizados de uma forma mais realista, facilitando a compreensão do espaço e da forma;
- b) interatividade: o aplicativo permite que os usuários interajam com os modelos 3D. Isso inclui a capacidade de navegar pelo modelo, fazer zoom, girar e ocultar ou mostrar componentes específicos, o que é útil para explorar os detalhes de um projeto;
- c) colaboração: o *SketchUp Viewer* suporta a colaboração em tempo real. Vários usuários podem se conectar e visualizar um modelo simultaneamente, tornando-o ideal para equipes de projeto que precisam discutir e revisar designs;
- d) compatibilidade: é compatível com modelos criados no *SketchUp*, bem como com modelos de outros programas de modelagem 3D. Isso permite que os usuários visualizem e compartilhem projetos independentemente da plataforma de modelagem que foi utilizada;
- e) medições e anotações: os usuários podem realizar medições dentro do aplicativo, o que é útil para verificar dimensões e tamanhos de objetos em modelos 3D. Além disso, é possível adicionar anotações e comentários aos modelos para fins de documentação e colaboração;
- f) aplicação em vários setores: o *SketchUp Viewer* é utilizado em uma variedade de setores, incluindo arquitetura, engenharia, construção, design de interiores, paisagismo e muito mais. Ele é valioso para visualização de projetos e apresentação a clientes;
- g) disponibilidade multiplataforma: o aplicativo está disponível em dispositivos móveis, como *smartphones* e *tablets*, bem como em computadores desktop, o que proporciona flexibilidade aos usuários em termos de onde e como eles desejam

---

<sup>23</sup> Obtido em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.trimble.buildings.sketchup&hl=pt&gl=US>. Acesso em: 15 ago. 2025.

visualizar seus modelos 3D.

Logo, o *software* auxilia desenvolvimentos de cenários em RV com foco em modelagem tridimensional e *design*. Na figura 32, um exemplo de aplicação do programa:

Figura 32 - Utilização do SketchUp Viewer para engenharia.



Fonte: Archdaily (2016)<sup>24</sup>.

### 2.8.11 Unity

O *Unity* é uma plataforma de desenvolvimento de jogos e aplicativos que é amplamente utilizada na indústria de tecnologia. É conhecido por sua versatilidade e capacidade de criar uma ampla variedade de experiências interativas, desde jogos para dispositivos móveis até simulações complexas e aplicativos de realidade virtual (RV) e também RA. O *software* possui algumas características, segundo o sítio da *Unity*<sup>25</sup>:

- a) desenvolvimento multiplataforma: permite que os desenvolvedores criem jogos e aplicativos para diversas plataformas, incluindo iOS, Android, Windows, Mac, consoles de jogos, navegadores da web e dispositivos de RV e RA. Isso significa que os desenvolvedores podem alcançar um público amplo com um único código-base;
- b) gráficos 2D e 3D: suporta tanto gráficos 2D quanto 3D, tornando-o uma escolha

---

<sup>24</sup> Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/799822/sketchup-viewer-permite-manipular-modelos-3d-sob-a-forma-de-holo-gramas-no-mundo-real>. Acesso em: 16 ago. 2025.

<sup>25</sup> Disponível em: <https://unity.com/pt>. Acesso em: 16 ago. 2025.

versátil para diferentes tipos de projetos. Ele oferece ferramentas avançadas para modelagem, animação e renderização;

- c) desenvolvimento visual: oferece um ambiente de desenvolvimento visual, permitindo que os desenvolvedores criem, editem e organizem elementos do jogo com facilidade. Isso é especialmente útil para designers e artistas;
- d) loja de ativos: o *Unity Asset Store*® é uma vasta coleção de ativos, como modelos 3D, texturas, scripts e plugins, que os desenvolvedores podem usar para acelerar o desenvolvimento de seus projetos;
- e) física e simulação: inclui um motor de física robusto que permite a simulação de movimentos e interações realistas em jogos e aplicativos. Isso é fundamental para experiências de RV e RA, onde a física realista é importante;
- f) RA e RV: oferece suporte nativo para o desenvolvimento de aplicativos de RV e RA, o que o torna uma escolha popular para a criação de experiências imersivas em 3D;
- g) comunidade ativa: possui uma grande comunidade de desenvolvedores que compartilham conhecimento, tutoriais e recursos. Isso facilita a resolução de problemas e o aprendizado;
- h) licença gratuita: oferece uma versão gratuita que é acessível a desenvolvedores independentes e pequenas equipes. Além disso, oferece planos de assinatura para empresas com recursos adicionais;
- i) jogos de sucesso: muitos jogos populares, incluindo títulos indie de sucesso e jogos de grande orçamento, foram criados com o *Unity*. Ele é usado em diversos gêneros, desde jogos de ação até quebra-cabeças e jogos de simulação.

Assim, o *software* é uma ferramenta que atende a uma ampla gama de necessidades de desenvolvimento, desde entretenimento até simulações e treinamento. Na figura 33 está apresentado um exemplo de desenvolvimento de jogo por meio da plataforma:

Figura 33 - Modelagem de jogo através do Unity.



Fonte: Unity (2021)<sup>26</sup>.

## 2.9 O estado da arte sobre VAR-Learning

O ensino auxiliado por tecnologias imersivas representa uma mudança de paradigma na educação, ao integrar tecnologias e metodologias que colocam o aluno no centro da experiência de aprendizagem. Diferente das abordagens tradicionais, esse modelo cria ambientes realistas, interativos e envolventes, nos quais o estudante participa ativamente do processo de construção do conhecimento. Por meio de recursos como Realidade Virtual (RV), Realidade Aumentada (RA) e Realidade Mista (RM), é possível simular situações complexas, promover o domínio de tarefas autênticas e estimular a aprendizagem situada em contextos semelhantes aos do mundo real. Essa imersão favorece a motivação, o engajamento e o desenvolvimento de competências críticas, oferecendo uma forma inovadora de ensinar e aprender.

Os autores Dede, Jacobson e Richards (2017) aprofundam a análise sobre a utilização de mídias imersivas no campo educacional. Quando se trata da RA e RV, os autores afirmam que, apesar de essas tecnologias terem indícios entre as décadas de 60 e 70, as aplicações educacionais dessas são desiguais, apesar de serem notadamente promissoras em sala de aula, como são promissoras em treinamentos, jogos digitais entre outras utilizações.

Além disso, os autores apontam que as experiências de aprendizagem concebidas para

---

<sup>26</sup> Disponível em: <https://unity.com/pt/solutions/artist-designers>. Acesso em: 23 set. 2025.

ensinar os conhecimentos complexos e competências sofisticadas baseiam-se frequentemente em teorias de aprendizagem “social-construtivistas guiadas”. Nesta abordagem, a aprendizagem envolve o domínio de tarefas autênticas em situações realistas e pessoalmente relevantes. O significado é imposto pelo indivíduo, em vez de existir no mundo de forma independente, por isso as pessoas constroem novos conhecimentos e compreensões com base naquilo que já sabem e acreditam o que é moldado pelo seu nível de desenvolvimento, pelas suas experiências anteriores e pelo seu contexto e contexto sociocultural (Palincsar, 1998, tradução própria).

Seguindo nessa lógica, há três tipos de interfaces imersivas que fundamentam um número crescente de interfaces formais e experiências de aprendizagem informal:

As interfaces de Realidade Virtual (RV) proporcionam imersão sensorial, concentrando-se atualmente em estímulos visuais e sonoros com algumas interfaces táteis (toque). O participante pode virar-se e mover-se como faz no mundo real, e o cenário digital responde para manter a ilusão da presença do próprio corpo num cenário simulado.

As interfaces de Ambiente Virtual Multiusuário (MUVE) oferecem aos alunos uma experiência envolvente de Alice no País das Maravilhas, indo “através da tela” para um cenário simulado no qual seus avatares digitais transmitem imersão psicológica em um contexto gráfico e virtual. O participante representado pelo avatar sente uma presença remota dentro do ambiente virtual: o equivalente a mergulhar em vez de andar em um barco com fundo de vidro.

As interfaces de Realidade Mista (RM) combinam ambientes reais e virtuais de diversas maneiras, para permitir a imersão psicológica em um ambiente que combina fenômenos físicos e digitais. Por exemplo, uma experiência de realidade aumentada (RA) ao ar livre usando dispositivos móveis pode sobrepor informações, simulações e vídeos em uma visão de fenômenos naturais através da lente da câmera (Dunleavy; Dede, 2013, tradução própria).

Além disso, Dunleavy e Dede (2013) afirmam que a presença imersiva (mediada e simulada) possui a capacidade de potencializar a motivação e o aprendizado dos alunos, sendo a imersão psicológica devidamente alcançável por diversos meios e estratégias. Quando se trata da RV, é preciso que haja uma imersão completa para facilitar a interação e, conseqüentemente, o aprendizado. Segundo Wenger (1998), a aprendizagem situada requer contextos, atividades e avaliação autênticos, juntamente com orientação de modelagem especializada, mentoria e “participação periférica legítima”.

Para Dunleavy e Dede (2013), a aprendizagem “situada” ocorre no mesmo contexto ou num contexto semelhante àquele em que é posteriormente aplicada, e o próprio ambiente promove competências tácitas através da experiência e da modelização. Por exemplo, num internato médico, tanto a configuração como as atividades coordenadas da equipe em um centro cirúrgico hospitalar proporcionam conhecimento incorporado. Este é um termo bastante

importante para esta pesquisa, uma vez que se firma em uma abordagem Construtivista em torno de um sistema gerenciado dentro do qual os alunos constroem sua própria experiência de aprendizagem.

Ainda segundo Dede, Jacobson e Richards (2017), a aprendizagem situada raramente é usada na instrução formal pelo desafio em desenvolver uma aprendizagem tácita e relativamente não estruturada em ambientes complexos do mundo real. No entanto, as experiências RV, MUVE e RM podem aproveitar o poder da aprendizagem situada, criando experiências imersivas e ampliadas com problemas e contextos semelhantes ao mundo real.

Conforme os autores ainda, outro atributo que torna a aprendizagem imersiva diferente e potencialmente mais poderosa do que a aprendizagem no mundo real é a capacidade de criar interações e atividades na experiência mediada que não são possíveis no mundo real. Estas incluem, por exemplo, teletransportar-se dentro de um ambiente virtual, permitir que uma pessoa distante veja uma imagem em tempo real do seu ambiente local ou interagir com um derramamento químico (simulado) num ambiente público movimentado. Assim, pode-se afirmar que há grandes possibilidades de êxito quando se inserem recursos tecnológicos imersivos no processo de ensino.

Outro autor relevante e que pesquisa transpassa o tema é Thomas Kuhn. Em sua obra "A Estrutura das Revoluções Científicas" publicada no ano de 1962, é desenvolvido o conceito de "paradigma" para descrever as estruturas fundamentais de pensamento e prática que guiam uma comunidade científica em um determinado momento. Embora o autor tenha se concentrado principalmente na história e filosofia da Ciência, suas ideias podem ser aplicadas de forma direta ao campo da aprendizagem por meio de RA e RV, uma vez que a RA e a RV possuem a capacidade de interação com o ambiente digital.

Há, portanto, uma mudança de paradigma na forma de concepção do processo educacional, uma vez que, durante o período de transição entre paradigmas, ocorre um conflito entre a velha e a nova maneira de pensar. Da mesma forma, a introdução da RA e RV no processo de ensino pode gerar certa resistência por parte de educadores e instituições que estão habituados com métodos de ensino essencialmente tradicionais.

Portanto, assim como Kuhn descreve a transição de um paradigma científico para outro, a introdução da RA e RV no âmbito do Ensino pode representar uma mudança significativa na forma como os educadores concebem e entregam o conteúdo educacional. Isso pode envolver a mudança de métodos tradicionais de ensino para abordagens mais imersivas e interativas. Além disso, em sua obra, o autor sugere que o progresso científico ocorre não apenas pela

acumulação gradual de conhecimento, mas também por meio de mudanças de paradigma. Da mesma forma, a introdução da RA e RV na educação pode representar um avanço notável na forma como os alunos aprendem e interagem com o conteúdo educacional.

Em outra linha de pensamento, Karl Popper, em sua obra "Conjecturas e Refutações: O Desenvolvimento do Conhecimento Científico" apresenta a teoria da falsificabilidade, que sugere que as teorias científicas devem ser testadas e potencialmente refutadas por meio de experimentação, ou seja: "A falsificabilidade, critério capaz de determinar sob que condições e circunstâncias devemos abandonar uma teoria, se estriba no pressuposto que sempre nos será possível obter melhores teorias das cinzas das que entraram em conflito com a experiência" (Oliva, 1995, p. 23).

Popper, em sua obra, evidenciava o papel ativo dos cientistas na construção do conhecimento por meio da formulação de hipóteses e testes. Da mesma forma, a RA e RV podem proporcionar uma experiência de aprendizagem ativa, na qual os alunos são incentivados a explorar, experimentar e construir seu próprio entendimento do mundo ao seu redor.

Além disso, embora Popper tenha sido crítico em relação ao método indutivo e à ideia de progresso linear na Ciência, suas ideias sobre a importância da mudança de paradigma e da revisão constante das teorias são relevantes para a inovação na aprendizagem por meio da utilização da RA e RV. Tais tecnologias podem desafiar paradigmas educacionais existentes e abrir novas possibilidades para abordagens de ensino e aprendizagem.

Ainda, observando a referida obra de Popper, pode-se afirmar que:

A cada instante, novas conjecturas são formuladas para problemas talvez novos, talvez velhos. Nossas novas conjecturas são formuladas baseadas na crítica às conjecturas já existentes. Continuamente, novos experimentos são planejados, na intenção de testá-las e destruí-las. Esse processo é infinito e deverá acontecer indefinidamente, porque infinita é a ignorância do ser humano e é premente a força da necessidade de solução dos problemas. A solução de alguns problemas coloca-nos diante de uma nova situação, que implica em novos problemas, crescendo sempre em profundidade, exigindo, assim, que nossas soluções se tornem mais sugestivas e ousadas (Peluso, 1995, p. 116).

Ou seja, enfatiza-se a abordagem proposta por Popper para o avanço do conhecimento, onde constantemente formulam-se conjecturas para resolver problemas, as quais são criticadas e testadas por meio de experimentação, sendo um processo infinito, devido à atual limitação de conhecimento e à constante emergência de novos problemas. A solução de alguns problemas leva à criação de outros, exigindo soluções mais criativas e ousadas.

Assim como na metodologia proposta por Popper, os alunos podem formular

conjecturas para resolver problemas e questões educacionais em um ambiente virtual e aumentado. Eles têm a oportunidade de testar suas ideias por meio de simulações, experimentos e interações imersivas, permitindo que revisem e ajustem suas compreensões à medida que avançam. Além disso, a natureza dinâmica da RA e RV oferece um espaço onde os alunos podem enfrentar novos desafios e situações inesperadas, exigindo criatividade e ousadia em suas soluções educacionais. Assim, o uso dessas tecnologias pode promover uma abordagem ativa e experimental na educação, impulsionando o progresso do conhecimento e a resolução de problemas de maneira contínua e eficaz.

Embora a literatura nacional e internacional apresente avanços significativos no uso de tecnologias imersivas aplicadas ao ensino de Engenharias, observa-se que o campo ainda carece de consolidação teórica e metodológica. Diversos estudos destacam efeitos positivos relacionados ao engajamento, à visualização espacial e ao desenvolvimento de competências específicas, porém esses resultados são frequentemente limitados por condições experimentais que dificultam generalizações. É comum que as investigações apresentem amostras reduzidas, intervenções de curta duração ou alinhamento parcial com objetivos curriculares, o que restringe a força dos achados e impede a consolidação de conclusões mais robustas.

Um aspecto relevante refere-se ao número insuficiente de estudos longitudinais que avaliem a efetividade de experiências imersivas em médio e longo prazo. Apesar dos indicadores positivos observados em atividades pontuais, ainda é insatisfatório o número de pesquisas que investigam a permanência desses efeitos ao longo da formação ou sua transferência para contextos reais de prática profissional. Tal lacuna indica que muitos estudos permanecem restritos ao nível exploratório, sem estabelecer relações claras entre experiências imersivas e o desenvolvimento sustentável de competências próprias da engenharia.

Também se verificam contradições significativas entre as condições de pesquisa descritas em estudos internacionais e os cenários encontrados em instituições brasileiras. Trabalhos conduzidos em laboratórios equipados com headsets avançados e infraestrutura de rede estável não refletem a realidade de muitas universidades públicas no Brasil, que enfrentam limitações de acesso, manutenção e suporte técnico. Essa diferença reduz a capacidade de replicação dos experimentos e evidencia que a efetividade das tecnologias imersivas pode estar condicionada a fatores estruturais nem sempre disponíveis. No contexto nacional, observa-se ainda número reduzido de estudos que abordem criticamente essas limitações, prevalecendo análises que tratam a adoção tecnológica como solução automática para desafios educacionais complexos.

Por fim, constatou-se um consenso insatisfatório sobre modelos sistemáticos de integração curricular das tecnologias imersivas. Embora existam propostas metodológicas promissoras, como aprendizagem baseada em projetos, simulações industriais e ambientes colaborativos virtuais, ainda não há um quadro teórico amplamente aceito que articule tecnologias imersivas, metodologias ativas e objetivos formativos específicos das Engenharias. Essa lacuna reforça a necessidade de investigações que avancem na construção de modelos estruturados, a exemplo da proposta *VAR-Learning* apresentada nesta tese, capazes de conectar princípios pedagógicos, evidências empíricas e potencialidades tecnológicas de forma integrada e replicável.

A partir desta reflexão, torna-se possível consolidar o conceito de *VAR-Learning* (*Virtual and Augmented Reality Learning*) como uma proposta de ensino que se fundamenta na imersão proporcionada pelas tecnologias de realidade virtual e realidade aumentada. Enquanto o ensino imersivo, abordado com mais detalhes neste trabalho, apresenta uma visão ampla de experiências que envolvem o aprendiz em contextos autênticos e interativos, o *VAR-Learning* direciona esse potencial especificamente para a construção de ambientes digitais que enriquecem o processo educacional.

Nesse sentido, o conceito que se apresenta busca sistematizar a utilização integrada de RV e RA como metodologia pedagógica estruturada, capaz de oferecer experiências personalizadas, estimular a aprendizagem situada e promover maior engajamento, criatividade e pensamento crítico, superando as limitações dos métodos tradicionais de ensino.

Ao realizar uma revisão bibliográfica em publicações entre 2016 e 2025 nos bancos de dados *Google Acadêmico*, *ASCE Library*, *Scopus*, *Engineering Village* e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), com o objetivo de verificar produções relacionadas ao termo *VAR-Learning*, Lee *et al.* (2022) destacam que ambientes de aprendizagem baseados em RA e RV promovem uma experiência imersiva e interativa que incentiva a participação ativa dos estudantes, o que contribui para o desenvolvimento da autoeficácia e melhoria do desempenho acadêmico, especialmente em cursos de engenharia e áreas STEM. A metodologia favorece, ainda, o aprendizado colaborativo e hands-on, permitindo que os estudantes explorem conteúdos complexos de forma mais concreta e socialmente integrada, apesar dos desafios relacionados ao tamanho da amostra e ao desenho experimental serem apontados para futuras melhorias.

Segundo análise final dos autores, o ambiente de aprendizagem em realidade virtual e aumentada, denominado como VAR (*Virtual and Augmented Reality*), estrutura-se a partir de

dois elementos fundamentais: a imersão e a interação, que possibilitam ao estudante sentir-se presente no espaço virtual e agir como se os objetos fossem reais. Essa condição confere ao VAR uma importante relevância pedagógica, pois potencializa experiências que extrapolam os limites do ensino convencional. A adoção desta tecnologia encontra respaldo em teorias educacionais, como o construtivismo, uma vez que “Os estudantes são requeridos a participar ativamente e assumir a responsabilidade pela própria aprendizagem, enquanto os professores assumem um papel de guias” (Lee *et al.*, 2022, p. 5).

Além disso, os pesquisadores pontuam que o VAR pode ser aplicado em quatro modalidades distintas: observacional, operacional, social e acadêmica. Assim, o aluno pode explorar ambientes tridimensionais, manipular objetos virtuais para consolidar memória muscular, interagir em contextos colaborativos e realizar simulações ou visualizações em pesquisas científicas e de engenharia.

Quando se volta à aplicação da pesquisa, segundo os autores, os estudantes foram organizados em grupos de no máximo cinco membros, nos quais apenas um aluno utilizou o headset VR enquanto os demais utilizam óculos 3D para visualizar conjuntamente o conteúdo exibido na tela, o que promoveu uma interação, comunicação e colaboração entre os alunos durante as atividades de experimentos virtuais, estimulando discussões em grupo e trocas de conhecimento. Apesar de citar aplicações práticas destas ferramentas, não há uma intenção de estabelecer o termo.

Logo, pode-se conceituar o termo *Virtual and Augmented Learning (VAR-Learning)* como uma abordagem que integra tecnologias de RA e RV para aprimorar o processo de Ensino como um todo. Essa abordagem utiliza ambientes simulados ou enriquecidos digitalmente para proporcionar experiências imersivas aos alunos, permitindo que eles explorem conceitos complexos, pratiquem habilidades práticas e participem de atividades interativas. O *VAR-Learning* busca transcender as limitações do ensino tradicional ao oferecer um ambiente dinâmico e personalizado, onde os alunos podem se envolver ativamente com o conteúdo, receber *feedback* em tempo real e colaborar com colegas de forma virtual. Possui a capacidade de promover, ainda, uma aprendizagem mais significativa, estimulando a criatividade, a resolução de problemas e o pensamento crítico dos alunos, ao mesmo tempo em que amplia o acesso ao conhecimento por meio da tecnologia.

Ou seja, pode-se definir o conceito de *VAR-Learning*, basicamente, como um modelo educacional que utiliza as tecnologias de realidade virtual (RV) e realidade aumentada (RA) para criar experiências de aprendizagem imersivas, interativas e personalizadas. Este método

visa transformar a forma como o conhecimento é construído, integrando o mundo digital ao ambiente educacional tradicional para enriquecer o processo de ensino e aprendizagem.

É importante destacar que o *VAR-Learning* diferencia-se do conceito mais amplo de *E-Learning* e de *Immersive Learning*, por delimitar-se especificamente às potencialidades da RA e RV, que oferecem simultaneamente imersão, interação e manipulação de objetos digitais em contextos de ensino-aprendizagem.

*E-Learning* (*Electronic Learning* - aprendizagem eletrônica) corresponde a um modelo amplo de ensino mediado por tecnologias digitais, caracterizado pela utilização da internet e de plataformas eletrônicas como meios de acesso ao conteúdo educacional. De acordo com Rosenberg (2001), essa modalidade se estrutura em três princípios fundamentais: a conexão em rede, a disponibilização digital dos conteúdos e a adoção de estratégias que superem os formatos convencionais de ensino. Assim, o e-learning prioriza a flexibilidade, a acessibilidade e a autonomia do estudante, ao permitir que ele organize o próprio ritmo de aprendizagem em ambientes virtuais. Contudo, esse modelo tende a reproduzir metodologias transmissíveis, nas quais a interação é restrita, limitando-se muitas vezes ao acesso a conteúdos e avaliações em linha.

Já o *Immersive Learning* amplia o espectro do e-learning ao inserir experiências de aprendizagem baseadas na sensação de presença e envolvimento ativo do estudante em ambientes reais ou digitais. Segundo Mystakidis e Lympouridis (2023), trata-se de uma experiência fenomenológica que integra múltiplos recursos sensoriais e interativos, com vistas a potencializar a motivação e o engajamento dos aprendizes. Diferentemente do e-learning, que se concentra no acesso remoto ao conhecimento, o immersive learning foca na criação de situações autênticas, nas quais o estudante interage com contextos, objetos ou avatares em cenários simulados ou híbridos. Esse modelo ancora-se em teorias construtivistas e de aprendizagem situada, nas quais o conhecimento é construído pela ação do sujeito em ambientes significativos.

Por sua vez, o *VAR-Learning* constitui uma sistematização específica dentro do campo do immersive learning, ao delimitar sua aplicação às tecnologias de RA e RV. Diferencia-se do e-learning pela natureza imersiva e interativa, que transcende o foco na mediação digital de conteúdos, e distingue-se do immersive learning por direcionar a integração pedagógica de RV e RA como elementos centrais da experiência educacional.

O *VAR-Learning* possibilita que os estudantes manipulem objetos digitais, explorem cenários tridimensionais e participem de experiências colaborativas em ambientes virtuais ou

híbridos, favorecendo a aprendizagem situada, a experimentação prática e a personalização dos percursos formativos.

Nesse sentido, o *VAR-Learning* não representa apenas a aplicação de recursos tecnológicos como ferramentas complementares, uma vez que representa um modelo pedagógico que reposiciona o aluno como protagonista na construção do conhecimento; amplia as formas de mediação docente, que passa a atuar como facilitador e orientador; e favorece a aprendizagem experimental, reflexiva e criativa, ao integrar prática e teoria em um mesmo ambiente digital.

Do ponto de vista epistemológico, o conceito ancora-se em referenciais construtivistas (Jófil, 2002), no conceito de aprendizagem situada (Lave; Wenger, 1991), e na perspectiva de mudança de paradigma descrita por Kuhn (1962). Assim, ao invés de apenas reproduzir métodos tradicionais em plataformas digitais, o *VAR-Learning* propõe uma transformação paradigmática, em que a sala de aula física e o ambiente virtual deixam de ser esferas separadas para constituírem uma experiência integrada e ampliada. O quadro 2 apresenta um resumo comparativo entre estes três conceitos:

Quadro 2 - Comparação entre *E-Learning*, *Immersive Learning* e *VAR-Learning*.

(continua)

| ASPECTO             | <i>E-LEARNING</i>                                                             | <i>IMMERSIVE LEARNING</i>                                                                           | <i>VAR-LEARNING</i>                                                                                           |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>DEFINIÇÃO</b>    | Ensino eletrônico mediado por tecnologias digitais, geralmente pela internet. | Experiência de aprendizagem baseada na sensação de presença, com interação em contextos autênticos. | Abordagem específica que integra realidade virtual e realidade aumentada em processos de ensino-aprendizagem. |
| <b>BASE TEÓRICA</b> | Educação a distância, ensino mediado por TIC.                                 | Teorias construtivistas e aprendizagem situada.                                                     | Construtivismo, aprendizagem situada e paradigma da imersão digital.                                          |
| <b>ÊNFASE</b>       | Flexibilidade, acessibilidade e autonomia no acesso ao conteúdo.              | Motivação, engajamento e participação ativa do estudante.                                           | Imersão, interação, colaboração e experimentação prática em ambientes virtuais e aumentados.                  |

Quadro 2 - Comparação entre *E-Learning*, *Immersive Learning* e *VAR-Learning*.

(conclusão)

| ASPECTO                       | <i>E-LEARNING</i>                                      | <i>IMMERSIVE LEARNING</i>                                  | <i>VAR-LEARNING</i>                                                                                    |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>TECNOLOGIAS UTILIZADAS</b> | Plataformas LMS, fóruns, vídeos, materiais digitais.   | Ambientes digitais imersivos, simulações, realidade mista. | Realidade virtual (óculos/headsets) e realidade aumentada (dispositivos móveis, sobreposição digital). |
| <b>NÍVEL DE INTERAÇÃO</b>     | Baixo / moderado (dependendo da mediação docente).     | Moderado / alto (dependendo do design instrucional).       | Alto, com manipulação de objetos 3D, interação em tempo real e experiências colaborativas.             |
| <b>EXEMPLO TÍPICO</b>         | Curso online com videoaulas, quizzes, etc.             | Simulação de laboratório virtual com sensação de presença. | Treinamento em engenharia com modelos 3D em RV/RA integrados à prática acadêmica.                      |
| <b>LIMITAÇÕES</b>             | Pode reproduzir métodos tradicionais de forma passiva. | Requer design complexo e recursos tecnológicos avançados.  | Exige infraestrutura específica (headsets, dispositivos móveis) e maior custo de implementação.        |

Fonte: Autor (2025).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

No presente capítulo, serão abordados sobre os aspectos metodológicos da pesquisa, tais como caracterização e natureza, delineamento, amostra, local, coleta e análise de dados, entre outros.

#### 3.1 Caracterização e natureza da pesquisa

Em um contexto geral, a pesquisa caracteriza-se como qualitativa e quantitativa (mista). Desta forma, a pesquisa qualitativa, segundo Minayo (2014) responde questões muito específicas, e está inserida nas Ciências Sociais através de uma realidade que não pode ser quantificada.

Segundo Triviños (1987), a pesquisa qualitativa:

É conhecida também como "estudo de campo", "estudo qualitativo", "interacionismo simbólico", "perspectiva interna", "interpretativa", "etnometodologia", "ecológica", "descritiva", "observação participante", "entrevista qualitativa", "abordagem de estudo de caso", "pesquisa participante", "pesquisa fenomenológica", "pesquisa ação", "pesquisa naturalista", "entrevista em profundidade", "pesquisa qualitativa e fenomenológica", e outras [...]. Sob esses nomes, em geral, não obstante, devemos estar alertas em relação, pelo menos, a dois aspectos. Alguns desses enfoques rejeitam total ou parcialmente o ponto de vista quantitativo na pesquisa educacional; e outros denunciam, claramente, os suportes teóricos sobre os quais elaboraram seus postulados interpretativos da realidade (Triviños, 1987, p. 124).

Além disso, Bogdan (1982 *apud* Triviños, 1987, p. 128-130) também investiga a pesquisa qualitativa, onde se destaca a investigação do tipo fenomenológico e da natureza histórico-estrutural, dialética. São apresentadas cinco características:

1º) A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como fonte direta dos dados e o pesquisador como instrumento-chave; 2º) A pesquisa qualitativa é descritiva; 3º) Os pesquisadores qualitativos estão preocupados com o processo e não simplesmente com os resultados e o produto; 4º) Os pesquisadores qualitativos tendem a analisar seus dados indutivamente; 5º) O significado é a preocupação essencial na abordagem qualitativa [...] (Bogdan *apud* Triviños, 1987, p. 129).

Quanto à natureza, a pesquisa é considerada aplicada, conforme Gil (2007), pois objetiva gerar novos conhecimentos com aplicação prática no ensino de Engenharias, propondo soluções específicas para desafios didático-metodológicos. Quanto aos objetivos, o estudo é exploratório e descritivo, buscando compreender e caracterizar o uso de tecnologias imersivas (RA e RV)

no ensino e propor um conceito metodológico denominado *VAR-Learning*. Quanto aos procedimentos técnicos, trata-se de uma pesquisa bibliográfica, documental e de campo, utilizando *Design Science Research* (DSR) como metodologia estruturante.

### **3.2 Delineamento da pesquisa**

Como forma de desenvolver uma progressão metodológica abrangente para a pesquisa, adota-se a abordagem de *Design Science Research* (DSR), conforme proposto por Hevner (2004). Essa metodologia envolve a interação de três etapas principais - definição, implementação e avaliação - apoiadas por uma quarta etapa, chamada de revisão do Estado da Arte, como apresentado na figura 34.

A etapa de Estado da Arte oferece suporte às três etapas principais. Esta envolve a revisão da literatura existente para identificar o conhecimento relevante em relação ao projeto de pesquisa, garantindo, assim, a inovação do trabalho. Além disso, auxilia na escolha dos métodos e métricas de avaliação apropriadas. A etapa de definição se concentra na identificação de oportunidades e desafios em um ambiente de aplicação atual ou futuro.

A etapa de implementação sugere soluções alternativas para os problemas e desafios identificados na etapa de definição. Isso inclui a criação de protótipos conceituais e demonstrações simples, que servirão como entrada para a próxima etapa. Já a etapa de Avaliação aplica as métricas escolhidas aos resultados da etapa de implementação, a fim de avaliar o quanto essas soluções abordam efetivamente os problemas e desafios identificados na etapa de definição.

Figura 34 - Os ciclos da abordagem metodológica DSR.



Fonte: Autor (2025), adaptado de Hevner (2004).

Os ciclos da metodologia DSR são abordados da seguinte forma, de acordo com Hevner (2004):

**Ciclo de definição:** a definição do problema abordado na tese é realizada com base nas conclusões obtidas a partir da revisão bibliográfica associada ao ciclo de estado da arte. Adicionalmente, como parte do ciclo de definição, investigam-se os conceitos relacionados à RA e RV, além de conceitos como metaverso e habilidade de visualização espacial (conforme detalhado no capítulo 2).

**Ciclo de estado da arte:** a abordagem metodológica desta pesquisa será desenvolvida por meio de uma revisão bibliográfica, através de um objetivo exploratório e como pesquisa literária, onde serão identificados os conceitos e as obras relevantes relacionadas à RA e à RV, assim como publicações relacionadas ao conceito de *VAR-Learning* aplicadas ao ensino de Engenharias, a fim de construir um conceito eficaz para o processo de ensino das disciplinas relacionadas à área.

Esta pesquisa, assumindo uma abordagem qualitativa e quantitativa, assume uma maior capacidade de compreensão do problema estudado, e de indicar soluções viáveis para a realidade escolar.

Assim, a revisão dos trabalhos publicados na literatura é dividida em duas partes: fundamentação teórica e tecnológica, apresentada no capítulo 2, tem o objetivo de apresentar e discutir temas como metaverso, realidade aumentada, realidade virtual, formação e prática docente no ensino de engenharias, habilidade de visualização espacial, gamificação no ensino, entre outros.

Revisão bibliográfica com objetivo de caracterizar o problema abordado, suportar as hipóteses apresentadas e posicionar a proposta desta tese em relação aos trabalhos já publicados. Esta revisão, apresentada no capítulo 2, aborda-se sobre uma pesquisa realizada entre 2016 e 2025 nos bancos de dados Google Acadêmico, ASCE *Library*, *Scopus*, *Engineering Village* e Catálogo de Teses & Dissertações - CAPES, além de autores de referência como Tori e Hounsell (2018) com os seguintes termos: “Realidade Aumentada”, “Realidade Virtual”, “Realidade Aumentada e Virtual no Ensino de Engenharias”, “*Augmented Reality*”, “*Virtual Reality*”, “*Augmented and Virtual Reality in Engineering Education*”. Além disso, foi realizada uma revisão bibliográfica em livros de referência sobre os referidos temas. Como resultado, no apêndice B desta pesquisa, desenvolveu-se uma planilha com as principais informações sobre algumas das principais obras analisadas.

Ciclo de implementação: inclui a proposta de desenvolvimento de duas sequências didáticas (*AR-Design*, *VR-Design*, convergindo na *VAR-Design*) baseadas nas diretrizes do *VAR-Learning*.

Ciclo de avaliação: este ciclo inclui a aplicação de pesquisa diagnóstica com os docentes e discentes, além de questionário de validação da sequência didática com os docentes das disciplinas relacionadas ao projeto arquitetônico no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.

Além disso, as SDs estão baseadas nos princípios desenvolvidos nesta pesquisa para o conceito *VAR-Learning*: imersão, interação, aprendizagem situada, colaboração e personalização, que serão detalhados em seções seguintes.

### 3.3 População, amostra e critérios de seleção

A pesquisa foi aplicada em turmas de bacharelado em Engenharia Civil e Engenharia de Produção Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). A consulta ao banco de dados no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, disponível no sítio<sup>27</sup>, constata que, entre os 33 *campi* existentes no Ceará, apenas os *campi* de Fortaleza, Morada Nova, Quixadá e Juazeiro do Norte possuem cursos de bacharelado em Engenharia Civil ou engenharia de Produção Civil. Foram definidos os *campi* Fortaleza, Morada Nova e Quixadá para a aplicação da pesquisa, excetuando-se o *campus* de Juazeiro do

---

<sup>27</sup> Disponível em: <https://ifce.edu.br/>. Acesso em set 2025.

Norte devido à indisponibilidade da referida disciplina durante o desenvolvimento do trabalho.

A definição dos *campi* participantes da pesquisa levou em consideração não apenas a oferta dos cursos de Engenharia Civil e Engenharia de Produção Civil, mas também aspectos relacionados à realidade institucional e à viabilidade metodológica do estudo. Entre os 33 campi do IFCE, Fortaleza, Morada Nova e Quixadá se destacam por possuírem, simultaneamente, os cursos e as disciplinas diretamente vinculados ao ensino de Projeto Arquitetônico, que é o foco central desta investigação.

Esses três *campi* representam contextos distintos dentro da instituição: Fortaleza possui uma estrutura mais consolidada e tradicional no ensino de Engenharias; Morada Nova e Quixadá, por sua vez, integram o movimento de interiorização, apresentando características importantes para compreender como as tecnologias imersivas se comportam em cenários com diferentes níveis de infraestrutura, perfil discente e práticas didáticas. Essa diversidade contribui para ampliar a análise e possibilitar uma compreensão mais abrangente sobre a aplicabilidade do conceito *VAR-Learning*.

A escolha também considerou a disponibilidade das disciplinas no período de realização da pesquisa, bem como o interesse e a participação dos docentes responsáveis, fatores essenciais para garantir a continuidade das etapas propostas na abordagem metodológica *Design Science Research* (DSR). O campus Juazeiro do Norte, embora ofertasse curso relevante, não integrou o estudo devido à indisponibilidade da disciplina necessária no período, o que inviabilizaria sua participação sem comprometer o delineamento previsto.

Dessa forma, a seleção dos *campi* foi planejada para garantir coerência metodológica, diversidade de contextos de aplicação e possibilidade de replicação dos resultados, fortalecendo a análise sobre o uso das tecnologias imersivas no ensino de engenharias.

O quadro 3 detalha sobre os cursos em que a pesquisa foi aplicada, relacionando à disciplina:

Quadro 3 - Cursos e disciplinas definidos para aplicação da pesquisa.

| <b>CURSO</b>                                | <b>DISCIPLINA</b>                      | <b>CAMPUS</b> |
|---------------------------------------------|----------------------------------------|---------------|
| Bacharelado em Engenharia Civil             | Desenho Técnico II                     | Fortaleza     |
| Bacharelado em Engenharia Civil             | Projeto Arquitetônico II               | Morada Nova   |
| Bacharelado em Engenharia de Produção Civil | Desenho Assistido por Computador (DAC) | Quixadá       |

Fonte: O autor (2025).

Os participantes incluíram: docentes das disciplinas de projeto arquitetônico e correlatas no IFCE; e discentes matriculados nas referidas disciplinas. Com relação ao perfil dos participantes, a amostra final contou com três docentes e 41 discentes dos cursos de Engenharia Civil e Engenharia de Produção Civil do IFCE, distribuídos nos *campi* Fortaleza, Morada Nova e Quixadá. Os estudantes eram de ambos os gêneros. Todos estavam regularmente matriculados nas disciplinas selecionadas e possuíam, em sua maioria, experiência prévia limitada com ferramentas de Realidade Aumentada e Realidade Virtual, aspecto identificado nos questionários diagnósticos e relevante para compreender o impacto das Sequências Didáticas baseadas no VAR-Learning.

A escolha dessa amostra justifica-se pela necessidade de contemplar diferentes realidades institucionais, *campi* com níveis distintos de infraestrutura, culturas pedagógicas e perfis de estudantes, garantindo, assim, maior representatividade e amplitude na análise dos resultados. Além disso, os docentes participantes atuam diretamente em disciplinas relacionadas ao projeto arquitetônico, critério essencial para assegurar a pertinência das análises e a coerência metodológica da pesquisa com os objetivos estabelecidos.

Embora a pesquisa não tenha adotado grupos controle formais, tal escolha decorre da natureza aplicada do estudo e da necessidade de conduzir a intervenção diretamente nas turmas em que as disciplinas estavam sendo ofertadas. A abordagem metodológica *Design Science Research* (DSR) privilegia a experimentação em contextos reais de ensino, o que implica trabalhar com grupos intactos, característica que reduz a possibilidade de constituição de grupos paralelos equivalentes. Ainda assim, adotaram-se estratégias comparativas internas, como a análise entre respostas diagnósticas e respostas após a aplicação das sequências didáticas, permitindo observar variações de percepção e desempenho ao longo do processo formativo.

Para minimizar a auto-seleção dos participantes, estabeleceu-se como critério de inclusão o vínculo ativo e obrigatório dos estudantes às disciplinas selecionadas e consentimento formal via Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (apêndice E), o que evita que apenas alunos mais motivados ou mais familiarizados com tecnologias imersivas se voluntariassem a participar. No caso dos docentes, os critérios foram igualmente objetivos: participação restrita aos professores responsáveis pelas disciplinas de Projeto Arquitetônico nos *campi* definidos, assegurando pertinência acadêmica e evitando escolhas baseadas em afinidade ou conveniência. Além disso, todas as etapas de aplicação ocorreram em ambiente regular de aula, evitando convites externos que pudessem gerar distorções na

composição da amostra.

### 3.4 Local e contexto da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida, conforme seção anterior, em turmas de bacharelado em Engenharia Civil e Engenharia de Produção Civil na esfera da Educação Profissional e Tecnológica (EPT), nos limites do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), uma vez que estes possuem um caráter estratégico para a formação de engenheiros. O estudo foi conduzido em ambientes de sala de aula e laboratórios, com suporte de recursos computacionais e dispositivos de RA e RV, durante o período de 2024 a 2025.

A seleção das disciplinas ligadas ao projeto arquitetônico deve-se, sobretudo, às particularidades cognitivas e operacionais que elas impõem aos estudantes de Engenharia Civil e de Produção Civil. Nessas unidades curriculares, o domínio do espaço tridimensional, a interpretação de escalas e a tomada de decisões projetuais dependem de uma sólida Habilidade de Visualização Espacial (HVE), habilidade cuja ausência costuma culminar em erros de concepção, conflitos construtivos e retrabalho em obra.

As tecnologias imersivas de RA e RV, pilares do *VAR-Learning*, oferecem ambientes que combinam percepção multissensorial, interação em tempo real e *feedback* imediato, convertendo pranchas bidimensionais em modelos que podem ser manipulados, corrigidos e discutidos coletivamente. Evidências empíricas mostram que a exposição a cenários virtuais eleva significativamente o desempenho em testes de rotação mental e visualização espacial de alunos de arquitetura, *design* de interiores e engenharia, com ganhos estatisticamente relevantes na compreensão volumétrica e na precisão dimensional.

Além do apoio cognitivo, RA e RV potencializam a análise de interferências, a verificação de normas técnicas e a simulação de sequências construtivas, aspectos centrais do ensino de projeto arquitetônico e diretamente conectados às demandas da indústria 4.0. Ao permitir que estudantes “habitem” o modelo antes de sua materialização, essas tecnologias estimulam a aprendizagem situada, favorecendo processos de revisão projetual interativos, colaborativos e alinhados a metodologias ativas como o *Problem Based Learning* (PBL).

### 3.5 Procedimentos de coleta de dados

Em um primeiro momento, realizou-se uma pesquisa bibliográfica acerca da formação

e prática docentes para o ensino de Engenharias, da habilidade de visualização espacial, do metaverso e o potencial de contribuição para o ensino de Engenharias, da gamificação no ensino de Engenharias, da RA e da RV como ferramentas para o ensino de Engenharias, entre outros.

Posteriormente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre as possibilidades de utilização da RA e RV no âmbito do Ensino de Engenharias, investigando sobre alguma indicação anterior sobre o conceito de *VAR-Learning* em teses, dissertações e artigos relevantes e publicados no período entre 2016 e 2025. A revisão bibliográfica foi realizada nas bases de dados Google Acadêmico, *ASCE Library*, *Scopus*, *Engineering Village* e no Catálogo de Teses & Dissertações da CAPES. A busca utilizou os termos "Realidade Aumentada", "Realidade Virtual", "Augmented Reality", "Virtual Reality", e suas combinações aplicadas ao ensino de Engenharias. A pesquisa foi complementada pela análise de livros e autores de referência na área, como Tori e Hounsell (2018). Os dados coletados foram sistematizados em uma planilha contendo a identificação da obra, metodologia, objetivos e resultados.

Foram identificadas e debatidas, no capítulo anterior, sobre as aplicações práticas da RA e RV como ferramentas de ensino nas áreas de Engenharia Civil e engenharia de Produção Civil. Essas áreas foram evidenciadas como foco principal da pesquisa em razão da centralidade do tema de projeto arquitetônico no contexto das Engenharias.

Em seguida, direcionou-se a pesquisa para a consolidação do termo *Virtual and Augmented Reality Learning (VAR-Learning)*. Inicialmente, busca-se um estado da arte referente à utilização das tecnologias de RA e RV voltadas para o ensino das Engenharias civil e de Produção Civil, realizando um levantamento bibliográfico em produções entre os anos de 2016 a 2025 nos bancos de dados Google Acadêmico, *ASCE Library*, *Scopus*, *Engineering Village* e Catálogo de Teses & Dissertações - CAPES, além de autores de referência como Dede; Jacobson; Richards (2017) e Tori e Hounsell (2018). Ainda, para desenvolver uma base sobre o conceito, refletiu-se sobre a teoria da falsificabilidade de Popper (1982) e também sobre o paradigma indicado por Kuhn (2013), relacionando tais teorias à consolidação do conceito do *VAR-Learning*.

A fim de comprovar o conceito, foram estruturadas duas Sequências Didáticas (SDs) distintas, porém complementares, para o ensino de projeto arquitetônico nas Engenharias. A primeira, denominada *AR-Design*, é fundamentada em RA, enquanto a segunda, *VR-Design*, é centrada na RV. Prevê-se, ainda, a integração de ambas em uma abordagem unificada (*VAR-Design*). As três modalidades estão alicerçadas nos princípios desenvolvidos nesta pesquisa para o conceito *VAR-Learning*: imersão, interação, aprendizagem situada, colaboração

e personalização, que serão detalhados posteriormente.

Aplicou-se, em um primeiro momento, uma pesquisa diagnóstica com esses docentes que ministram as disciplinas relacionadas ao Projeto Arquitetônico, por meio de um questionário semiestruturado, buscando verificar a base de conhecimento acerca da própria disciplina e sobre as ferramentas de RA e RV na formação docente de cada participante.

Em seguida, foi aplicado um formulário de diagnóstico com os discentes do tipo estruturado, para obter dados sobre experiências anteriores sobre o conteúdo das disciplinas e também sobre noções de RA e RV. Posteriormente, foi aplicada aos alunos uma sequência didática baseada nos princípios do *VAR-Learning*, divididas em duas aulas de cinquenta minutos cada, em que o professor poderá verificar o nível de otimização do processo de ensino ao adotar ferramentas imersivas de RA e RV.

Após a aplicação da sequência didática com os discentes, foi aplicado um questionário final do tipo estruturado com os alunos que participaram da pesquisa, com o objetivo de coletar experiências sobre a efetividade da sequência didática. No capítulo de resultados e discussão, serão detalhados sobre os processos de aplicação e consequências da pesquisa, indicando as possibilidades de uma metodologia de ensino de Engenharias que incentive a utilização de ferramentas imersivas em sala de aula.

### **3.6 Metodologias de análise de dados**

Os dados provenientes dos questionários foram analisados sob duas perspectivas:

- a) análise quantitativa, por meio de análise estatística descritiva, com organização de planilha com frequências e porcentagem e;
- b) análise qualitativa, através de análise de conteúdo proposta por Bardin (2016), agrupando respostas em categorias temáticas.

Logo, a análise qualitativa das respostas foi conduzida seguindo os procedimentos metodológicos propostos por Bardin (2016), cuja escolha se justifica pela adequação desta técnica ao tipo de dado coletado nesta pesquisa e pela capacidade de organizar informações subjetivas de forma sistemática e interpretativa. A metodologia foi aplicada considerando as três fases clássicas indicadas pela autora: pré-análise, exploração do material e tratamento e interpretação, sendo que cada uma dessas etapas assume uma função específica dentro do processo investigativo.

Na fase de pré-análise, realizou-se uma leitura inicial de todas as respostas, permitindo

ao pesquisador familiarizar-se com o conteúdo e identificar elementos recorrentes relacionados à aplicação das sequências didáticas fundamentadas no *VAR-Learning*. Essa etapa foi selecionada por possibilitar uma aproximação ampla e não enviesada do material, preservando a espontaneidade das falas e evitando categorizações precipitadas.

A fase seguinte, denominada exploração do material, consistiu na identificação das unidades de registro e na posterior organização dessas unidades em categorias temáticas. A adoção desse critério se justifica pela necessidade de estruturar informações diversificadas em grupos significativos, garantindo coerência entre o discurso dos participantes e os objetivos da pesquisa. No caso desta investigação, esse procedimento foi fundamental para evidenciar percepções dos estudantes e docentes sobre aspectos como contribuições cognitivas, dificuldades encontradas, engajamento nas atividades e potencial pedagógico das tecnologias imersivas aplicadas ao ensino de engenharia.

Por fim, na fase de tratamento e interpretação dos resultados, as categorias construídas foram analisadas em diálogo com o referencial teórico e com os princípios do *VAR-Learning* apresentados nos capítulos anteriores. Esse critério foi adotado porque permite transformar dados descritivos em inferências analíticas, relacionando as evidências coletadas com conceitos como imersão, interação, aprendizagem situada, colaboração e personalização. Dessa forma, tornou-se possível compreender como as percepções dos participantes se alinham aos fundamentos pedagógicos e cognitivos que orientam esta pesquisa.

A utilização dos critérios de Bardin, portanto, mostrou-se pertinente e coerente com o delineamento metodológico adotado, permitindo uma leitura rigorosa e consistente dos dados qualitativos e contribuindo para interpretar de maneira integrada os resultados obtidos ao longo da aplicação do *VAR-Learning*. Estas análises resultaram em interpretações e quadros que foram dispostos na pesquisa, no capítulo 4 e nos apêndices J e K.

### **3.7 Aspectos éticos**

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do IFCE, sob o número CAAE 81477024.1.0000.5589, garantindo a observância dos princípios éticos. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (apêndice E), assegurando confidencialidade, anonimato e direito à desistência. Os riscos foram mínimos, limitando-se à exposição a atividades acadêmicas de caráter formativo.

### 3.8 Validação metodológica

Adotou-se a metodologia voltada para a coleta e análise de dados indicada por Alexandre e Coluci (2011), que define as bases conceituais da validade de conteúdo. Como ponto de partida, os docentes participantes da pesquisa foram denominados de “juízes”, pois, segundo os autores, estes representam especialistas responsáveis pela avaliação da validade de conteúdo dos instrumentos de medida durante as fases de construção e adaptação. Eles têm a função de analisar o instrumento como um todo, avaliando a “leitura e compreensão”, “relevância” e “vocabulário”, além de sugerirem a inclusão ou exclusão de itens quando necessário.

Os dados foram compilados e servirão de fundamento para uma análise prática do conceito de *VAR-Learning*, apontando os avanços e desafios de utilização deste conceito no Ensino de Engenharia.

Posteriormente, foi aplicada uma etapa de validação desta sequência didática pelos docentes da disciplina. Por meio de um questionário semiestruturado e utilizando uma metodologia indicada por Alexandre e Coluci (2011), os avaliados, considerados os “juízes”, irão analisar cada etapa desta sequência e, ao final, será calculado o Índice de Validade de Conteúdo (IVC) (Alexandre; Coluci, 2011), índice este que será detalhado na seção de resultados e discussão.

O processo de validação da sequência didática foi conduzido por meio do Índice de Validade de Conteúdo, seguindo as recomendações de Alexandre e Coluci (2011). Participaram desta etapa três docentes especialistas, considerados juízes, todos com experiência nas áreas de Projeto Arquitetônico e Ensino de Engenharia nos cursos do IFCE. A seleção desses professores seguiu critérios de aderência temática, vínculo direto com as disciplinas analisadas e experiência prévia com práticas didáticas relacionadas ao conteúdo da pesquisa. Cada juiz avaliou os itens da sequência didática segundo três critérios centrais: leitura e compreensão, relevância e vocabulário.

Para o cálculo do IVC, considerou-se a proporção de respostas classificadas com os conceitos três e quatro, que representam avaliação positiva de cada item. Caso algum item tivesse recebido os conceitos um ou dois, o procedimento metodológico indicaria a revisão ou exclusão desse item, conforme orientações de Alexandre e Coluci (2011). No entanto, todos os juízes atribuíram conceito máximo aos itens analisados, o que resultou em índices iguais a um em todos os critérios avaliados, conforme apresentado no quadro 12. Tal resultado indica plena

concordância quanto à clareza, pertinência e adequação do instrumento elaborado.

Ainda que os resultados indiquem validação integral, reconhece-se que o número reduzido de especialistas constitui uma limitação metodológica. Conforme apontam Polit e Beck (2006), a validação com menos de seis juízes exige consenso absoluto para garantir representatividade. Embora essa condição tenha sido plenamente atendida na presente pesquisa, o número limitado de avaliadores restringe a possibilidade de generalização dos resultados. Além disso, a especificidade do tema reduz o número de professores disponíveis com perfil adequado para atuar como juízes, o que também se configura como uma limitação inerente ao campo investigado.

O IVC possibilita mensurar a proporção de juízes que se encontram em concordância a respeito de determinados instrumentos e seus aspectos (Alexandre; Coluci, 2011). Assim, ainda segundo os autores, é indicada uma escala de 1 a 4 de pontuação, onde significam, respectivamente: 1 = Insuficiente, 2 = Regular, 3 = Bom e 4 = Excelente (adaptado de Alexandre; Coluci, 2011). O índice, por sua vez, é obtido através da soma dos itens caracterizados como “3” e “4” pelos juízes. Consequentemente, os itens cujas notas foram “1” ou “2” serão revisados ou eliminados. Por isso, os referidos autores desenvolveram a seguinte fórmula:

$$IVC = \frac{\text{Número de respostas “3” ou “4”}}{\text{Número total de respostas}}$$

Ainda segundo os autores, não existe um consenso na literatura para avaliar o instrumento de forma completa. Entretanto, Polit e Beck (2006) afirmam que uma taxa aceitável seria acima de 0,78, com uma representação de juízes de no mínimo seis. No caso de validação de novos instrumentos, alguns autores indicam uma taxa de concordância mínima de 0,80 (Polit; Beck, 2006). No caso de um número inferior a seis juízes, seria obrigatória a unanimidade, ou seja, o IVC igual a 1. Após o preenchimento da validação, se iniciará o processo de diálogo com os juízes, a fim de sanar quaisquer divergências encontradas na SD.

Ao final do levantamento dos dados dos questionários, foram realizados tratamento e análise dos dados, tanto quantitativos, pelos métodos de análise estatística descritiva, quanto qualitativos, pelo método de análise de conteúdo (Bardin, 2016). As planilhas finais foram anexadas ao apêndice K.

### 3.9 Limitações e controle de vieses

Reconheceram-se limitações relacionadas ao tamanho da amostra, à disponibilidade de infraestrutura tecnológica nos *campi* e ao tempo restrito de aplicação das SDs. Como estratégias de controle de vieses, adotaram-se: padronização dos procedimentos de aplicação, explicação prévia e uniforme aos participantes, anonimização das respostas e triangulação metodológica entre dados quantitativos e qualitativos. Apesar das limitações, os resultados apresentam potencial de replicabilidade e contribuem para a consolidação do conceito de *VAR-Learning* no ensino de engenharia.

No capítulo tópico seguinte, será abordado com mais detalhes, sobre o conceito *VAR-Learning*, desenvolvido nesta tese.

### **3.10 O conceito *VAR-Learning***

A presente pesquisa busca consolidar o conceito de *Virtual and Augmented Reality Learning* (*VAR-Learning*). Nos capítulos anteriores, foi realizada uma pesquisa bibliográfica estabelecendo um estágio inicial do estado da arte referente à utilização das tecnologias de RA e RV voltadas para o ensino das Engenharias civil e de Produção Civil. Tais produções indicam o amplo conjunto de possibilidades que estas ferramentas proporcionam aos docentes para o planejamento e avaliação das estratégias didáticas em sala de aula e em espaços não formais de ensino.

O *VAR-Learning* fundamenta-se em cinco princípios que orientam sua aplicação pedagógica: imersão, interação, aprendizagem situada, colaboração e personalização. Cada um desses elementos contribui para consolidar uma proposta de ensino que integra as potencialidades da RA e RV em ambientes educacionais, conforme detalhado a seguir e resumido na figura 35.

#### **3.10.1 Imersão**

Caracteriza-se pela sensação de presença do estudante em um ambiente digital que reproduz ou amplia elementos do mundo real. Esse princípio é central, pois estabelece uma conexão direta entre a experiência perceptiva do aprendiz e os conteúdos a serem assimilados. A imersão permite, portanto, que o estudante vivencie situações de risco controlado, como simulações laboratoriais ou cenários de engenharia complexos, que seriam de difícil acesso

em ambientes convencionais. Dessa forma, cria-se uma aprendizagem experiencial, em que a teoria é assimilada em paralelo à vivência prática, ampliando o impacto educacional e aproximando a formação acadêmica das demandas do mundo real.

### **3.10.2 Interação**

A interação, no contexto do *VAR-Learning*, ultrapassa a navegação em interfaces digitais e assume caráter de manipulação ativa dos elementos virtuais. O estudante pode modificar variáveis, explorar alternativas e observar as consequências de suas ações em tempo real, o que estimula a autonomia intelectual e a capacidade de tomada de decisão. Essa dinamicidade aproxima-se de abordagens pedagógicas como a aprendizagem baseada em problemas (*Problem-Based Learning*) e a aprendizagem por experimentação.

Além disso, a interação promove o desenvolvimento de competências práticas que dificilmente seriam adquiridas apenas em contextos expositivos. O ato de manipular objetos tridimensionais, por exemplo, favorece a construção de esquemas cognitivos mais robustos e transfere para o aprendiz a responsabilidade pela sua trajetória de aprendizagem. Assim, o princípio da interação transforma o estudante de receptor passivo em agente ativo do processo formativo.

### **3.10.3 Aprendizagem situada**

O princípio da aprendizagem situada fundamenta-se na ideia de que o conhecimento é melhor assimilado quando construído em contextos que se aproximam das situações reais de aplicação. No *VAR-Learning*, essa perspectiva é operacionalizada por meio da criação de cenários digitais autênticos, que simulam práticas profissionais ou fenômenos sociais. Tal característica proporciona maior relevância ao aprendizado, pois os conteúdos deixam de ser abstrações descontextualizadas e passam a ter significado prático para o estudante.

Outro aspecto relevante é que a aprendizagem situada favorece o desenvolvimento de competências tácitas, isto é, saberes incorporados pela prática e pela vivência em situações complexas. Ao interagir com ambientes digitais que reproduzem condições reais, o aluno tem a oportunidade de experimentar, errar e corrigir, desenvolvendo não apenas conhecimento declarativo, mas também habilidades procedimentais e atitudinais. Isso amplia a aplicabilidade do ensino e fortalece a formação crítica e reflexiva.

### 3.10.4 Colaboração

O princípio da colaboração destaca o caráter social do conhecimento no *VAR-Learning*. Em ambientes virtuais e aumentados, a aprendizagem não ocorre apenas de forma individual, mas é potencializada pelo trabalho coletivo, seja por meio de avatares, de interfaces multiusuários ou de sobreposição digital em contextos reais. Essa interação permite a troca de ideias, a negociação de significados e a construção compartilhada de saberes, favorecendo processos de ensino.

Sob a perspectiva pedagógica, a colaboração em ambientes VAR aproxima-se das teorias socioconstrutivistas, segundo as quais o aprendizado é mediado pelas interações sociais. Além de desenvolver habilidades cognitivas, os estudantes aprimoram competências socioemocionais, como empatia, comunicação assertiva e capacidade de resolver problemas em grupo. Portanto, a colaboração não é apenas uma característica complementar, mas um eixo estruturante que dá sentido coletivo ao processo formativo.

### 3.10.5 Personalização

A personalização corresponde à adequação do processo de ensino às necessidades, ao ritmo e ao perfil de cada estudante. No *VAR-Learning*, esse princípio se materializa na possibilidade de configurar cenários, ajustar níveis de complexidade e selecionar modalidades de interação de acordo com a trajetória individual do aprendiz. Tal característica assegura que a tecnologia não apenas amplie o acesso ao conhecimento, mas também promova inclusão e equidade.

Em termos pedagógicos, a personalização está alinhada às tendências contemporâneas de ensino adaptativo, nas quais o foco desloca-se do currículo uniforme para percursos flexíveis de aprendizagem. A tecnologia de RV e RA possibilita monitorar o desempenho do estudante em tempo real, fornecendo *feedback* imediato e ajustando a experiência às suas necessidades específicas. Dessa forma, o princípio da personalização garante que cada aprendiz seja reconhecido como sujeito singular, valorizando sua autonomia e ampliando seu potencial formativo.

Figura 35 - Princípios relacionados ao VAR-Learning.



Fonte: Autor (2025) auxiliado pelo assistente de IA desenvolvido pela empresa Google®.

Logo, diante da evolução dos modelos de ensino mediados por tecnologia, observa-se a necessidade de consolidar um conceito que ultrapasse as limitações do *E-learning* tradicional e, ao mesmo tempo, direcione de forma específica as potencialidades das experiências imersivas. Nesse contexto, define-se o conceito de *VAR-Learning* como:

Um modelo educacional que sistematiza a utilização de Realidade Virtual e Realidade Aumentada na criação de experiências de ensino e aprendizagem imersivas, interativas e colaborativas. Esse modelo promove a construção interdisciplinar de conhecimentos e competências por meio da experimentação situada, da personalização do ensino e da mediação docente, consolidando-se como uma abordagem que incentiva o engajamento, a motivação e o desempenho acadêmico dos estudantes (Silva, 2025).

Considerando o desenvolvimento conceitual do termo e os princípios que o estruturam, torna-se necessário avançar para a dimensão prática desta investigação, em que tais fundamentos são operacionalizados em propostas pedagógicas concretas. Nesse sentido, a seção seguinte dedica-se ao desenvolvimento de sequências didáticas denominadas *VAR-Design* (*Virtual and Augmented Reality for Architectural Design*), concebidas como instrumentos metodológicos que articulam os pressupostos teóricos do modelo com situações

aplicadas ao ensino de projeto arquitetônico em cursos de engenharia. Esta etapa é essencial para evidenciar de que maneira o *VAR-Learning* pode ser implementado em contextos educacionais reais para a formação de novos engenheiros.

### 3.10.6 Sequências didáticas *AR-Design* e *VR-Design*

O ensino de Projeto Arquitetônico nos cursos superiores de Engenharias, tradicionalmente apoiado em representações bidimensionais, softwares de modelagem e práticas presenciais em ateliês, busca encontrar no *VAR-Learning*, conceito inovador proposto nesta tese, uma estratégia que estimule um ensino baseado em imersão e interatividade. A utilização das tecnologias de realidade virtual e aumentada ampliam as possibilidades de representação, ao permitir que o estudante não apenas visualize, mas também vivencie e manipule os espaços projetados em ambientes digitais.

Nesse contexto, foram desenvolvidas duas Sequências Didáticas (SDs) estruturadas como aplicações metodológicas do modelo *VAR-Learning* voltadas ao ensino de projeto arquitetônico em cursos superiores de engenharia. As duas sequências propostas diferenciam-se pela tecnologia de base: a *AR-Design*, fundamentada na realidade aumentada e a *VR-Design*, centrada na realidade virtual. Ainda, é possível utilizar, concomitantemente, as duas SDs em sala de aula, abordando conceitos e práticas da RA e RV (*VAR-Design*). Ambas partem dos princípios centrais do *VAR-Learning* apresentadas nesta pesquisa (imersão, interação, aprendizagem situada, colaboração e personalização) e se configuram como propostas complementares para a formação do engenheiro sobre o tema de projeto arquitetônico.

O conceito de sequência didática, segundo Cardoso (2024, p.11) é definido como:

[...] uma abordagem pedagógica fundamental no campo da Educação, pois representa um conjunto estruturado de atividades cuidadosamente planejadas, interligadas e desenvolvidas de forma sequencial. Seu principal propósito é proporcionar aos educadores uma metodologia sólida para ensinar conteúdos de maneira eficaz, dividindo o processo de aprendizagem em etapas bem definidas.

Na perspectiva apresentada pela autora, uma SD ultrapassa o foco na organização de atividades, configurando-se como um instrumento pedagógico estruturado e essencial para o processo de ensino-aprendizagem. Trata-se de uma proposta metodológica que orienta o docente na construção de um percurso didático organizado em etapas interligadas, que não apenas asseguram a continuidade e a coerência do trabalho pedagógico, mas também favorecem

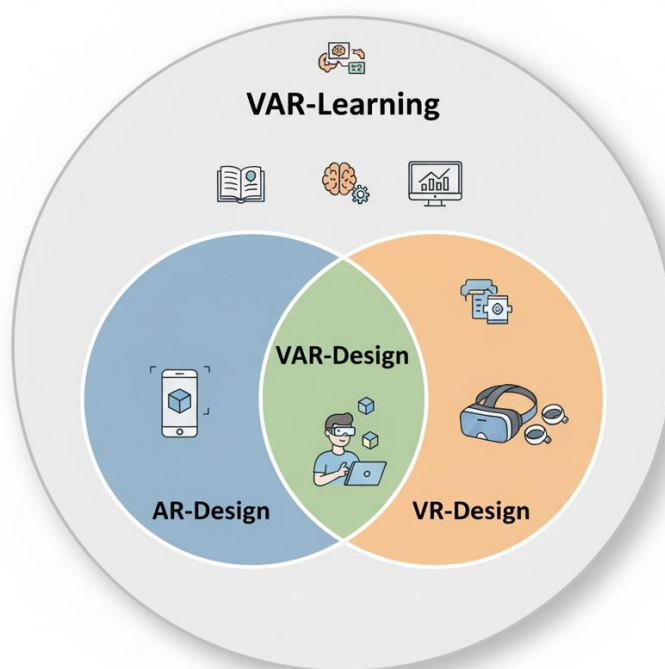
a progressão gradativa do conhecimento.

Assim, a SD constitui uma estratégia sistematizada, na qual cada atividade é planejada de modo intencional para atingir objetivos específicos de aprendizagem, garantindo a articulação entre teoria e prática. Tal organização proporciona ao educador um referencial metodológico sólido, permitindo que os conteúdos sejam abordados de forma eficaz, a partir de um encadeamento lógico que facilita tanto a assimilação quanto a consolidação dos saberes pelos estudantes.

É importante apontar que o ensino de projeto arquitetônico apresenta especificidades que exigem a adoção de estratégias didáticas diferenciadas. O domínio desta disciplina envolve não apenas a compreensão de conteúdos teóricos, mas também o desenvolvimento da Habilidade de Visualização Espacial (HVE), capacidade cognitiva de perceber, manipular e interpretar mentalmente objetos e formas tridimensionais, que é considerada uma das competências cognitivas relevantes para a formação de engenheiros e arquitetos (Sorby; Drummer; Molzon, 2006). Tal habilidade possibilita a interpretação e a manipulação de representações bidimensionais e tridimensionais, requisito fundamental para o processo projetual.

Nesse contexto, as SDs, apresentadas neste capítulo e fundamentadas no uso de tecnologias imersivas, assumem um papel importante ao integrar realidade aumentada (*AR-Design*) e realidade virtual (*VR-Design*) como recursos centrais para o ensino. A proposta consiste em criar ambientes pedagógicos imersivos, nos quais os estudantes possam manipular modelos digitais, vivenciar situações de projeto e interagir em tempo real com objetos tridimensionais. Tal relação é apresentada na figura 36:

Figura 36 - Diagrama da relação entre *VAR-Learning*, *AR-Design*, *VR-Design* e *VAR-Design*.



Fonte: Autor (2025) auxiliado pelo *software* de IA da empresa Google®.

De acordo com Tori, Hounsell e Kirner (2018), a RA e RV ampliam a experiência de aprendizagem ao favorecer a sensação de presença e permitir maior engajamento cognitivo. Dessa forma, a sequência didática não se limita a transmitir normas e convenções gráficas, mas proporciona uma experiência de aprendizagem mais situada, contextualizada e próxima da realidade profissional.

Outro aspecto fundamental refere-se à necessidade de articulação entre conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. O ensino de projeto arquitetônico não se restringe à reprodução de normas técnicas, mas envolve também a construção de competências críticas, reflexivas e colaborativas. Como afirmam Belisário *et al.* (2020), a formação em engenharia demanda metodologias que rompam com a lógica transmissiva, promovendo relações horizontais entre professor e aluno. Nesse sentido, as sequências didáticas assumem a função de estruturar percursos pedagógicos progressivos, em que a autonomia e o protagonismo discente são constantemente estimulados.

As SDs desenvolvidas nesta pesquisa possuem como tema central “explorando os conceitos do projeto arquitetônico por meio de ferramentas de realidade aumentada e virtual” (tabela em anexo no apêndice F), direcionadas a alunos de graduação em Engenharias que cursam disciplinas relacionadas ao projeto arquitetônico. Cada SD é composta por duas aulas

com duração de cinquenta minutos, estruturadas segundo os princípios do método baseado em *VAR-Learning*.

Os objetivos das SDs consistem em introduzir os conceitos básicos de realidade aumentada e realidade virtual, integrados aos fundamentos do projeto arquitetônico; utilizar essas tecnologias como instrumentos didáticos para favorecer a visualização e a compreensão dos objetos de projeto; e avaliar o impacto da intervenção pedagógica no aprendizado dos estudantes.

O conteúdo abrange noções gerais de projeto arquitetônico, as principais normas técnicas aplicáveis à área e os fundamentos teóricos e práticos das tecnologias imersivas, com foco em suas aplicações no contexto do projeto arquitetônico.

A metodologia propõe o ensino do projeto arquitetônico mediado por duas SDs independentes, *AR-Design* (Realidade Aumentada) e *VR-Design* (Realidade Virtual), que podem ser aplicadas de forma combinada, resultando na abordagem *VAR-Design*. Na primeira aula, os estudantes revisam os conceitos técnicos e exploram aplicações teóricas das tecnologias imersivas, elaborando um texto ou debate sobre suas potencialidades educacionais. Na segunda aula, são utilizados modelos tridimensionais e os óculos de Realidade Mista Meta Quest 3 ou similar, integrados ao *software SketchUp Viewer*, para que os alunos possam interagir de forma prática com edificações modeladas em programas como *Autodesk® AutoCAD* ou *Autodesk® Revit*. A experiência é projetada em tempo real, permitindo discussão coletiva e análise colaborativa.

Durante todo o processo, o docente realiza uma avaliação formativa, observando a participação dos alunos, o envolvimento nas atividades e a capacidade de reflexão sobre o uso das tecnologias. Essa avaliação ocorre em três etapas: diagnóstico inicial, interação com a tecnologia e autoavaliação.

Os recursos didáticos utilizados incluem sala de aula equipada, computadores com *softwares* de modelagem e desenho técnico, projetor multimídia, quadro branco e os dispositivos de Realidade Mista Meta Quest 3 ou similar, previamente configurados com o *software Trimble SketchUp Viewer*.

Ao final, a avaliação das SDs foi conduzida de modo contínuo e formativo, com base na observação, nos relatórios e nos debates realizados, buscando compreender o desenvolvimento cognitivo e o engajamento dos discentes durante a experiência imersiva.

### **3.10.7 AR-Design**

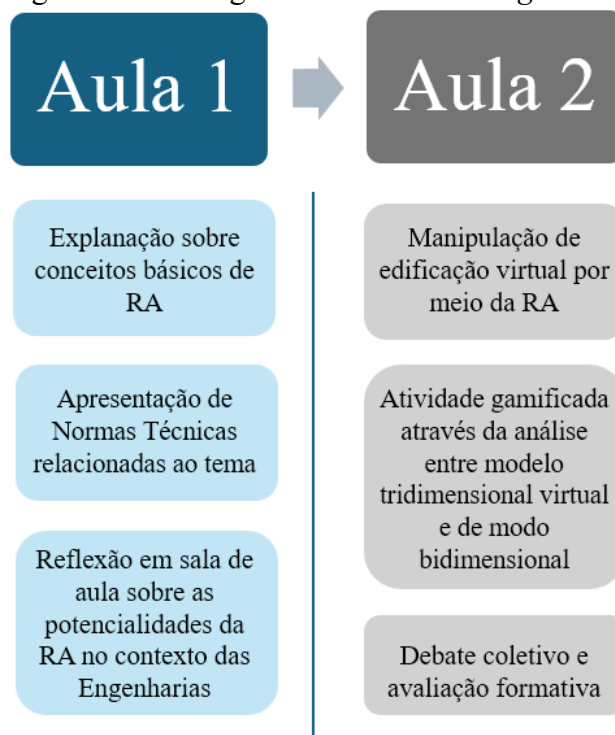
A primeira SD, denominada *AR-Design*, foi elaborada para o ensino de projeto arquitetônico em cursos superiores de Engenharias, utilizando como dispositivo, os óculos Meta Quest 3 ou similar como recurso tecnológico central. Fundamentada nos princípios do *VAR-Learning*, essa abordagem busca auxiliar a superar as limitações da representação bidimensional tradicional ao possibilitar a visualização e manipulação de modelos tridimensionais em ambientes de Realidade Aumentada.

A opção pela tecnologia *AR-Design* justifica-se pela possibilidade de integrar teoria e prática em um ambiente imersivo, no qual o estudante não apenas compreende os conceitos de representação gráfica, mas também experimenta o espaço projetado de maneira interativa. Essa metodologia possibilita o desenvolvimento da Habilidade de Visualização Espacial (HVE), essencial para a formação de engenheiros, ao mesmo tempo em que promove a articulação entre conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais.

Além disso, a *AR-Design* favorece a aproximação com demandas contemporâneas da prática profissional em Engenharia, pois possibilita a simulação de situações reais de projeto, contribuindo para a formação de competências aplicáveis ao mercado de trabalho. Com o uso dos óculos Meta Quest 3 ou similar, o aluno teria um acesso a uma ferramenta interativa que integra modelagem digital, simulação espacial e análise crítica dos elementos arquitetônicos, promovendo uma aprendizagem mais atrativa, significativa e coerente com as transformações da Educação 4.0.

A *AR-Design* é constituída por duas aulas, conforme fluxograma contido na figura 37, resumida no quadro 4 detalhando a estrutura geral e as duas aulas a seguir:

Figura 37 - Fluxograma de SD AR-Design.



Fonte: Autor (2025).

Quadro 4 - Sequência didática AR-Design.

(continua)

| <b>Título</b>    | <i>AR-Design baseado em VAR-Learning</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nível</b>     | Graduação em Engenharias                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Base</b>      | Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia (Resolução CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Objetivos</b> | <p>Introduzir os conceitos básicos de Realidade Aumentada aplicados ao Projeto Arquitetônico;</p> <p>Desenvolver a habilidade de visualização espacial (HVE) por meio de interação com modelos digitais 3D;</p> <p>Integrar conteúdos teóricos (normas e convenções gráficas) com práticas imersivas em RA;</p> <p>Promover colaboração, pensamento crítico e análise de projetos arquitetônicos;</p> <p>Avaliar a aplicabilidade da RA no ensino de Engenharia, estimulando reflexões individuais e coletivas.</p> |

Quadro 4 - Sequência didática AR-Design.

(continua)

| Material de apoio | <p>ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). <b>NBR 6492</b>: representação de projetos de arquitetura. Rio de Janeiro, 1994.</p> <p>ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). <b>NBR 13532</b>: elaboração de projetos de edificações – arquitetura. Rio de Janeiro, 1995.</p> <p>BRASIL. Ministério da Educação. <b>Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia: Resolução CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019</b>. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 79, p. 43-49, 26 abr. 2019.</p> <p>FAROUK, Abdelrahman M. <i>et al.</i> Exploring the economic viability of virtual reality in architectural, engineering, and construction education. <b>Buildings</b>, [s. l.], v. 14, n. 9, p. 2655, 2024. Disponível em: <a href="https://www.mdpi.com/2075-5309/14/9/2655">https://www.mdpi.com/2075-5309/14/9/2655</a>. Acesso em: 8 set. 2025.</p> <p>JACKSON, Hester; THAKUR, Surendra; OLANREWaju, Oludolapo Akanni. The potential of extended reality in engineering education: a systematic review. <b>Cogent Education</b>, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 2541442, 2025. Disponível em: <a href="https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/2331186X.2025.2541442">https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/2331186X.2025.2541442</a>. Acesso em: 18 set. 2025.</p> <p>SORBY, Sheryl.; DRUMMER, Thomas David; MOLZON, Raymond. Experiences in using spatial skills testing instruments with younger audiences. <b>Journal for Geometry and Graphics</b>, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 227- 235, 2006. Disponível em: <a href="https://heldermann-verlag.de/jgg/jgg10/j10h2sorb.pdf">https://heldermann-verlag.de/jgg/jgg10/j10h2sorb.pdf</a>. Acesso em: 11 ago. 2025.</p> |                                                                                                                                                          |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ID                | Elemento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Descrição                                                                                                                                                |
| Aula 1            | Tema                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Conceitos introdutórios de Projeto Arquitetônico e Realidade Aumentada                                                                                   |
|                   | Tempo estimado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 50 minutos                                                                                                                                               |
|                   | Objetivos da aula                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Compreender conceitos básicos de RA e sua aplicação no Projeto Arquitetônico;<br>Revisar normas técnicas e convenções gráficas em Projeto Arquitetônico. |
|                   | Conteúdo programático                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Normas da ABNT (NBR 6492, NBR 13532);<br>Conceitos iniciais de Realidade Aumentada e exemplo de aplicações para as Engenharias.                          |
|                   | Recursos didáticos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Notebook e projetor; Quadro branco e pincéis;<br>Óculos Meta® Quest 3 ou similar com o plugin Trimble® SketchUp Viewer instalado no dispositivo.         |

Quadro 4 - Sequência didática AR-Design.

(continua)

| ID            | Elemento              | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Aula 1</b> | Planejamento da aula  | <p>Inicialmente, o docente realizará uma revisão geral sobre os principais conceitos voltados ao Projeto Arquitetônico, por meio das Normas Técnicas mais utilizadas. Em seguida, serão abordados conceitos e aplicações relacionados à Realidade Aumentada, tais como fundamentos do Metaverso, dispositivos necessários e exemplos de aplicações no campo das Engenharias.</p> <p>Concomitantemente à exposição dialogada, o docente realizará um diagnóstico com os alunos sobre conhecimentos prévios acerca desta ferramenta. A partir das respostas, o professor conduzirá uma discussão coletiva, destacando as possíveis contribuições da RA para superar dificuldades comuns, como a transição entre representações 2D e 3D para os Projeto Arquitetônicos.</p> <p>Após a abordagem teórica, será solicitado aos alunos o desenvolvimento de um texto ou uma discussão oral sobre as potencialidades desse instrumento tecnológico para a disciplina. Esse exercício terá como função não apenas consolidar os conteúdos apresentados, mas também estimular a reflexão crítica individual e preparar os estudantes para as atividades práticas da aula seguinte.</p> |
|               | Avaliação             | Do tipo formativa, com participação em discussões e produção escrita reflexiva.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Aula 2</b> | Tema                  | Visualização e interação espacial em ambientes de Realidade Aumentada e reflexão sobre a aplicação de Realidade Aumentada no ensino de Projeto Arquitetônico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|               | Tempo estimado        | 50 minutos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|               | Objetivos da aula     | <p>Desenvolver a habilidade de visualização espacial por meio da manipulação de modelos digitais em RA;</p> <p>Relacionar a representação bidimensional com a tridimensional;</p> <p>Promover um debate coletivo a partir dos trabalhos escritos na aula nº 1;</p> <p>Identificar novas possibilidades de aplicação das tecnologias imersivas em contextos educacionais e profissionais.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|               | Conteúdo programático | <p>Interação tridimensional com edificação por meio da RA;</p> <p>Utilização de Recursos de Projeto Arquitetônico por meio do <i>software Autocad</i> ou similar em versão educacional;</p> <p>Debate dos trabalhos escritos/ discussões orais;</p> <p>Reflexão sobre desafios, vantagens e limitações das tecnologias imersivas.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|               | Recursos didáticos    | <p>Projetor e computadores; Quadro branco e pincéis;</p> <p><i>Software Autodesk® Autocad, Autodesk® Revit</i> ou similar em versão educacional;</p> <p>Óculos <i>Meta® Quest 3</i> ou similar com o plugin <i>Trimble® SketchUp Viewer</i> instalado no dispositivo.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

Quadro 4 - Sequência didática AR-Design.

(continua)

| ID     | Elemento             | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aula 2 | Planejamento da aula | <p>Para a preparação da aula, o docente deve seguir as etapas indicadas no Apêndice Final das SDs. No referido material, há orientações que trilham desde o acesso à edificação pré-fabricada e seus projetos arquitetônicos até a utilização dos óculos de Realidade Mista Meta Quest 3 ® e do <i>plugin</i> Trimble SketchUp Viewer® em sala de aula.</p> <p>O docente, em posse dos óculos de Realidade Mista <i>Meta® Quest 3</i> ou similar com o <i>plugin Trimble® SketchUp Viewer</i> instalado e com o domínio sobre a ferramenta, conforme tutorial no Apêndice, solicita que os alunos acessem os projetos arquitetônicos disponíveis na figura A:</p> <p>Figura A - <i>QR Code</i> de acesso aos documentos utilizados na aula.</p>  <p>Fonte: Autor (2025).</p> <p>Link:<br/> <a href="https://drive.google.com/drive/folders/1sm4B-1VcLIXT8twrUhf7t08XBtErjt2h?usp=sharing">https://drive.google.com/drive/folders/1sm4B-1VcLIXT8twrUhf7t08XBtErjt2h?usp=sharing</a></p> <p>Na pasta acessada, há um modelo de edificação (figura B), com o objeto tridimensional e os projetos em software Autodesk® Autocad, Autodesk® Revit ou similar, ambos em versão educacional. Após descarregar as pastas indicadas, é solicitado que os alunos acessem os arquivos em Autocad ou similar nos computadores. Concomitantemente, o professor acessa a edificação no software Trimble® SketchUp Viewer por meio dos óculos de Realidade Mista Meta® Quest 3 conforme tutorial no Apêndice F. A figura B aponta vistas do modelo de edifícios apto a ser utilizado na SD:</p> |

Quadro 4 - Sequência didática AR-Design.

(continua)

| ID     | Elemento             | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aula 2 | Planejamento da aula | <p data-bbox="564 371 1412 439">Figura B - Edificação no 1 desenvolvida no software Trimble® SketchUp Viewer.</p>  <p data-bbox="564 887 780 909">Fonte: Autor (2025).</p> <p data-bbox="564 954 1422 1245">Com o uso dos óculos <i>Meta® Quest 3</i> ou similar e do aplicativo <i>Trimble® SketchUp Viewer</i>, os alunos terão a oportunidade de explorar o modelo em ambiente de Realidade Aumentada. Cada estudante será convidado a manipular os elementos tridimensionais, analisando proporções, escalas e relações espaciais. Enquanto um aluno interage com o modelo, a projeção em tempo real será exibida no projetor, permitindo que a turma acompanhe e faça observações coletivas.</p> <p data-bbox="564 1245 1422 1491">Na sequência, o professor promove uma comparação entre os desenhos bidimensionais em Autocad ou similar e os modelos tridimensionais em RA, destacando como os diferentes tipos de representação contribuem (ou dificultam) a compreensão do projeto arquitetônico. Esse exercício visa estimular a Habilidade de Visualização Espacial (HVE) e a percepção das relações entre 2D e 3D.</p> <p data-bbox="564 1536 1422 1783">Na sequência, o professor promove uma comparação entre os desenhos bidimensionais em Autocad ou similar e os modelos tridimensionais em RA, destacando como os diferentes tipos de representação contribuem (ou dificultam) a compreensão do projeto arquitetônico. Esse exercício visa estimular a Habilidade de Visualização Espacial (HVE) e a percepção das relações entre 2D e 3D.</p> |

Quadro 4 - Sequência didática AR-Design.

(conclusão)

| ID            | Elemento             | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Aula 2</b> | Planejamento da aula | <p>Para ampliar a dinâmica da aula, o docente poderá aplicar uma atividade de gamificação: previamente, alguns elementos são ocultados no projeto bidimensional, por exemplo, em Autocad ou similar (como portas, janelas ou mobiliário). Os alunos, utilizando os óculos em RA, devem investigar os modelos tridimensionais e identificar os elementos ausentes, comparando-os com a versão bidimensional. Essa atividade promove atenção aos detalhes, espírito investigativo e aplicação prática do raciocínio espacial. Na sequência, organiza-se um debate guiado, no qual a turma é convidada a refletir sobre as potencialidades da Realidade Aumentada no ensino de Projeto Arquitetônico. O professor atua como mediador, estimulando os alunos a relacionarem os conceitos discutidos com experiências vividas durante as práticas da aula.</p> <p>Questões norteadoras:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De que forma a RA contribuiu para a compreensão dos projetos?</li> <li>• Quais vantagens e limitações foram percebidas?</li> <li>• Como essas tecnologias poderiam ser aplicadas em outras disciplinas da Engenharia?</li> <li>• Que possibilidades futuras podem ser pensadas para o mercado profissional?</li> </ul> <p>Ao final, o professor sistematiza no quadro os principais pontos levantados, organizando-os em categorias (vantagens, desafios, aplicações futuras).</p> |
|               | Avaliação            | Do tipo formativa, com observação da interação com os modelos tridimensionais e recursos de RA além da participação no debate; Registro reflexivo individual.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

Fonte: O Autor (2025).

### 3.10.8 VR-Design

A segunda sequência didática, intitulada *VR-Design*, foi concebida de forma direcionada ao ensino de Projeto Arquitetônico nos cursos de engenharia. Nela, os óculos de realidade mista são adotados como ferramenta tecnológica principal. Baseada também nos fundamentos do *VAR-Learning*, essa proposta tem como propósito ir além das restrições das representações tradicionais em 2D, permitindo que os estudantes visualizem e manipulem modelos tridimensionais em ambientes de RV.

A opção pela SD VR-Design justifica-se pela possibilidade de proporcionar ao estudante uma experiência ainda mais imersiva, ao inseri-lo em ambientes virtuais completos que simulam a escala e a espacialidade de edificações projetadas. Diferentemente da AR-

*Design*, que integra o modelo tridimensional ao espaço físico real, a *VR-Design* possibilita uma imersão total no ambiente virtual, favorecendo a compreensão de aspectos como volumetria, percursos internos, iluminação e ergonomia.

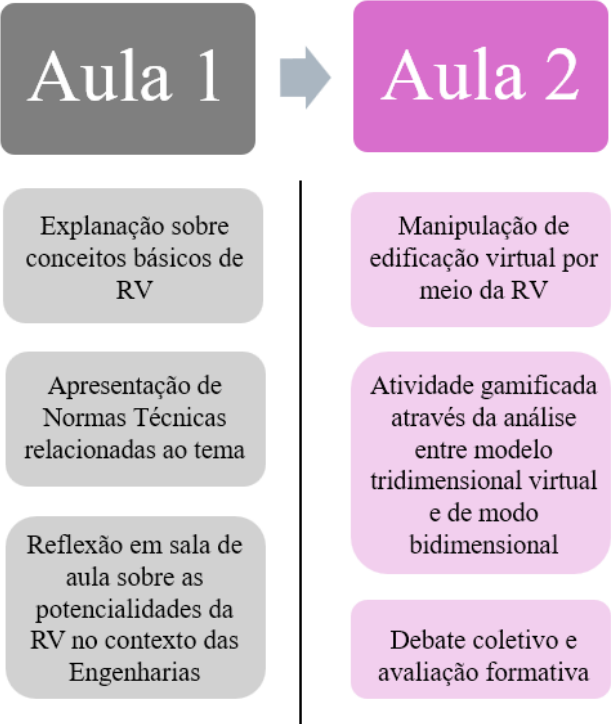
Essa abordagem amplia, como na *SD AR-Design*, o desenvolvimento da Habilidade de Visualização Espacial (HVE), essencial para a formação em engenharia, ao permitir que o discente não apenas manipule objetos digitais, mas também “vivencie” o espaço projetado em primeira pessoa. Além disso, promove a articulação entre conteúdos conceituais (normas técnicas e convenções gráficas), procedimentais (uso de softwares de modelagem e navegação em RV) e atitudinais (colaboração, análise crítica e tomada de decisão).

Outro ponto de destaque é a aproximação com práticas contemporâneas da indústria da Construção Civil, na qual a RV é empregada em simulações de projetos, análise de viabilidade e treinamento de equipes. Dessa forma, a *VR-Design* contribui para alinhar a formação acadêmica às demandas do mercado de trabalho, inserindo os futuros engenheiros em um contexto pedagógico coerente com as transformações impulsionadas pela era digital e pelas novas metodologias de ensino-aprendizagem.

Com o uso dos óculos Meta Quest 3® ou similar, a *VR-Design* oferece aos estudantes a oportunidade de acessar uma ferramenta tecnológica que integra modelagem digital, simulação espacial e análise crítica de projetos arquitetônicos, estimulando a aprendizagem significativa e favorecendo a consolidação de competências essenciais para a atuação profissional.

A *VR-Design* é constituída por duas aulas, conforme fluxograma apresentado na figura 38, resumida no quadro 5 que indica a estrutura geral e as duas aulas:

Figura 38 - Fluxograma de SD VR-Design.



Fonte: Autor (2025).

Quadro 5 - Sequência didática VR-Design.

(continua)

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Título</b>    | VR-Design estruturada em VAR-Learning                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Nível</b>     | Graduação em Engenharias                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Base</b>      | Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia (Resolução CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Objetivos</b> | Apresentar fundamentos essenciais da Realidade Virtual aplicados ao Projeto Arquitetônico;<br>Desenvolver a competência de visualização espacial por meio da imersão em ambientes 3D;<br>Relacionar conteúdos teóricos de normas e convenções gráficas com experiências práticas em RV;<br>Incentivar a cooperação entre estudantes, o pensamento crítico e a análise de projetos virtuais;<br>Examinar a pertinência da RV no ensino de Engenharia, estimulando análises individuais e coletivas. |

Quadro 5 - Sequência didática VR-Design.

(continua)

|                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Material de apoio</b></p> | <p>ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). <b>NBR 6492</b>: representação de projetos de arquitetura. Rio de Janeiro, 1994.</p> <p>ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). <b>NBR 13532</b>: elaboração de projetos de edificações – arquitetura. Rio de Janeiro, 1995.</p> <p>BRASIL. Ministério da Educação. <b>Resolução CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019</b>. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 79, p. 43–49, 26 abr. 2019.</p> <p>FAROUK, Abdelrahman M. <i>et al.</i> Exploring the economic viability of virtual reality in architectural, engineering, and construction education. <b>Buildings</b>, Basel, v. 14, n. 9, p. 2655, 2024. Disponível em: <a href="https://www.mdpi.com/2075-5309/14/9/2655">https://www.mdpi.com/2075-5309/14/9/2655</a>. Acesso em: 8 set. 2025.</p> <p>JACKSON, Hester; THAKUR, Surendra; OLANREWAJU, Oludolapo Akanni. The potential of extended reality in engineering education: a systematic review. <b>Cogent Education</b>, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 2541442, 2025. Disponível em: <a href="https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/2331186X.2025.2541442">https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/2331186X.2025.2541442</a>. Acesso em: 18 set. 2025.</p> <p>SORBY, S. A. <i>et al.</i> Developing 3-D spatial visualization skills for engineering students. In: AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING EDUCATION ANNUAL CONFERENCE &amp; EXPOSITION, 2005, Portland, Oregon. <b>Anais [...]</b>. Portland, Oregon: American Society for Engineering Education, 2005. Disponível em: <a href="https://peer.asee.org/developing-3-d-spatial-visualization-skills-for-non-engineering-students">https://peer.asee.org/developing-3-d-spatial-visualization-skills-for-non-engineering-students</a>. <a href="http://www.schluebarchitecture.com/resources/2007_SorbySA_Developing3DSpatialSkillsForEngineeringStudents.pdf">http://www.schluebarchitecture.com/resources/2007_SorbySA_Developing3DSpatialSkillsForEngineeringStudents.pdf</a> Acesso em: 13 set. 2025.</p> <p>TORI, Romero; HOUNSELL, Marcelo da Silva (org.). <b>Introdução à realidade virtual e aumentada</b>. 3. ed. Porto Alegre: SBC, 2018.</p> |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Quadro 5 - Sequência didática VR-Design.

(continua)

| ID            | Elemento              | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Aula 1</b> | Tempo estimado        | 50 minutos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|               | Objetivos da aula     | Compreender conceitos básicos de RV e sua aplicação no Projeto Arquitetônico;<br>Revisar normas técnicas e convenções gráficas em Projeto Arquitetônico;<br>Estimular o pensamento crítico por meio da análise inicial de potencialidades da RV.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|               | Conteúdo programático | Normas da ABNT (NBR 6492, NBR 13532);<br>Conceitos iniciais de Realidade Virtual e exemplo de aplicações para as Engenharias.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|               | Recursos didáticos    | Notebook e projetor;<br>Quadro branco e pincéis;<br>Óculos <i>Meta® Quest 3</i> ou similar com o <i>plugin Trimble® SketchUp Viewer</i> instalado no dispositivo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|               | Planejamento da aula  | No início da atividade didática, o docente procederá a uma revisão sistemática dos conceitos fundamentais de Projeto Arquitetônico, com base nas Normas Técnicas mais utilizadas na área. Na sequência, serão introduzidos os princípios da Realidade Virtual, contemplando fundamentos teóricos relacionados ao Metaverso, aos dispositivos necessários para sua utilização e a exemplos de aplicação no contexto das Engenharias.<br>De forma concomitante à exposição dialogada, será realizado um diagnóstico dos conhecimentos prévios dos discentes acerca da tecnologia em questão. A partir das contribuições apresentadas, o docente fomentará uma discussão coletiva, enfatizando as potencialidades da Realidade Virtual para mitigar dificuldades recorrentes no processo de ensino-aprendizagem, como a transposição entre representações bidimensionais e tridimensionais em projetos arquitetônicos. |
|               | Avaliação             | Do tipo formativa, com participação em discussões e produção escrita reflexiva.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Aula 2</b> | Tema                  | Exploração e navegação em ambientes virtuais de RV e reflexão sobre o uso de RV na disciplina de Projeto Arquitetônico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|               | Tempo estimado        | 50 minutos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|               | Objetivos da aula     | Desenvolver a habilidade de visualização espacial por meio da manipulação de modelos digitais em RV;<br>Relacionar a representação bidimensional com a tridimensional;<br>Estimular a reflexão crítica sobre as potencialidades da RV no ensino de Engenharia;<br>Promover um debate coletivo a partir dos trabalhos escritos na aula nº 1;<br>Identificar novas possibilidades de aplicação das tecnologias imersivas em contextos educacionais e profissionais.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Quadro 5 - Sequência didática VR-Design.

(continua)

| ID        | Elemento              | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aula<br>2 | Conteúdo programático | Interação tridimensional com edificação por meio da RV;<br>Utilização de Recursos de Projeto Arquitetônico por meio do <i>software Autocad</i> ou similar em versão educacional;<br>Discussão sobre diferentes usos da RV no ensino de Projeto Arquitetônico;<br>Reflexão sobre desafios, vantagens e limitações das tecnologias imersivas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|           | Recursos didáticos    | Projektor e computadores; Quadro branco e pincéis;<br><i>Software Autodesk</i> ® <i>Autocad</i> , <i>Autodesk</i> ® <i>Revit</i> ou similar em versão educacional;<br>Óculos <i>Meta</i> ® <i>Quest 3</i> ou similar com o plugin <i>Trimble</i> ® <i>SketchUp Viewer</i> instalado no dispositivo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|           | Planejamento da aula  | <p>Para a preparação da aula, o docente deve seguir as etapas indicadas no Apêndice Final das SDs. No referido material, há orientações que trilham desde o acesso a edificação pré-fabricadas e seus projetos arquitetônicos até a utilização dos óculos de Realidade Mista <i>Meta</i>® <i>Quest 3</i> e do plugin <i>SketchUp Viewer</i> em sala de aula. O docente, em posse dos óculos com o plugin instalado e com o domínio sobre a ferramenta, conforme tutorial no Apêndice F, solicita que os alunos acessem os projetos arquitetônicos disponíveis na figura A:</p> <p>Figura A: <i>QR Code</i> de acesso aos documentos utilizados na aula</p>  <p>Fonte: Autor (2025).</p> <p>Link: <a href="https://drive.google.com/drive/folders/1sm4B-1VcLIXT8twrUhf7t08XBtErjt2h?usp=sharing">https://drive.google.com/drive/folders/1sm4B-1VcLIXT8twrUhf7t08XBtErjt2h?usp=sharing</a></p> <p>Na pasta acessada, há um modelo de Edificação (Figura B), com o objeto tridimensional e os projetos em <i>Autocad</i> ou similar em versão educacional. Após descarregar as pastas indicadas, é solicitado que os alunos acessem os arquivos nos computadores. Concomitantemente, o professor acessa a edificação no <i>SketchUp Viewer</i> por meio dos óculos de Realidade Mista, conforme tutorial no Apêndice.</p> |

Quadro 5 - Sequência didática VR-Design.

(continua)

| ID        | Elemento             | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aula<br>2 | Planejamento da aula | <p data-bbox="587 371 1394 439">Figura B: Edificação nº 2 desenvolvidas no <i>software SketchUp Viewer</i></p>  <p data-bbox="560 801 823 835">Fonte: Autor (2025).</p> <p data-bbox="560 875 1422 1133">Com o uso dos óculos e do <i>software</i>, os alunos terão a oportunidade de explorar os modelos em ambiente de Realidade Aumentada. Cada estudante será convidado a manipular os elementos tridimensionais, analisando proporções, escalas e relações espaciais. Enquanto um aluno interage com o modelo, a projeção em tempo real será exibida no projetor, permitindo que a turma acompanhe e faça observações coletivas.</p> <p data-bbox="560 1173 1422 1431">Na sequência, o professor promove uma comparação entre os desenhos bidimensionais em <i>Autocad</i> ou similar, pelos computadores, e os modelos tridimensionais em RV, destacando como os diferentes tipos de representação contribuem (ou dificultam) a compreensão do projeto arquitetônico. Esse exercício visa estimular a habilidade de visualização espacial (HVE) e a percepção das relações entre 2D e 3D.</p> <p data-bbox="560 1471 1422 1749">Para ampliar a dinâmica da aula, o docente poderá aplicar uma atividade de gamificação: previamente, alguns elementos são ocultados no projeto bidimensional em <i>Autocad</i> ou similar. Os alunos, utilizando os óculos em RV, devem investigar os modelos tridimensionais e identificar os elementos ausentes, comparando-os com a versão bidimensional. Essa atividade promove atenção aos detalhes, espírito investigativo e aplicação prática do raciocínio espacial.</p> |

Quadro 5 - Sequência didática VR-Design.

(conclusão)

| ID            | Elemento             | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Aula 2</b> | Planejamento da aula | <p>Na sequência, organiza-se um debate guiado, no qual a turma é convidada a refletir sobre as potencialidades da Realidade Virtual no ensino de Projeto Arquitetônico. O professor atua como mediador, estimulando os alunos a relacionarem os conceitos discutidos com experiências vividas durante as práticas da aula.</p> <p>Questões norteadoras:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De que forma a RV contribuiu para a compreensão dos projetos?</li> <li>• Quais vantagens e limitações foram percebidas?</li> <li>• Como essas tecnologias poderiam ser aplicadas em outras disciplinas da Engenharia?</li> <li>• Que possibilidades futuras podem ser pensadas para o mercado profissional.</li> <li>• Ao final, o professor sistematiza no quadro os principais pontos levantados, organizando-os em categorias (vantagens, desafios, aplicações futuras).</li> </ul> |
|               | Avaliação            | Do tipo Formativa, com observação da interação com os modelos tridimensionais e recursos de RV, além da participação no debate; Registro reflexivo individual.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

Fonte: O Autor (2025).

### 3.10.9 VAR-Design

Como afirmado no início deste capítulo, é possível combinar as duas SDs de forma simultânea em sala de aula, resultando em uma SD denominada *VAR-Design*. A concepção desta SD justifica-se por integrar, de forma complementar, as experiências proporcionadas pelo *AR-Design* e pelo *VR-Design* em um mesmo percurso pedagógico. Enquanto a RA favorece a articulação entre os modelos digitais e o espaço físico real, permitindo comparações imediatas com desenhos bidimensionais, a RV possibilita uma imersão plena em ambientes projetados, ampliando a compreensão de escalas, volumetrias e fluxos espaciais.

Nesse sentido, a *VAR-Design* não deve ser compreendida como uma terceira sequência didática autônoma, mas como um modelo de convergência. Seu objetivo é criar uma continuidade entre os momentos de exploração da RA, que privilegia a manipulação de objetos tridimensionais sobre o espaço físico, e os de imersão total em RV, que favorecem a experiência sensorial e espacial plena. Essa inter-relação metodológica contribui para o desenvolvimento de competências cognitivas complexas, especialmente a Habilidade de Visualização Espacial (HVE), além de fortalecer o raciocínio projetual e a compreensão espacial tridimensional.

A proposta da *VAR-Design* fundamenta-se nos princípios do modelo *VAR-Learning* (imersão, interação, aprendizagem situada, colaboração e personalização) e busca promover um ambiente educacional em que o estudante vivencie a aprendizagem de forma ativa, crítica e contextualizada. Ao integrar RA e RV em um mesmo percurso pedagógico, o discente é conduzido a reconstruir o conhecimento por meio da experimentação, podendo alternar entre observações externas (RA) e experiências de presença total (RV), o que amplia a significação dos conteúdos e aproxima o processo formativo da prática profissional.

Do ponto de vista didático, a *VAR-Design* objetiva permitir ao docente planejar atividades complementares, nas quais os alunos analisam um mesmo objeto arquitetônico em contextos diferentes. Ainda, essa alternância metodológica proporciona uma aprendizagem em espiral, onde o conhecimento é revisitado e ampliado a cada nova interação tecnológica. Tal abordagem é coerente com os pressupostos da Educação 4.0, que valoriza a integração entre o físico e o digital, o protagonismo discente e a mediação tecnológica como instrumentos de construção do saber.

Além disso, a *VAR-Design* busca promover situações de aprendizagem colaborativas, nas quais grupos de alunos podem atuar de forma distribuída - parte deles utilizando dispositivos de RA, enquanto outros exploram simultaneamente o mesmo modelo em RV - possibilitando o compartilhamento de perspectivas complementares sobre o mesmo projeto. Essa dinâmica almeja estimular o diálogo interdisciplinar, a resolução de problemas e o pensamento crítico, elementos essenciais à formação de engenheiros capazes de atuar em contextos tecnológicos emergentes.

No ensino de projeto arquitetônico, a adoção da *VAR-Design* busca ampliar as condições de ensino, promovendo uma experiência híbrida e progressiva: da análise de representações 2D à exploração interativa em RA e, posteriormente, à vivência imersiva em RV. Essa relação fortalece a HVE, contribui para a consolidação de competências críticas e reflexivas e aproxima o estudante das práticas profissionais emergentes no campo da engenharia e da arquitetura.

No presente trabalho, foi aplicada esta convergência entre as SDs *AR-Design* e *VR-Design*, possibilitando uma análise global de seus resultados. A seguir, será abordada de forma detalhada e justificada, sobre a aplicação destas SDs em sala de aula, nos cursos superiores de Engenharia Civil e engenharia de Produção Civil no âmbito do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.

### 3.10.10 Aplicação das sequências didáticas

Posteriormente ao desenvolvimento das duas SDs detalhadas nesta tese, optou-se pela aplicação prática da pesquisa nos limites do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Como o campo da pesquisa é o ensino de projeto arquitetônico para os cursos superiores de engenharia, o instituto possui, em sua estrutura de cursos, os bacharelados de Engenharia Civil e de engenharia de Produção Civil que possuem disciplinas correlatas.

A escolha do IFCE como *locus* da presente investigação fundamenta-se na relevância histórica da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica e na missão institucional que a caracteriza. A criação dos Institutos Federais, por meio da Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008, representou um marco no cenário educacional brasileiro, ao estabelecer instituições multicampi, pluricurriculares e socialmente referenciadas, com atuação voltada à verticalização do ensino, da educação básica ao *stricto sensu*, em articulação com pesquisa aplicada e extensão (Brasil, 2008).

No caso específico do IFCE, a instituição sucedeu o antigo Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará (CEFET-CE), ampliando sua atuação para diferentes regiões do estado. Atualmente, no ano de 2025, apresenta-se com 33 *campi*, abrangendo desde cursos técnicos de nível médio até programas de pós-graduação, consolidando-se como referência na Educação Profissional e Tecnológica (EPT). Assim, a missão do IFCE é formar cidadãos críticos e qualificados para atender às demandas sociais, científicas e tecnológicas da sociedade, reafirmando o compromisso da Rede Federal com a promoção do desenvolvimento regional e nacional (INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ, 2025).

Logo, a escolha dos cursos de bacharelado em Engenharia Civil e engenharia de Produção Civil como campo de aplicação da pesquisa justificam-se pelo caráter estratégico dessas formações, especialmente no que se refere ao setor da construção civil, responsável por significativa parcela da economia nacional. Conforme abordado em capítulos anteriores desta pesquisa, Belisário *et al.* (2020), a formação em engenharia exige que o processo educativo vá além da memorização de conteúdos, estimulando o desenvolvimento de competências críticas, reflexivas e práticas, de modo a preparar os futuros engenheiros para enfrentar desafios complexos e multidisciplinares.

Além disso, o tema relacionado ao projeto arquitetônico, transversal a ambos os cursos

e ofertada nos *campi* de Fortaleza, Morada Nova, Quixadá e Juazeiro do Norte, constitui um espaço privilegiado para a aplicação do modelo *VAR-Learning*, em razão da necessidade de um satisfatório nível de visualização espacial e interpretação de representações gráficas, aspectos tradicionalmente apontados como dificuldades pelos estudantes de engenharia (Sorby; Drummer; Molzon, 2006). Assim, os *campi* adotados para a aplicação da pesquisa foram os indicados no quadro 3, com os respectivos Programas de Unidades Didáticas (PUDs) inseridos no apêndice C.

Ressalta-se que a escolha pela exclusão do campus de Juazeiro do Norte da pesquisa decorreu da indisponibilidade de oferta de uma disciplina correlata ao projeto arquitetônico no período de aplicação prática do estudo.

Ainda, a aplicação da pesquisa no IFCE tem por objetivo fortalecer a importância da instituição como espaço de experimentação pedagógica e inovação tecnológica, em consonância com os princípios da Educação Profissional e Tecnológica indicados pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB nº 9.394/1996), que determina a associação entre teoria e prática, bem como a integração entre ciência, trabalho e tecnologia (Brasil, 1996). Ademais, os resultados alcançados têm potencial de extrapolar os limites institucionais, fornecendo subsídios para a incorporação de metodologias didáticas adaptáveis em outras unidades da Rede Federal e em cursos de engenharia em âmbito nacional.

Dessa forma, a aplicação da pesquisa no IFCE reafirma o compromisso da instituição com a produção de conhecimento científico e com a inovação didático-pedagógica voltada ao ensino de Engenharia. Ao selecionar os cursos de Engenharia Civil e engenharia de Produção Civil como campos de experimentação, a investigação busca não apenas consolidar e validar o conceito do *VAR-Learning*, mas também contribuir para a qualificação da formação discente e para o fortalecimento da prática docente em disciplinas que historicamente apresentam desafios de aprendizagem.

Assim, entende-se que os resultados advindos deste estudo podem ultrapassar os limites da instituição pesquisada, servindo como referência para a consolidação de metodologias imersivas em outros contextos da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica e em cursos de engenharia em âmbito nacional, reforçando o papel dos Institutos Federais como protagonistas na transformação do ensino superior brasileiro.

Considerando o informado no capítulo de materiais e métodos, a natureza prática da pesquisa, envolvendo seres humanos como sujeitos participantes, esta foi devidamente submetida e aprovada pelo Comitê de Ética do Instituto Federal de Educação, Ciência e

Tecnologia do Ceará, para assegurar os direitos dos integrantes, sob o número CAAE 81477024.1.0000.5589.

Voltando-se ao procedimento de aplicação prática da pesquisa, em um primeiro momento, como forma comprovar a esta concepção, foi realizada uma pesquisa diagnóstica, através de um questionário (apêndice G), para mensurar o nível de conhecimento prévio dos docentes sobre as ferramentas de RA e RV e como estas vêm contribuir na sua formação pedagógica. O critério de inclusão é: docentes que ministram disciplinas relacionadas ao Projeto Arquitetônico em turmas de nível superior no âmbito do IFCE. A pesquisa carrega como resultado o nível de conhecimento dos docentes acerca dos conceitos e aplicações da RA e RV, além da sua importância para o processo de formação docente, utilizando estratégias relacionadas ao *VAR-Learning*. Os resultados da coleta de dados serão apresentados e analisados no capítulo seguinte.

Segundo Parasuraman (1991), um questionário é tão somente um conjunto de questões, feito para gerar os dados necessários para se atingir os objetivos do projeto. Esse documento, portanto, possui como objetivo realizar o levantamento do atual conhecimento dos professores acerca do tema. Tal grupo de especialistas será indicado com o termo “juízes” posteriormente (Alexandre; Coluci, 2011; Medeiros *et al.*, 2015). Adicionalmente, serão selecionados os professores que demonstram domínio prático do assunto em questão, visto que possuem experiência profissional significativa na área.

O questionário diagnóstico com os docentes considerados “juízes” será do tipo semiestruturado devido à flexibilidade que oferece, permitindo uma abordagem mais adaptável às respostas dos entrevistados. Isso possibilita explorar em profundidade certos tópicos, enquanto permite espaço para informações adicionais que podem surgir durante a pesquisa.

Posteriormente à conclusão do preenchimento do questionário diagnóstico com os docentes “juízes”, foi aplicado em sala de aula para os alunos participantes da pesquisa, matriculados nos cursos superiores de Engenharia Civil e Engenharia de Produção Civil, indicados no quadro 3, que preenchessem um questionário diagnóstico do tipo estruturado (apêndice G), com o objetivo de compreender sobre o nível de conhecimento prévio dos alunos acerca de Projeto Arquitetônico e conceitos de RA e RV.

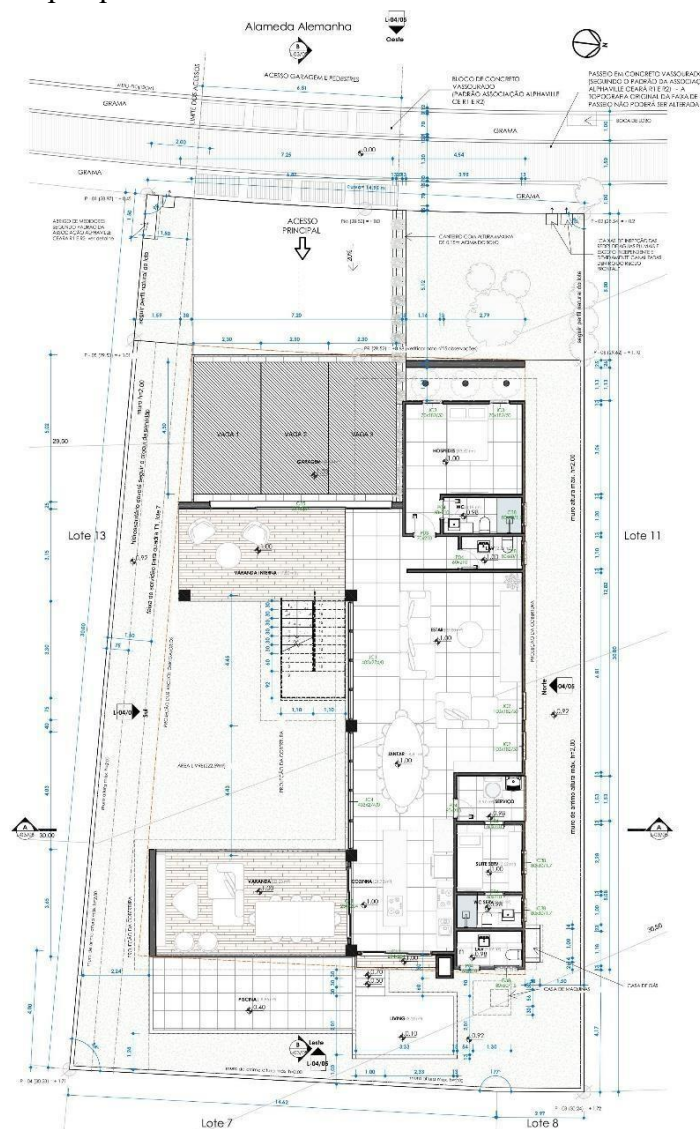
Na etapa subsequente, foi apresentada aos docentes responsáveis pelas disciplinas participantes uma explanação detalhada acerca da metodologia proposta nas sequências didáticas *AR-Design* e *VR-Design*, com o intuito de dirimir eventuais dúvidas relacionadas a conceitos e procedimentos a serem aplicados em sala de aula. A partir dessa preparação inicial,

deu-se continuidade à execução do planejamento da aula nº 1, conforme disposto nos quadros 4 e 5. Considerando, entretanto, a limitação de tempo disponível, uma vez que a pesquisa contou com apenas dois encontros para a abordagem dos conteúdos, optou-se pela adoção da sequência didática *VAR-Design*, resultante da integração das propostas *AR-Design* e *VR-Design*. Essa estratégia permitiu contemplar, de forma articulada, os fundamentos e práticas de RA e RV nos *campi* selecionados para o desenvolvimento da investigação.

Anteriormente à aplicação das aulas nos três *campi* participantes, foi realizado, com o acompanhamento dos docentes responsáveis pelas respectivas disciplinas, uma discussão sobre os conceitos básicos de RA, RV, Metaverso e sua aplicação no projeto arquitetônico, além de abordar sobre as principais normas técnicas e convenções gráficas utilizadas no itinerário formativo dos alunos. Em posse dos resultados dos questionários diagnósticos preenchidos pelos discentes, foi possível conduzir uma discussão coletiva, destacando as possíveis contribuições da RA e RV para mitigar dificuldades comuns, tais como a transição entre representações 2D e 3D nas disciplinas. Ao final da aula, foi solicitado aos alunos o desenvolvimento de um texto ou uma preparação para discussão oral sobre as potencialidades desse instrumento tecnológico para a disciplina, sendo indicada uma apresentação de forma oral na segunda aula da sequência didática.

Na aula seguinte, em posse dos óculos de Realidade Aumentada e Virtual Meta® Quest 3 com o *software* Trimble® *SketchUp Viewer* instalado, foi solicitado que os alunos acessassem os projetos referentes às edificações indicadas nos quadros 4 e 5, por meio do *software* em versão educacional Autodesk® Autocad, conforme exemplo na figura 39. Foi ressaltado, ainda, para os alunos que os projetos utilizados na pesquisa foram cedidos pelo autor destes projetos exclusivamente para objetivos educacionais, conforme apêndice D, não sendo possível utilizá-los para outros fins sem a expressa autorização do autor, sujeito à violação de direito autoral, prevista na Lei nº 9.610/98.

Figura 39 - Projeto do térreo de edificação 2 utilizado na pesquisa.



Fonte: Autor (2025).

Em seguida, foram acessadas as edificações 1 e 2 no *software SketchUp Viewer* por meio dos óculos. Aos alunos, foi fornecida a oportunidade de manipular as edificações por meio deste equipamento, comparando com os desenhos arquitetônicos bidimensionais no *Autocad*. Através da utilização de um projetor em sala de aula, tornou-se possível que os outros alunos observassem a interação visual do usuário que manipulava os óculos em tempo real.

Os alunos tiveram, pois, a oportunidade de explorar o modelo em ambiente de RA e RV, alternando as tecnologias para a mesma edificação e buscando compreender os elementos arquitetônicos presentes, além de analisar e comparar proporções, escalas e relações espaciais. Após os alunos se encontrarem cientes da ferramenta de RA e RV e dos elementos

arquitetônicos, foi explicado para os alunos que alguns elementos foram ocultados no projeto bidimensional no *Autocad*. Os alunos, utilizando os óculos em RA e RV, iniciaram a investigação percorrendo os modelos tridimensionais e identificando os elementos ausentes, comparando-os com a versão bidimensional. Logo, a atividade contribuiu para o aprimoramento da percepção detalhada, para o incentivo à investigação crítica e para a consolidação prática do pensamento espacial.

Ao final da aula, solicitou-se que alguns alunos apresentem, de forma livre e breve, os pontos principais de seus trabalhos elaborados na aula nº 1. Ainda, organizou-se um debate guiado, no qual a turma foi convidada a refletir sobre as potencialidades da RA e RV no ensino de Projeto Arquitetônico, sugerindo novas possibilidades e novos desafios. Na etapa seguinte, foram apresentados novos exemplos de utilização destas ferramentas para a Engenharia, utilizando os óculos de realidade mista, permitindo o manuseio deste equipamento pelos alunos que demonstraram interesse.

Antes do término da aula, foi solicitado que os alunos respondessem a um questionário final do tipo semiestruturado, para fins de analisar se a estratégia de ensino tivera seus objetivos atingidos. Este questionário, presente no apêndice G, será discutido no capítulo seguinte, em conjunto aos demais questionários utilizados. Para os docentes, foi solicitado o preenchimento de um questionário de Validação de Sequência Didática (apêndice G), conforme diretrizes apontadas por Alexandre e Coluci (2011), em que os docentes são considerados pelo termo “juízes” e responsáveis pela validação de uma estratégia didática, com resultados apontados através de uma fórmula matemática abordada no capítulo de resultados e discussão a seguir.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente capítulo possui como finalidade apresentar e analisar os resultados obtidos a partir da aplicação prática das sequências didáticas fundamentadas no modelo *VAR-Learning* e presentes nos capítulos anteriores. As atividades foram desenvolvidas em disciplinas relacionadas ao projeto arquitetônico nos cursos superiores de Engenharia Civil e engenharia de Produção Civil ofertadas pelo IFCE, conforme descrito no capítulo anterior, abrangendo diferentes etapas de coleta e validação de dados.

A análise organiza-se em quatro eixos principais: (4.1) pesquisa diagnóstica com docentes, visando identificar o nível de familiaridade com as tecnologias de RA e RV; (4.2) pesquisa diagnóstica com discentes, voltada à verificação de conhecimentos prévios e dificuldades no campo da visualização espacial e representação gráfica; (4.3) Pesquisa final aplicada aos alunos, com o objetivo de mensurar e compreender os impactos pedagógicos da proposta após a execução das Sequências Didáticas; e (4.4) Validação da proposta por docentes considerados “juízes”, mediante aplicação do Índice de Validade de Conteúdo (IVC), conforme indicado por Alexandre e Coluci (2011).

Ainda, como métodos de análise dos dados, foi adotada a metodologia ciclo de avaliação *ex post* (após a aplicação), presente na metodologia *Design Science Research* (DSR), segundo Hevner *et al.* (2004). Este ciclo consistiu na aplicação prática das Sequências Didáticas elaboradas no modelo *VAR-Learning* junto a docentes e discentes dos cursos de Engenharia do IFCE. Ou seja, o ciclo corresponde à aplicação prática da SD baseada em *VAR-Learning*, seguida da coleta de dados por meio dos questionários diagnósticos e finais e da validação de conteúdo pelos docentes-juízes, por meio do Índice de Validade de Conteúdo (IVC).

A partir dessa implementação os questionários de natureza estruturada, foram submetidos à análise estatística descritiva, permitindo mensurar frequências e variações nos níveis de conhecimento e percepção dos participantes ao longo das etapas da pesquisa. Já as questões abertas foram examinadas por meio da análise de conteúdo, conforme Bardin (2016), a fim de identificar categorias emergentes relacionadas às percepções, dificuldades e potencialidades atribuídas ao uso das tecnologias imersivas. Esse processo permitiu verificar a eficácia pedagógica, a clareza metodológica e a aplicabilidade prática do artefato desenvolvido, em consonância com o ciclo de avaliação do DSR.

Ressalta-se que o diálogo entre as evidências empíricas e os referenciais teóricos possibilita refletir sobre a pertinência do modelo *VAR-Learning* e sua aplicabilidade no

contexto do ensino de Engenharia, particularmente no que se refere ao desenvolvimento da HVE e à formação de competências críticas, reflexivas e colaborativas. A seguir, serão detalhados os resultados dos questionários, integrando-se com suas respectivas análises e, no apêndice J, apresentam-se as tabelas de análise das respostas conforme os métodos de Análise estatística descritiva, para os dados quantitativos, e de análise de conteúdo (Bardin, 2016) (apêndice K), para os resultados expressados de forma qualitativa.

#### 4.1 Pesquisa diagnóstica com docentes

Considerando o exposto no capítulo anterior desta pesquisa, a etapa inicial da investigação consistiu na aplicação de um questionário diagnóstico aos docentes responsáveis pelas disciplinas participantes nos cursos de Engenharia Civil e engenharia de Produção Civil do IFCE antes da aplicação das SDs em sala de aula. O objetivo principal foi identificar o nível de conhecimentos prévios desses professores com os conceitos e ferramentas de RA e RV, assim como compreender suas percepções acerca da aplicabilidade pedagógica dessas tecnologias no ensino de conteúdos gráficos. Tal diagnóstico permitiu levantar informações preliminares essenciais para a adequação das SDs às necessidades reais do corpo docente. Foi obtido um total de três respostas, uma vez que a pesquisa foi aplicada aos docentes em três cursos, indicados no quadro 3 anteriormente detalhado.

Em primeiro lugar, foram solicitadas dos docentes, informações pessoais, tais como nomes completos, e-mails e em quais *campi* atuam, buscando facilitar uma identificação exata nos questionários. A pergunta seguinte foi:

Questão nº 1: Você ministra ou já ministrou alguma disciplina que envolva conceitos de projeto arquitetônico no ensino superior, voltada para as Engenharias, no âmbito da educação profissional e tecnológica?

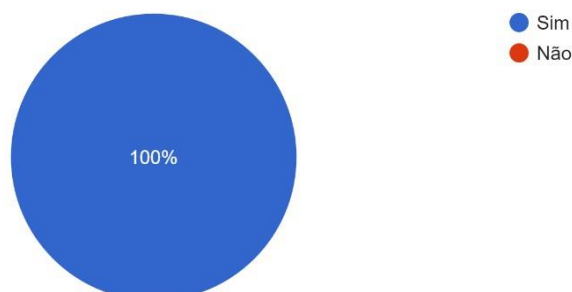
Tal questionamento justifica-se pela necessidade de identificar o perfil dos docentes participantes da pesquisa e a pertinência de suas experiências acadêmicas em relação ao objeto de estudo. Essa questão funciona como critério de inclusão, delimitando a amostra aos professores que efetivamente atuam ou já atuaram em disciplinas que articulam conteúdos de Projeto Arquitetônico com a formação em Engenharia, aspecto central da investigação.

Como respostas, obtiveram-se os resultados indicados no gráfico 1.

### Gráfico 1 - Respostas sobre a questão nº 1 / diagnóstico docentes.

Você ministra ou já ministrou alguma disciplina que envolva conceitos de Projeto Arquitetônico no Ensino Superior, voltada para as Engenharias, no âmbito da Educação Profissional e Tecnológica?

3 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

As respostas evidenciam que os docentes participantes possuem efetiva experiência no ensino de disciplinas que abordam conteúdos relacionados ao projeto arquitetônico, aplicados no contexto dos cursos de engenharia. Tal constatação é fundamental, pois confirma que o grupo de respondentes atende ao critério de inclusão definido pela pesquisa, garantindo a pertinência das informações coletadas e a legitimidade da análise.

O fato de todos os docentes declararem atuação direta ou pregressa em disciplinas dessa natureza demonstra que suas percepções refletem vivências pedagógicas concretas, relacionadas às dificuldades, potencialidades e metodologias empregadas no ensino de representação gráfica e de projeto para Engenharias.

Questão nº 2: Quais foram as maiores dificuldades apresentadas pelos alunos que se tornaram obstáculos para o aprendizado adequado na (s) disciplina (s) que envolva(m) projeto arquitetônico?

A pergunta foi desenvolvida com o objetivo de mapear os principais desafios pedagógicos enfrentados no processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos gráficos e projetuais. Essa questão permite acessar, a partir da experiência docente, os fatores que comprometem a assimilação dos conceitos fundamentais do projeto arquitetônico, frequentemente associados a limitações na visualização espacial, na interpretação de representações bidimensionais e tridimensionais ou ainda em lacunas formativas anteriores.

Ao ser formulada em caráter de perguntas abertas, a pergunta possibilita que os docentes relatem dificuldades de ordem cognitiva, metodológica, técnica ou até mesmo relacionadas a aspectos motivacionais e estruturais, revelando detalhes que não poderiam ser compreendidos em questões do tipo estruturadas. Essa estratégia está em consonância com o princípio de que

os instrumentos semiestruturados favorecem maior profundidade de análise, ao permitir a emergência de categorias não previstas pelo pesquisador (Alexandre; Coluci, 2011). Como resposta, apresentou-se o quadro 6.

Quadro 6 - Respostas sobre a questão nº 2 / diagnóstico docentes.

| <b>Questão nº 2:</b> Quais foram as maiores dificuldades apresentadas pelos alunos que se tornaram obstáculos para o aprendizado adequado na (s) disciplina (s) que envolva(m) Projeto Arquitetônico? |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Docente                                                                                                                                                                                               | Resposta                                                                                                                                                                                                                                                            |
| A                                                                                                                                                                                                     | As interpretações e análises dos elementos e representações do projeto em 2D são os maiores obstáculos. Por isso, para as explicações iniciais e entendimento geral utilizo exemplos e modelos em 3D para que os alunos possam ter melhor compreensão dos projetos. |
| B                                                                                                                                                                                                     | A visualização tridimensional a partir de desenhos bidimensionais.                                                                                                                                                                                                  |
| C                                                                                                                                                                                                     | O fato de ainda estarem no segundo semestre nesta etapa: ainda não cursaram desenho assistido por computador e não têm clareza acerca dos sistemas construtivos.                                                                                                    |

Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

Analisando as respostas apresentadas pelos docentes, é possível identificar que as maiores dificuldades enfrentadas pelos estudantes nas disciplinas relacionadas ao projeto arquitetônico estão vinculadas à capacidade de interpretação e de representação gráfica. O docente A aponta que os obstáculos mais significativos se encontram na interpretação e análise dos elementos representados em projetos bidimensionais (2D). Esse desafio demonstra a dificuldade de abstração espacial por parte dos discentes, que frequentemente não conseguem transpor representações técnicas para uma compreensão integral do espaço arquitetônico. Para minimizar tais desafios, o professor relata recorrer ao uso de exemplos e modelos tridimensionais (3D), favorecendo a construção de uma compreensão mais concreta dos projetos.

O docente B, por sua vez, destaca a dificuldade específica de realizar a visualização tridimensional a partir de desenhos bidimensionais. Essa constatação aponta a ideia de que a

habilidade de espacialização ainda não se encontra plenamente desenvolvida entre os alunos, comprometendo a interpretação correta dos projetos e, conseqüentemente, o aprendizado efetivo dos conteúdos.

O docente C relaciona a dificuldade dos estudantes ao momento formativo em que se encontram, uma vez que muitos ainda estão no segundo semestre do curso e, portanto, não cursaram disciplinas como o desenho assistido por computador, além de não possuírem clareza sobre os sistemas construtivos. Tal lacuna evidencia que parte dos obstáculos decorre não apenas de limitações cognitivas ou perceptivas, mas também da sequência curricular e da falta de conhecimentos prévios essenciais para o desenvolvimento de competências em projeto.

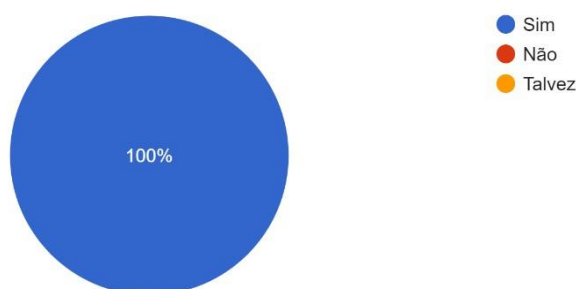
Questão nº 3: Você acredita que a utilização de recursos tecnológicos interativos possui a capacidade de otimizar o processo de ensino da(s) disciplina(s)?

O questionamento apresenta-se como um ponto estratégico dentro do questionário aplicado, pois busca captar a percepção dos docentes em relação ao papel das tecnologias digitais no ensino de disciplinas ligadas ao projeto arquitetônico. Sua relevância decorre do fato de que o ensino de engenharia exige, cada vez mais, estratégias pedagógicas que transcendam a mera transmissão de conteúdos, favorecendo a aprendizagem ativa, a construção de habilidades espaciais e a integração com ferramentas digitais utilizadas no mercado de trabalho. Os resultados estão dispostos no gráfico 2.

Gráfico 2 - Respostas sobre a questão nº 3 / diagnóstico docentes.

Você acredita que a utilização de recursos tecnológicos interativos possuem a capacidade de otimizar o processo de ensino da(s) disciplina(s) ?

3 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

Os resultados obtidos e representados no gráfico 2 indicam que houve total nível de concordância entre os docentes quanto à capacidade dos recursos tecnológicos interativos de potencializar o ensino das disciplinas analisadas. O indicativo de unanimidade de respostas afirmativas revela que os professores reconhecem a pertinência dessas ferramentas para suprir

as dificuldades identificadas na questão anterior, tais como a interpretação de representações bidimensionais, a visualização espacial e a compreensão de sistemas construtivos.

Esse resultado sugere que, embora existam barreiras curriculares e cognitivas enfrentadas pelos estudantes, os docentes percebem nos recursos tecnológicos uma alternativa pedagógica eficaz para mediar o processo de aprendizagem. A adoção de RA e RV, por exemplo, amplia a imersão e a interação dos alunos com os conteúdos, aproximando-os de situações práticas que simulam ou complementam a realidade do campo profissional da engenharia.

Questão nº 4: Em algum momento, você já utilizou os óculos de realidade aumentada e virtual?

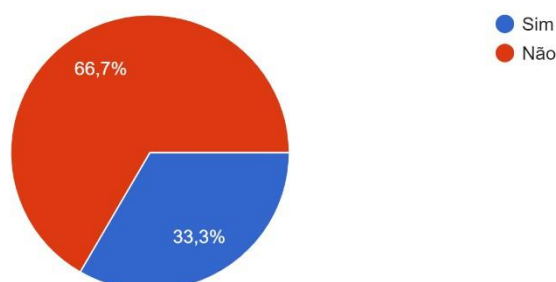
O questionamento busca identificar o nível de familiaridade prévia dos docentes com as tecnologias imersivas. Esse dado é importante para compreender o ponto de partida da investigação, uma vez que o conhecimento e a experiência prática com dispositivos de RA e RV influenciam diretamente as percepções dos professores sobre a viabilidade pedagógica dessas ferramentas.

Ao indagar sobre o uso efetivo dos óculos, a questão vai além de verificar apenas o conhecimento teórico ou a aceitação da tecnologia, permitindo avaliar se os docentes tiveram vivências reais de interação imersiva. Isso é fundamental porque a experiência prática tende a reduzir resistências, ampliar a compreensão das potencialidades educacionais e favorecer a adoção de metodologias inovadoras (Kenski, 2012; Valente, 2019). Além disso, esse questionamento dialoga com estudos sobre inovação didática que apontam a importância da formação docente mediada por práticas concretas para que a tecnologia deixe de ser percebida como um recurso distante e passe a ser incorporada de forma significativa ao processo de ensino-aprendizagem. Como resultado, obteve-se o gráfico 3.

Gráfico 3 - Respostas sobre a questão nº 4 / diagnóstico docentes.

Em algum momento, você já utilizou os óculos de Realidade Aumentada e Virtual?

3 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

Os resultados representados no gráfico 3 indicam que a maioria dos docentes (66,7%) não havia utilizado os óculos de RA e RV anteriormente, enquanto apenas uma parcela minoritária (33,3%) declarou já ter tido contato com tal dispositivo. Esse dado evidencia que, embora os professores reconheçam (como indicado na questão nº 3) o potencial das tecnologias interativas para otimizar o processo de ensino, ainda há um distanciamento prático em relação ao uso efetivo das ferramentas.

Tal cenário aponta para uma lacuna significativa na formação e na experiência docente, uma vez que o desconhecimento operacional pode gerar insegurança e dificuldades na adoção de metodologias inovadoras. Ao mesmo tempo, o resultado reforça a relevância da presente pesquisa, pois demonstra a necessidade de criar ambientes de experimentação pedagógica em que os docentes possam manipular as tecnologias, compreender seu funcionamento e refletir criticamente sobre sua aplicação em sala de aula.

Questão nº 5: Em uma escala de 0 a 3, onde "0" significa "Nenhum" e "3" significa "Avançado", qual o seu nível de conhecimento sobre as possibilidades de aplicação da realidade aumentada nos processos de ensino?

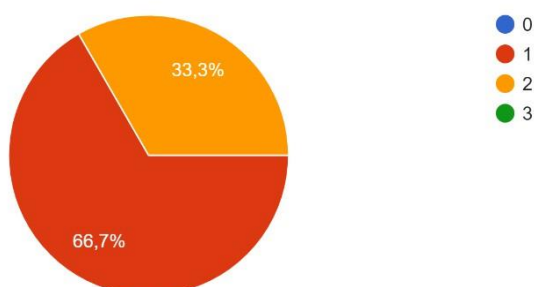
O questionamento permite mensurar de forma objetiva o nível de conhecimento prévio dos docentes a respeito das aplicações da RA no ensino. Ao utilizar uma escala numérica (0 a 3), a questão possibilita a obtenção de dados quantificáveis que facilitam a análise comparativa e a identificação do grau de familiaridade com o tema.

Do ponto de vista metodológico, essa questão é essencial porque funciona como um marcador diagnóstico. Diferentemente de perguntas sobre percepção ou aceitação da tecnologia, ela revela a profundidade do domínio conceitual e prático que os professores possuem sobre a RA, fornecendo subsídios para compreender até que ponto há necessidade de capacitação docente. Tal aspecto é fundamental em pesquisas que envolvem inovação pedagógica, visto que a adoção de novas ferramentas educacionais está diretamente condicionada ao nível de conhecimento e segurança que os docentes têm em sua aplicação (Kenski, 2012; Moran, 2018). Apresentou-se, como resultado, o gráfico 4.

**Gráfico 4 - Respostas sobre a questão nº 5 / diagnóstico docentes.**

Em uma escala de 0 a 3, onde "0" significa "Nenhum" e "3" significa "Avançado", qual o seu nível de conhecimento sobre as possibilidades de aplicação...a Realidade Aumentada nos processos de Ensino?

3 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

A análise das respostas revela que o nível de conhecimento dos docentes sobre a aplicação da RA no ensino varia de baixo a moderado, sem registros que indiquem domínio avançado. Observa-se que 66,7% dos respondentes atribuíram nota “1”, sinalizando um conhecimento inicial, enquanto outros 33,3% indicaram nível “2”, representando uma familiaridade intermediária.

Esse resultado evidencia que, embora haja certo reconhecimento sobre a importância da RA, o corpo docente ainda não domina plenamente suas potencialidades pedagógicas. Em termos práticos, isso significa que os professores conhecem a existência da tecnologia e suas possíveis aplicações, mas ainda não desenvolveram experiência consolidada em utilizá-la de forma sistemática no processo de ensino-aprendizagem.

A predominância de níveis baixos e intermediários reforça a constatação da lacuna formativa dos docentes no que tange às tecnologias imersivas, já destacadas na questão nº 4. Contudo, o fato de alguns professores já indicarem conhecimento intermediário demonstra a existência de uma base inicial de compreensão que pode ser expandida por meio de capacitações, oficinas ou práticas experimentais, servindo como ponto de apoio para a implementação gradual de sequências didáticas baseadas em *VAR-Learning*.

Questão 6: Em uma escala de 0 a 3, onde "0" significa "Nenhum" e "3" significa "Avançado", qual o seu nível de conhecimento sobre as possibilidades de aplicação da realidade virtual nos processos de ensino?

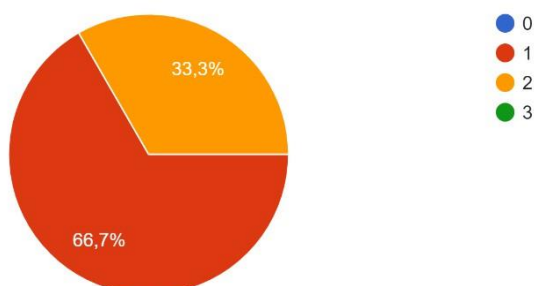
A interrogação apresenta-se como elemento fundamental para compreender o grau de domínio dos docentes em relação à RV. Sua formulação em escala possibilita mensurar quantitativamente o nível de conhecimento, facilitando comparações entre diferentes sujeitos e permitindo a identificação de padrões no grupo investigado.

Do ponto de vista metodológico, a pertinência dessa questão reside no fato de que a RV, assim como a RA, constitui um dos pilares do conceito de *VAR-Learning*, sendo importante verificar o nível de conhecimento prévio dos docentes. Enquanto a questão anterior (questão nº 5) centrou-se na RA, esta direciona o foco para a RV, permitindo contrastar percepções e identificar eventuais discrepâncias entre os dois campos tecnológicos. Além disso, o questionamento cumpre papel diagnóstico ao indicar não apenas o conhecimento declarado, mas também as possíveis lacunas formativas existentes no corpo docente. Tal informação é relevante, pois a efetiva implementação de metodologias imersivas em sala de aula depende de um nível mínimo de compreensão conceitual e prática por parte dos professores, sem o qual a tecnologia tende a ser subutilizada ou até rejeitada (Moran, 2018; Valente, 2019). O gráfico 5 apresenta o resultado.

Gráfico 5 - Respostas sobre a questão nº 6 / diagnóstico docentes.

Em uma escala de 0 a 3, onde "0" significa "Nenhum" e "3" significa "Avançado", qual o seu nível de conhecimento sobre as possibilidades de aplicação da Realidade Virtual nos processos de Ensino?

3 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

A análise das respostas demonstra que o nível de conhecimento dos docentes sobre as aplicações da RV no ensino situa-se predominantemente entre os níveis baixo e intermediário, não havendo registro de domínio avançado. 66,7% dos participantes atribuíram nota “1” (conhecimento inicial), enquanto outros 33,3% indicaram nível “2” (familiaridade moderada). Esse resultado confirma a existência de uma lacuna significativa na formação docente quanto ao uso pedagógico da RV, o que pode apresentar uma oportunidade para a adoção imediata dessa tecnologia no contexto educacional. Quando comparados aos resultados da questão nº 5, nota-se que a percepção sobre a RA e a RV são iguais, sugerindo que ambos os campos tecnológicos ainda são pouco explorados pelos docentes, mas vistos como áreas com potencial de desenvolvimento. A ausência de respostas no nível avançado aponta para a necessidade de programas de formação continuada, oficinas práticas e criação de espaços de

experimentação pedagógica que aproximem os professores das ferramentas imersivas.

Questão 7: No caso de prévio conhecimento sobre estas tecnologias, você acredita que a realidade aumentada pode ser aplicada como ferramenta para otimização do ensino de projeto arquitetônico? Por quê?

A questão busca compreender não apenas o nível de aceitação dos docentes em relação à RA, mas também as justificativas pedagógicas e didáticas que fundamentam essa aceitação. Sua importância decorre do caráter qualitativo e exploratório, já que se diferencia das questões anteriores ao permitir que os professores expressem suas percepções de forma mais reflexiva. Enquanto as questões 5 e 6 mensuraram o nível de conhecimento dos docentes em escala quantitativa, a questão nº 7 permite investigar como esse conhecimento (ainda que inicial) se traduz em posicionamentos críticos sobre a aplicabilidade da RA no ensino de disciplinas que envolvem projeto arquitetônico.

Além disso, o questionamento é metodologicamente pertinente porque contribui para revelar categorias emergentes relacionadas ao uso da RA, tais como: melhorias na visualização espacial, superação de dificuldades de interpretação bidimensional, aproximação da prática profissional e potencial para motivar os alunos. Essas percepções, vindas de experiências docentes, possibilitam validar ou contrastar pressupostos teóricos sobre os benefícios da RA no ensino de engenharia (Sorby; Drummer; Molzon, 2006; Moran, 2018). O quadro 7 apresenta as respostas dos docentes participantes.

Quadro 7 - Respostas sobre a questão nº 7 / diagnóstico docentes.

| <b>Questão nº 7:</b> No caso de prévio conhecimento sobre estas tecnologias, você acredita que a realidade aumentada pode ser aplicada como ferramenta para otimização do ensino de projeto arquitetônico? Por quê? |                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Docente                                                                                                                                                                                                             | Resposta                                                                                                                                                      |
| A                                                                                                                                                                                                                   | Conheço pouco sobre o assunto, mas já vi muitos vídeos que demonstram a utilização da Realidade Aumentada como ferramenta no ensino de Projeto Arquitetônico. |
| B                                                                                                                                                                                                                   | Sim. Pois facilita a compreensão de projetos de construção civil em seus respectivos locais de execução.                                                      |
| C                                                                                                                                                                                                                   | Sim, pois a imersão faz com que o aluno compreenda as proporções e a organização dos espaços que ele está propondo.                                           |

Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

As respostas apresentadas pelos docentes A, B e C indicam que há um reconhecimento do potencial da RA como ferramenta de otimização do ensino de projeto arquitetônico. Os professores destacaram que a RA contribui para mitigar as lacunas identificadas nas questões anteriores, especialmente no que se refere à dificuldade dos alunos em compreender representações bidimensionais e traduzi-las em visualizações tridimensionais.

Apesar de algumas limitações reconhecidas – como a falta de domínio técnico dos docentes ou a necessidade de infraestrutura adequada – as respostas reforçam que a RA é vista como uma ferramenta pedagógica promissora. O consenso entre os participantes aponta para um terreno fértil de inovação, no qual a tecnologia é percebida não como substituta, mas como complementar as metodologias tradicionais de ensino.

Questão 8: No caso de prévio conhecimento sobre estas tecnologias, você acredita que a realidade virtual pode ser aplicada como ferramenta para otimização do ensino de projeto arquitetônico? Por quê?

A questão nº 8 complementa a anterior ao direcionar o foco para a RV, permitindo comparar percepções docentes sobre duas tecnologias distintas, ainda que complementares. Sua relevância está em verificar se os professores reconhecem na RV potencialidades semelhantes ou diferentes da RA no processo de ensino-aprendizagem, especialmente em disciplinas que envolvem projeto arquitetônico.

Essa questão é metodologicamente estratégica uma vez que possibilita compreender quais dimensões pedagógicas os docentes consideram mais impactadas por sua aplicação, como a imersão total em ambientes virtuais, a manipulação espacial e a simulação de situações reais de projeto. Enquanto a RA atua como um conjunto de informação sobre o mundo físico, a RV permite criar ambientes digitais totalmente imersivos, o que a torna particularmente relevante para a engenharia e para o ensino de visualização de elementos arquitetônicos. O resultado é apresentado no quadro 8.

Quadro 8 - Respostas sobre a questão nº 8 / diagnóstico docentes.

| <b>Questão nº 8:</b> No caso de prévio conhecimento sobre estas tecnologias, você acredita que a realidade virtual pode ser aplicada como ferramenta para otimização do ensino de projeto arquitetônico? Por quê? |                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Docente                                                                                                                                                                                                           | Resposta                                                                                                                                                                                                                      |
| A                                                                                                                                                                                                                 | Sobre a realidade virtual, também, não tenho conhecimento profundo, mas já fiz uso com alguns alunos em sala de aula, analisando algumas possibilidades.                                                                      |
| B                                                                                                                                                                                                                 | Sim. Pois facilita a compreensão da leitura e interpretação de projetos, tanto para profissionais como para leigos.                                                                                                           |
| C                                                                                                                                                                                                                 | Sim. Já é aplicada, através de modelagem de edificações em <i>softwares</i> 3D e da criação de passeios virtuais pela edificação, apresentando ótimos resultados. Mas sensação da R.A. é mais intensa quando comparada à R.V. |

Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

As respostas evidenciam que os docentes reconhecem uma importante aplicabilidade da RV no ensino de Projeto Arquitetônico. O consenso predominante é que a RV otimiza significativamente a aprendizagem desta área. Esse reconhecimento confirma que os professores enxergam a tecnologia como instrumento pedagógico eficaz para superar dificuldades históricas no ensino da área, reforçando sua pertinência como componente central da pesquisa.

Questão 9: Você estaria disposto a aplicar novas metodologias de ensino na(s) disciplina(s), visando comparar os resultados de aprendizagem ao utilizar ferramentas de Realidade Aumentada e Virtual?

A última pergunta do questionário apresenta-se como um indicador de receptividade docente para a implementação de práticas pedagógicas inovadoras, aspecto importante para a aplicabilidade de qualquer proposta de intervenção educacional. Conforme Kenski (2012) e Valente (2018), a disposição dos professores para experimentar novas abordagens tecnológicas constitui um fator determinante na efetiva incorporação de ferramentas digitais ao processo de ensino-aprendizagem.

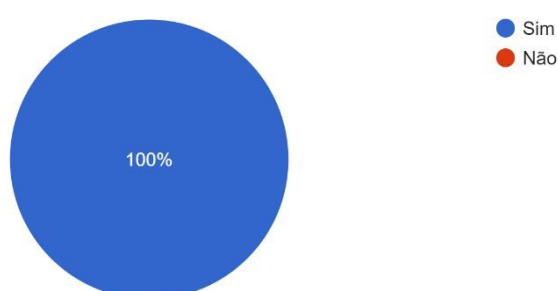
A questão também se alinha com os pressupostos da pesquisa-ação participativa, na qual os docentes não são apenas objetos de estudo, mas colaboradores ativos no processo investigativo. Ao indagar sobre a disposição para aplicar novas metodologias, a pergunta busca identificar não apenas a aceitação teórica das tecnologias imersivas, mas o comprometimento

prático necessário para sua implementação em contexto real de sala de aula. Este aspecto é particularmente relevante considerando que as questões anteriores do questionário já haviam identificado lacunas significativas no conhecimento dos docentes sobre RA e RV. Como resultado, tem-se o gráfico 6.

**Gráfico 6 - Respostas sobre a questão nº 9 / diagnóstico docentes.**

Você estaria disposto a aplicar novas metodologias de ensino na(s) disciplina(s), visando comparar os resultados de aprendizagem ao utilizar ferramentas de Realidade Aumentada e Virtual?

3 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

Os resultados obtidos na questão revelam um cenário favorável para a implementação da proposta metodológica desta pesquisa. A análise dos dados indica que 100% dos docentes participantes manifestaram disposição para aplicar novas metodologias de ensino utilizando ferramentas de realidade aumentada e virtual em suas disciplinas, resultado que contrasta positivamente com as limitações de conhecimento prévio identificadas nas questões anteriores.

Este resultado apresenta significativa relevância metodológica, pois indica que, apesar das lacunas formativas identificadas nas questões nº 5 e nº 6, onde os docentes demonstraram conhecimento inicial a intermediário sobre as aplicações pedagógicas de RA e RV, há uma disposição significativa para a experimentação prática dessas tecnologias. Tal constatação sugere que a falta de domínio técnico não constitui uma barreira para a adoção de metodologias inovadoras, desde que sejam proporcionados suporte adequado e capacitação prévia.

Este resultado indica que os professores reconhecem a necessidade de superar as dificuldades pedagógicas identificadas na questão nº 2 - relacionadas à interpretação de representações bidimensionais e visualização espacial pelos estudantes - através da incorporação de ferramentas tecnológicas interativas.

## 4.2 Pesquisa diagnóstica com discentes

Posteriormente à aplicação do questionário diagnóstico com os docentes, foi aplicado um questionário de verificação com os alunos dos cursos superiores de Engenharia Civil (IFCE *campi* Morada Nova e Fortaleza) e Engenharia de Produção Civil (IFCE *campi* Quixadá). O objetivo principal foi diagnosticar o conhecimento prévio e as percepções dos alunos acerca do uso de tecnologias imersivas, especificamente a RA e RV, no ensino de projeto arquitetônico dentro dos cursos de engenharia do IFCE. A partir das questões formuladas, busca-se identificar o grau de familiaridade dos estudantes com os conceitos e aplicações dessas tecnologias, bem como entender as dificuldades enfrentadas na compreensão e visualização dos elementos de projeto arquitetônico utilizando as metodologias tradicionais.

Além disso, o instrumento explora a frequência de utilização dos óculos de RA e RV pelos alunos, bem como seu nível de conhecimento sobre essas tecnologias, estabelecendo uma avaliação qualitativa e quantitativa que subsidia o desenvolvimento de métodos baseados no conceito de *VAR-Learning*. Solicitaram-se, aos alunos participantes, dados de identificação, incluindo denominação completa, endereços eletrônicos, localização de suas respectivas unidades institucionais e uma confirmação de que são alunos de cursos relacionados às Engenharias e se estariam cursando alguma disciplina que aborde sobre conceitos de desenho ou projeto arquitetônico, com o propósito de assegurar a identificação precisa dos respondentes nos instrumentos de coleta de dados. Os questionamentos seguintes apresentados consistiram em:

Questão nº 1: Em uma escala de 0 a 3, onde "0" significa "Nenhum" e "3" significa "Avançado", qual o seu nível de conhecimento acerca dos conteúdos relacionados ao projeto arquitetônico?

A questão apresenta-se como ponto inicial estratégico no questionário, pois permite mensurar o conhecimento prévio dos estudantes em relação a um dos eixos centrais da formação em engenharia: o domínio dos fundamentos de projeto arquitetônico. Esta competência é fundamental para a compreensão de representações gráficas, leitura de plantas, cortes e fachadas, bem como para o desenvolvimento da visualização espacial, considerada habilidade essencial para a formação do engenheiro (Sorby; Drummer; Molzon, 2006).

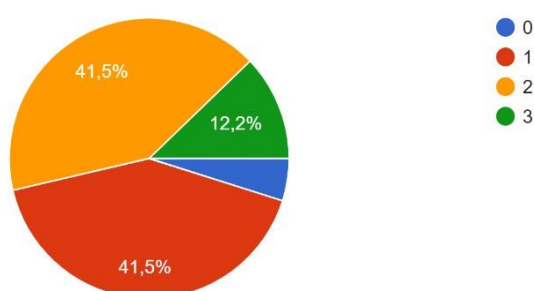
Do ponto de vista metodológico, a utilização de uma escala ordinal de 0 a 3 permite não apenas identificar a autopercepção dos alunos sobre seus conhecimentos, mas também estabelecer categorias de análise que contribuem para mapear o perfil da turma em termos de preparo inicial. Essa informação é importante para orientar a adequação das sequências didáticas propostas no modelo *VAR-Learning*, uma vez que diferentes níveis de domínio

exigem distintas estratégias pedagógicas de mediação. Além disso, esse diagnóstico inicial possibilita verificar eventuais lacunas no processo formativo e relacioná-las a dificuldades já apontadas na literatura no ensino de projeto arquitetônico, como a transição entre representações bidimensionais e tridimensionais. Como resposta, tem-se o gráfico 7.

Gráfico 7 - Respostas sobre a questão nº 1 / diagnóstico discentes.

Em uma escala de 0 a 3, onde "0" significa "Nenhum" e "3" significa "Avançado", qual o seu nível de conhecimento acerca dos conteúdos relacionados ao Projeto Arquitetônico?

41 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

Os dados evidenciam que a maioria dos discentes concentra-se nos níveis intermediários da escala, indicando domínio limitado ou apenas intermediário dos conteúdos relacionados ao projeto arquitetônico. A baixa incidência de respostas no nível “3” (avançado) demonstra que poucos estudantes se percebem plenamente preparados para lidar com os conceitos e práticas próprias da disciplina, o que confirma a existência de lacunas formativas significativas.

Esse resultado revela dois aspectos: a maioria dos alunos participantes ingressou nas disciplinas de Projeto com dificuldades prévias na interpretação de representações gráficas e na visualização espacial; e que há um espaço de intervenção pedagógica promissor para a adoção de metodologias imersivas, como RA e RV, capazes de mitigar essas fragilidades. A presença de respostas nos níveis “0” e “1” corrobora a necessidade de repensar estratégias tradicionais de ensino, uma vez que os métodos convencionais não têm sido suficientes para garantir a consolidação do conhecimento básico nessa área.

A presença de alunos nos níveis “2” e “3”, somando-se como a maioria, reforça a importância de propostas didáticas flexíveis e adaptativas, que consigam atender tanto estudantes em estágio inicial quanto aqueles que já possuem maior familiaridade com os conteúdos.

Questão nº 2: Você percebe alguma dificuldade em relação à linguagem técnica utilizada nos projetos da disciplina?

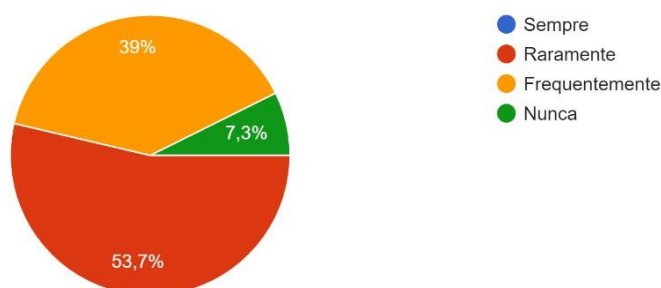
A questão busca identificar as barreiras cognitivas e linguísticas que podem comprometer a aprendizagem no campo do projeto arquitetônico. A linguagem técnica, composta por normas, símbolos, convenções gráficas e terminologia específica, constitui um código próprio do projeto arquitetônico. Sem o domínio adequado dessa linguagem, os discentes encontram dificuldades na interpretação correta de plantas, cortes, fachadas e detalhamentos construtivos, o que impacta diretamente sua formação profissional.

Do ponto de vista metodológico, essa questão complementa a anterior (questão nº 1), uma vez que, além de medir o nível de conhecimento autodeclarado, investiga a percepção dos alunos sobre os obstáculos relacionados à comunicação técnica própria da área. Ao tratar de dificuldades de linguagem, o questionamento permite verificar em que medida os problemas de compreensão não decorrem apenas da falta de conhecimento prévio, mas também da ausência de familiaridade com códigos gráficos e terminológicos que exigem aprendizagem sistemática. O gráfico 8 apresenta as respostas.

Gráfico 8 - Respostas sobre a questão nº 2 / diagnóstico discentes.

Você percebe alguma dificuldade em relação à linguagem técnica utilizada nos projetos da disciplina?

41 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

O gráfico 8 indica que uma parcela menor dos discentes (7,3%) reconhece jamais enfrentar dificuldades relacionadas à linguagem técnica dos projetos, enquanto outra parcela opta por “raramente” ou “frequentemente”. Esse resultado é consistente com os desafios historicamente relatados no ensino de projeto arquitetônico, em especial entre estudantes em fase inicial da graduação, que ainda não consolidaram o domínio dos códigos gráficos e terminológicos.

Esta predominância de respostas que confirmam alguma dificuldade sobre a linguagem técnica demonstra que esta linguagem se configura como um desafio relevante no processo de ensino-aprendizagem, impactando não apenas a interpretação de desenhos bidimensionais, mas

também a capacidade de relacioná-los a representações tridimensionais e à prática projetual. Esse cenário reforça a necessidade de metodologias pedagógicas que não apenas transmitem o conteúdo, mas também possibilitem a vivência prática e contextualizada dos códigos gráficos, favorecendo a compreensão por meio de simulações, exemplos aplicados e uso de tecnologias de RA e RV.

Questão nº 3: Você sente alguma dificuldade em relação à visualização e ao entendimento dos elementos de projeto solicitados na disciplina?

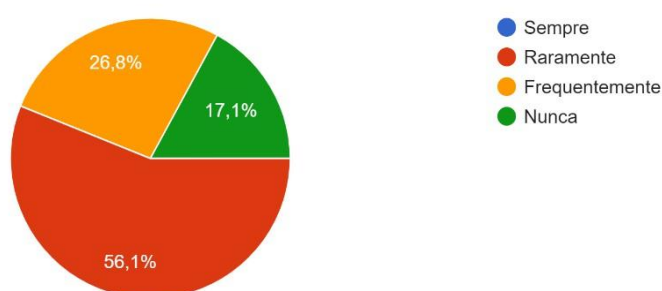
A pergunta aborda sobre uma das competências cognitivas mais importantes no processo de ensino-aprendizagem em projeto arquitetônico que é a capacidade de visualização espacial. Por isso, a inclusão dessa questão justifica-se pela necessidade de identificar até que ponto os alunos enfrentam barreiras na interpretação de plantas, cortes, fachadas e demais representações arquitetônicas, que exigem articulação entre escalas, dimensões e simbologias. Dificuldades nesse campo tendem a impactar diretamente o desempenho acadêmico, uma vez que limitam a compreensão global do projeto e dificultam a tomada de decisões no processo de concepção e detalhamento.

Apresenta-se, como resposta pelos discentes participantes, o gráfico 9.

Gráfico 9 - Respostas sobre a questão nº 3 / diagnóstico discentes.

Você sente alguma dificuldade em relação à visualização e ao entendimento dos elementos de projeto solicitados na disciplina?

41 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

Logo, a maioria dos discentes reconhece enfrentar alguma dificuldade na visualização e no entendimento dos elementos de projeto da disciplina, mesmo que de forma rara. Esse resultado é consistente com estudos que apontam a visualização espacial como um dos maiores desafios na formação em Engenharia e Arquitetura, especialmente entre estudantes em fases iniciais, que ainda não desenvolveram plenamente essa competência.

A predominância de respostas positivas à percepção de dificuldade indica que os métodos tradicionais de ensino, baseados em representações estáticas em duas dimensões, não têm sido suficientes para garantir a consolidação dessa habilidade. Esse dado reforça a pertinência da adoção de tecnologias de visualização interativa, como RA e RV, capazes de fornecer experiências imersivas que ampliem a compreensão das relações espaciais, melhorando a transição entre representações bidimensionais e tridimensionais.

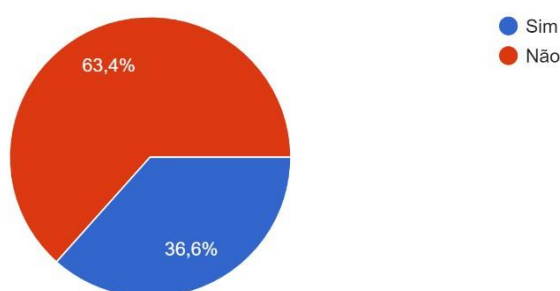
Questão nº 4: Você já utilizou óculos de realidade aumentada e virtual?

A questão teve como finalidade identificar se os discentes já haviam tido contato prático com óculos de RA e RV. A formulação desse questionamento justifica-se pela necessidade de compreender o nível de familiaridade prévia dos alunos com os dispositivos, uma vez que a experiência direta com a tecnologia constitui fator determinante para a apropriação de seus potenciais pedagógicos. Conforme aponta Valente (2019) e Moran (2018), a vivência prática é essencial para que o estudante consiga relacionar o conceito teórico com sua aplicação efetiva, ampliando as possibilidades de aprendizagem significativa. Dessa forma, identificar o grau de exposição prévia dos discentes aos óculos de RA e RV contribui para contextualizar o cenário em que a pesquisa se desenvolve, além de permitir a análise das barreiras que ainda limitam o uso dessas ferramentas no ensino superior. Como resposta, obteve-se o gráfico 10.

Gráfico 10 - Respostas sobre a questão nº 4 / diagnóstico discentes.

Você já utilizou óculos de Realidade Aumentada e Virtual?

41 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

A análise dos resultados do gráfico 10 revelou que a maioria dos estudantes (63,4%) declarou nunca ter utilizado óculos de RA ou RV, enquanto uma parcela reduzida afirmou já ter tido contato com esses equipamentos. Esse dado evidencia a escassa difusão dessas tecnologias no contexto acadêmico dos respondentes, o que sugere a ausência de práticas

pedagógicas sistematizadas que integrem experiências imersivas ao currículo. A predominância da ausência de experiência prática reforça a relevância da proposta da presente investigação, uma vez que demonstra a necessidade de proporcionar aos discentes oportunidades de vivência com recursos que simulam e ampliam a percepção espacial.

Questão nº 5: Em uma escala de 0 a 3, onde "0" significa "Nenhum" e "3" significa "Avançado", qual seu nível de conhecimento acerca da realidade aumentada?

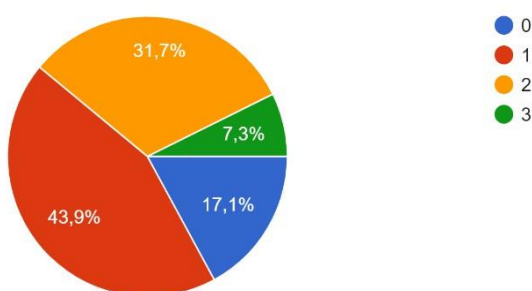
A questão buscou mensurar o nível de conhecimento declarado pelos discentes em relação à RA, utilizando uma escala de 0 a 3, em que “0” representa ausência de conhecimento e “3” denota domínio avançado. A justificativa para a inclusão dessa questão encontra-se na necessidade de identificar o ponto de partida cognitivo dos alunos no que diz respeito à temática investigada. Essa informação é fundamental para compreender as lacunas existentes na formação acadêmica e orientar a construção de estratégias didáticas adaptadas ao perfil da turma.

Segundo Lévy (1999) e Valente (2019), a aprendizagem significativa ocorre quando novos conteúdos se conectam a estruturas de conhecimento previamente consolidadas; portanto, aferir o nível de conhecimento prévio dos discentes é um passo essencial para a efetividade de propostas pedagógicas que envolvem tecnologias emergentes. O gráfico 11 aponta os resultados.

Gráfico 11 - Respostas sobre a questão nº 5 / diagnóstico discentes.

Em uma escala de 0 a 3, onde "0" significa "Nenhum" e "3" significa "Avançado", qual seu nível de conhecimento acerca da Realidade Aumentada?

41 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

A interpretação dos resultados demonstrou que a maior parte dos alunos declarou possuir pouco ou nenhum conhecimento acerca da RA, concentrando-se entre os níveis 0 e 1 da escala. Houve uma quantidade reduzida de respostas situadas no nível intermediário (2), e uma

pequena manifestação no nível avançado (3). Esse cenário revela que, embora o conceito de RA seja conhecido em termos gerais, sua compreensão aprofundada e aplicada ainda não integra de forma efetiva a formação acadêmica dos respondentes. O predomínio de níveis iniciais evidencia a ausência de contato sistemático com a RA no contexto curricular e reforça a necessidade de inseri-la de maneira planejada no processo de ensino-aprendizagem. Esse dado sugere a existência de um potencial colaborativo em sala de aula, em que alunos com maior familiaridade podem atuar como mediadores, contribuindo para a disseminação de práticas relacionadas à RA.

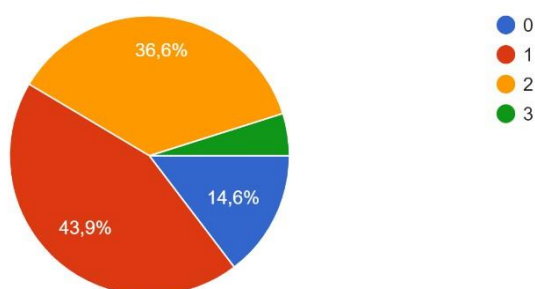
Questão nº 6: Em uma escala de 0 a 3, onde "0" significa "Nenhum" e "3" significa "Avançado", qual seu nível de conhecimento acerca da Realidade Virtual?

A questão teve como objetivo identificar o nível de conhecimento declarado pelos discentes acerca da RV, utilizando a mesma escala de 0 a 3 aplicada anteriormente à RA. A justificativa para essa pergunta fundamenta-se na necessidade de estabelecer uma comparação entre as duas tecnologias imersivas, uma vez que ambas possuem aplicabilidades significativas no ensino de projeto arquitetônico. Avaliar a autopercepção dos estudantes em relação à RV permite compreender o quanto esse recurso, amplamente difundido em áreas de entretenimento e simulação, já se insere no repertório acadêmico dos respondentes. Além disso, segundo Johnson *et al.* (2016), mensurar o conhecimento prévio sobre tecnologias emergentes possibilita ajustar metodologias pedagógicas, adequando-as ao nível de familiaridade dos aprendizes. A resposta apresenta-se no gráfico 12.

Gráfico 12 - Respostas sobre a questão nº 6 / diagnóstico discentes.

Em uma escala de 0 a 3, onde "0" significa "Nenhum" e "3" significa "Avançado", qual seu nível de conhecimento acerca da Realidade Virtual?

41 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

Os resultados obtidos revelaram uma concentração predominante das respostas nos níveis iniciais da escala (0 e 1), com pequena incidência de declarações de conhecimento

intermediário (nível 2) e ausência de registros no nível avançado (3). Esse padrão mostra-se semelhante ao observado na questão nº 5, referente à realidade aumentada, indicando que tanto RA quanto a RV permanecem como conceitos pouco explorados de forma aprofundada no percurso formativo dos estudantes. Tal constatação evidencia a limitação de iniciativas curriculares que integrem essas tecnologias, restringindo seu uso a esferas extracurriculares ou a contatos pontuais em contextos não acadêmicos.

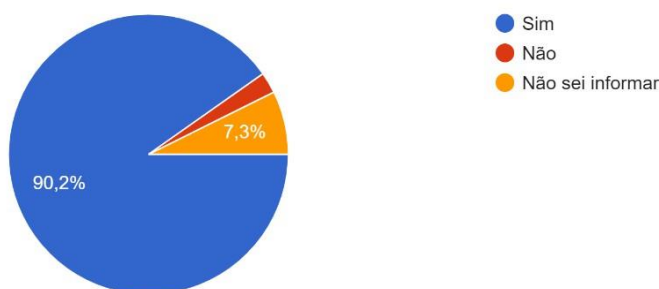
Questão nº 7: Na sua opinião, a realidade aumentada e realidade virtual possuem capacidade de mitigar eventuais obstáculos ao ensino e aprendizado de projeto arquitetônico?

O questionamento foi elaborado com o propósito de captar a percepção dos discentes acerca do potencial da RA e RV como ferramentas capazes de mitigar desafios no ensino e aprendizagem de projeto arquitetônico. Diferentemente das questões anteriores, voltadas à experiência prévia e ao nível de conhecimento, esta indagação buscou avaliar a dimensão atitudinal, isto é, a forma como os estudantes concebem a aplicabilidade pedagógica das tecnologias imersivas. A justificativa para tal abordagem reside no entendimento de que a aceitação e a valorização de uma tecnologia educacional pelos discentes constituem fatores determinantes para o êxito de sua implementação (Valente, 2019). Como resposta, tem-se o gráfico 13.

Gráfico 13 - Respostas sobre a questão nº 7 / diagnóstico discentes.

Na sua opinião, a Realidade Aumentada e Realidade Virtual possuem capacidade de mitigar eventuais obstáculos ao ensino e aprendizado de Projeto Arquitetônico?

41 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

A análise das respostas evidenciou que a maior parte dos estudantes (90,2%) reconhece o potencial da RA e da RV para mitigar dificuldades recorrentes no processo de ensino-aprendizagem de projeto arquitetônico. Entre tais obstáculos, destacam-se a limitação na visualização espacial de modelos bidimensionais, a dificuldade de interpretação de plantas e cortes arquitetônicos e a transposição de representações gráficas para concepções

tridimensionais. Essa percepção positiva indica que, mesmo diante do baixo nível de conhecimento e da reduzida experiência prática constatada nas questões anteriores, os discentes compreendem a relevância das tecnologias imersivas para ampliar a clareza e a interatividade nos processos formativos.

O gráfico 13 revelou predominância de respostas afirmativas quanto ao potencial pedagógico da RA e da RV, o que sugere abertura para a adoção dessas ferramentas no contexto acadêmico. Tal posicionamento converge com a literatura especializada, onde aponta que ambientes imersivos podem favorecer a aprendizagem significativa, a motivação e o engajamento dos alunos, além de estimular o desenvolvimento de competências práticas e cognitivas essenciais ao campo da Arquitetura e Engenharia (Sorby; Drummer; Molzon, 2006; Bailenson, 2018).

#### **4.3 Questionário final - discentes**

Posteriormente à aplicação em sala de aula das sequências didáticas, foi aplicado um questionário avaliativo final com os discentes. Esta aplicação apresenta-se como etapa importante do processo investigativo, uma vez que permite avaliar, sob a perspectiva dos estudantes, a efetividade das sequências didáticas baseadas no modelo *VAR-Learning*. Diferentemente do questionário diagnóstico inicial, voltado à identificação de conhecimentos prévios e dificuldades enfrentadas no ensino de projeto arquitetônico, o instrumento final tem como objetivo verificar em que medida a metodologia aplicada contribuiu para a superação dessas lacunas e para o fortalecimento da aprendizagem.

Um total de 33 respostas foram coletadas, uma vez que nem todos os 41 discentes que participaram da pesquisa optaram por respondê-la em sua integralidade. Ao contemplar questões de natureza tanto objetiva quanto subjetiva, o questionário possibilita a coleta de dados quantitativos, que apontam tendências gerais de compreensão e aceitação da proposta e qualitativos, que registram percepções, críticas e sugestões dos alunos, enriquecendo a análise interpretativa.

Além disso, o questionário final exerce uma importância validativa, na medida em que mensura o alcance dos objetivos pedagógicos inicialmente propostos, como a compreensão dos conceitos de RA, RV e metaverso, assim como sua aplicação prática no contexto do ensino de engenharia. A análise das respostas permite identificar convergências e divergências entre teoria e prática, oferecendo subsídios para ajustes metodológicos futuros e para a consolidação do

conceito de *VAR-Learning* como alternativa viável de ensino. Tal procedimento está em consonância com a perspectiva da triangulação metodológica (Bueno; Alves, 2020), ao integrar diferentes tipos de dados e pontos de vista, garantindo maior confiabilidade aos resultados obtidos. O questionário foi organizado em:

- a) estrutura geral (Q1, Q2 e Q3);
- b) conceitos gerais sobre metaverso, realidade aumentada e virtual (Q4, Q5, Q6);
- c) aplicação prática de sequência didática *VAR-Learning* (Q7, Q8, Q9, Q10, Q11, Q12, Q13, Q14).

De forma análoga ao questionário diagnóstico, solicitaram-se dados pessoais, como nome completo, endereço eletrônico e o campus onde atuam, com o intuito de assegurar uma identificação precisa nos questionários. Os questionamentos seguintes apresentaram-se da seguinte maneira:

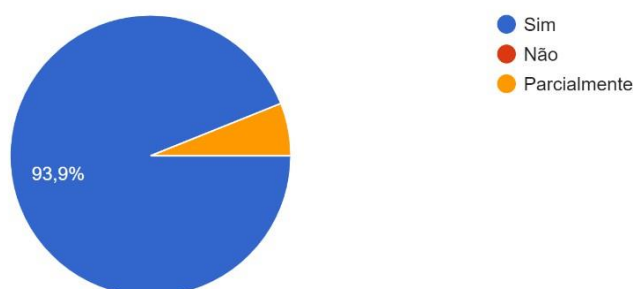
Questão nº 1: Você conseguiu compreender o tema da sequência didática?

A referida questão busca aferir a clareza e a efetividade da proposta pedagógica na seguinte dimensão: a compreensão do tema central trabalhado ao longo das atividades. Tal pergunta justifica-se pelo fato de que a assimilação do conteúdo constitui pré-requisito indispensável para qualquer processo de aprendizagem significativa (Ausubel, 2003), sendo necessário verificar se os estudantes, após vivenciarem a metodologia baseada em *VAR-Learning*, conseguiram construir entendimento sobre o tema abordado. Além disso, ao ser formulada de modo direto e objetivo, a questão permite captar a percepção imediata dos discentes sobre a inteligibilidade da sequência didática, funcionando como um indicador de validação inicial da proposta. Como resultado, tem-se o gráfico 14.

Gráfico 14 - Respostas sobre a questão nº 1 / final discentes.

Você conseguiu compreender o tema da Sequência Didática?

33 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

A análise das respostas do gráfico 14 evidencia uma predominância de avaliações

positivas (93,9%), uma vez que a maioria dos alunos declarou ter compreendido o tema apresentado. Essa tendência revela que a metodologia aplicada alcançou seu propósito de oferecer condições didáticas adequadas para a compreensão dos conceitos trabalhados. As respostas afirmativas indicam que os recursos tecnológicos empregados, aliados à abordagem prática, favoreceram a construção de sentido pelos discentes, reduzindo dificuldades históricas relacionadas ao ensino de conteúdos gráficos e projetuais em Engenharia.

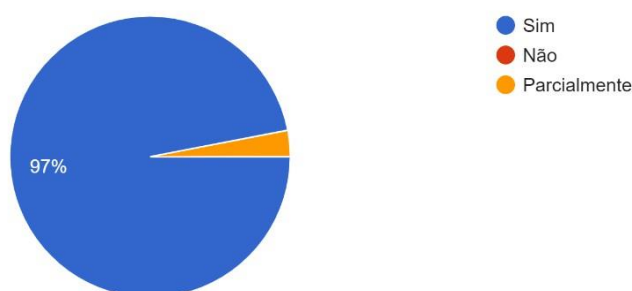
Questão nº 2: Você conseguiu compreender os objetivos presentes na sequência didática?

Esta questão justifica-se pela necessidade de verificar se os discentes não apenas compreenderam o tema central da sequência didática, mas também internalizaram os objetivos pedagógicos que orientaram sua construção. Em termos metodológicos, essa pergunta permite avaliar a clareza da proposta educacional e a sua capacidade de comunicar finalidades explícitas de aprendizagem. Segundo Zabala (1998), a definição clara de objetivos é determinante para que os estudantes consigam situar-se no processo formativo, compreender os caminhos propostos e relacioná-los ao desenvolvimento de competências profissionais. A resposta está indicada no gráfico 15.

Gráfico 15 - Respostas sobre a questão nº 2 / final discentes.

Você conseguiu compreender os objetivos presentes na Sequência Didática?

33 respostas



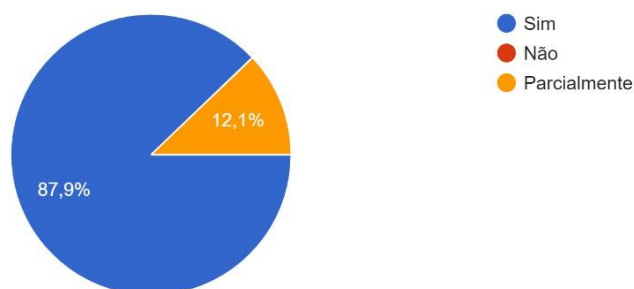
Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

A análise das respostas indica que a maioria dos discentes (97%) declarou ter compreendido os objetivos apresentados, demonstrando que a metodologia baseada em *VAR-Learning* foi capaz de articular intencionalidade pedagógica e prática de ensino-aprendizagem. Esse resultado reforça a ideia de que os recursos de RA e RV, quando integrados em sequências didáticas estruturadas, contribuem para tornar mais visíveis e acessíveis as metas formativas da disciplina.

Questão nº 3: Você conseguiu compreender a metodologia presente na sequência didática?

O questionamento está vinculado à necessidade de avaliar a clareza e a transparência da metodologia utilizada na aplicação das sequências didáticas baseadas no conceito de *VAR-Learning*. Diferentemente de conteúdos conceituais ou objetivos finais, a metodologia diz respeito ao processo, isto é, à forma como os conhecimentos foram trabalhados em sala de aula. Para Bardin (2016), a compreensão do método empregado constitui fator decisivo para a participação ativa do estudante, uma vez que possibilita o engajamento consciente nas atividades propostas. O gráfico 16 apresenta os resultados pelos discentes.

Gráfico 16 - Respostas sobre a questão nº 3 / final discentes.  
Você conseguiu compreender a metodologia presente na Sequência Didática?  
33 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

As respostas revelam que a maior parte dos discentes (87,9%) declarou ter compreendido a metodologia, o que demonstra que as etapas propostas foram apresentadas de forma clara e acessível. Isso indica que a combinação de atividades expositivas, experimentação prática com tecnologias imersivas e momentos de reflexão crítica foi percebida como coerente e inteligível pelos participantes.

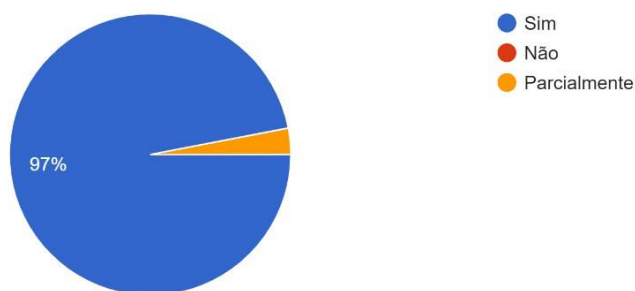
Questão nº 4: Você compreendeu os conceitos abordados na primeira etapa da sequência didática, tais como metaverso, realidade aumentada e virtual?

A pergunta foi elaborada com a finalidade de verificar se os discentes haviam internalizado os fundamentos conceituais necessários para a continuidade da experiência didática. A compreensão inicial desses conceitos é essencial, pois eles não apenas sustentam teoricamente o modelo *VAR-Learning*, mas também fornecem a base cognitiva para a execução das atividades práticas subsequentes. Segundo Ausubel (2003), a aprendizagem significativa ocorre quando novos conhecimentos se conectam a estruturas cognitivas já existentes; logo, ao avaliar a assimilação conceitual, assegura-se que os alunos estejam aptos a realizar essa conexão entre teoria e prática. Como resultado, tem-se o gráfico 17.

### Gráfico 17 - Respostas sobre a questão nº 4 / final discentes.

Você compreendeu os conceitos abordados na primeira etapa da sequência didática, tais como Metaverso, Realidade Aumentada e Virtual?

33 respostas



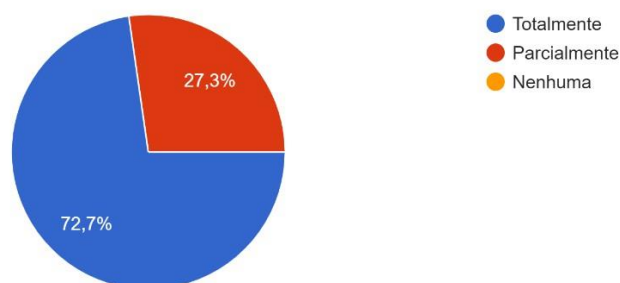
Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

A análise das respostas evidencia que a maioria dos estudantes (97%) declarou ter compreendido os conceitos trabalhados, ainda que parte dos discentes tenha assinalado compreensão parcial. Esse resultado confirma que a metodologia utilizada para introduzir metaverso, RA e RV foi eficaz, mas também revela a necessidade de estratégias de reforço. Um percentual de 3% dos estudantes enfrentou algumas dificuldades devido à novidade do tema ou à ausência de experiências prévias com ferramentas imersivas, aspectos já apontados como fatores que podem limitar a assimilação inicial (Kenski, 2012; Valente, 2019).

Questão nº 5: Qual a relevância do tema abordado para sua formação acadêmica?

A questão justifica-se pela necessidade de compreender a percepção discente sobre o alinhamento entre o conteúdo explorado e a sua trajetória formativa. Avaliar a relevância atribuída pelos estudantes ao tema é essencial, pois um dos fatores que influenciam diretamente a motivação e o engajamento no processo de aprendizagem é a percepção de utilidade do conteúdo em relação aos objetivos pessoais e profissionais (Moran, 2018). Nesse sentido, ao incluir a questão, a pesquisa busca aferir se a introdução das tecnologias imersivas atende a expectativas reais dos alunos e se contribui para a construção de competências demandadas pelo mercado de trabalho, especialmente no setor da construção civil, em que a visualização e a simulação tridimensional são práticas cada vez mais valorizadas. As respostas foram organizadas, de forma ilustrativa, no gráfico 18.

Gráfico 18 - Respostas sobre a questão nº 5 / final discentes.  
Qual a relevância do tema abordado para sua formação acadêmica?  
33 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

Os resultados apontaram que a maioria dos alunos (72,7%) reconhece a pertinência do tema para sua formação acadêmica, embora alguns (27,3%) tenham indicado relevância apenas parcial. Essa tendência confirma a hipótese de que a integração de RA, RV e metaverso ao ensino de projeto arquitetônico pode fortalecer a relação entre os conteúdos acadêmicos e a prática profissional, aproximando a universidade das demandas tecnológicas atuais.

O reconhecimento da relevância, por parte dos discentes, evidencia não apenas a aceitação positiva da metodologia, mas também o potencial das sequências didáticas em contribuir para uma formação mais crítica e alinhada às transformações digitais que impactam a engenharia. Entretanto, a indicação de relevância parcial sugere que, para alguns estudantes, ainda persiste a necessidade de maior explicitação das conexões entre teoria e prática, de forma que os conceitos abordados sejam sempre contextualizados em situações reais de atuação profissional.

Questão nº 6: O vocabulário adotado nesta primeira etapa foi compreensível?

A justificativa para a elaboração desta questão está fundamentada na premissa de que a clareza da linguagem é condição indispensável para a aprendizagem efetiva. Em áreas técnicas, como a engenharia, a utilização de terminologias específicas é inevitável; contudo, o emprego inadequado ou excessivamente complexo de termos pode gerar barreiras na comunicação pedagógica, dificultando a compreensão e a apropriação dos conceitos. Assim, ao questionar os discentes sobre a clareza do vocabulário empregado, a pesquisa buscou verificar se a mediação didática foi suficientemente acessível, garantindo que a linguagem não se tornasse um obstáculo à aprendizagem. A resposta foi indicada no gráfico 19.

### Gráfico 19 - Respostas sobre a questão nº 6 / final discentes.

O vocabulário adotado nesta primeira etapa foi compreensível?

33 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

A análise das respostas do gráfico 19 demonstrou que todos os alunos participantes consideraram o vocabulário compreensível. Esse dado sugere que a linguagem adotada pelo docente conseguiu, em linhas gerais, equilibrar a precisão técnica com a acessibilidade. A importância de uma linguagem compreensível e adequada auxilia a alcançar os objetivos indicados nas SDs.

Questão nº 7: Inicialmente, você compreendeu o objetivo apresentado para a 2ª etapa, utilizando de forma prática elementos de realidade aumentada e virtual para o ensino de projeto arquitetônico?

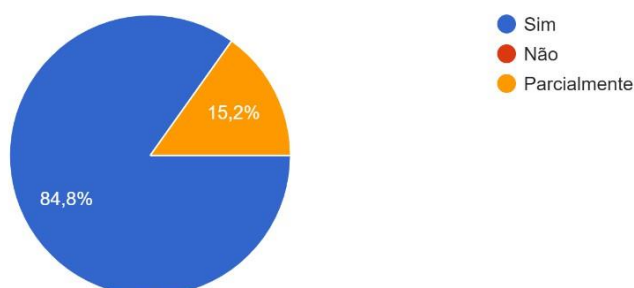
A elaboração da questão justifica-se pela necessidade de avaliar a clareza e a objetividade da proposta pedagógica apresentada na segunda etapa da sequência didática. Enquanto a primeira etapa foi dedicada à introdução conceitual de metaverso, RA e RV, a segunda etapa teve caráter essencialmente prático, permitindo ao discente aplicar diretamente os conceitos em situações de ensino-aprendizagem ligadas ao projeto arquitetônico. Nesse sentido, compreender os objetivos dessa etapa é condição fundamental para que os estudantes reconheçam o propósito das atividades práticas e consigam relacioná-las ao seu processo formativo.

De acordo com Zabala (1998), a clareza quanto aos objetivos das atividades educativas potencializa o engajamento e garante que os aprendizes consigam perceber o sentido e a finalidade do que está sendo abordado em sala de aula. Assim, a questão foi estruturada para mensurar se a comunicação docente e a mediação metodológica foram suficientemente eficazes em transmitir os propósitos da experiência prática, assegurando a participação consciente dos estudantes no processo. Como resposta, apresenta-se o gráfico 20.

### Gráfico 20 - Respostas sobre a questão nº 7 / final discentes.

Inicialmente, você compreendeu o objetivo apresentado para a 2ª etapa, utilizando de forma prática elementos de Realidade Aumentada e Virtual para o Ensino de Projeto Arquitetônico?

33 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

Segundo o gráfico 20, a maioria dos discentes (84,8%) compreendeu satisfatoriamente o objetivo da segunda etapa, indicando que a mediação pedagógica foi adequada e que os propósitos da atividade prática foram assimilados pela turma. Os registros apontam, entretanto, para a existência de respostas parciais (15,2%), sugerindo que alguns alunos tiveram dificuldade em relacionar de imediato o objetivo da atividade com a aplicação prática das tecnologias. Isso pode estar relacionado à complexidade inerente ao manuseio de ferramentas digitais de RA e RV, que muitas vezes exigem maior familiaridade técnica.

Ainda assim, o predomínio das respostas positivas revela que o planejamento didático conseguiu estabelecer um vínculo entre teoria e prática, favorecendo a apropriação dos recursos imersivos como ferramentas de apoio ao ensino de projeto arquitetônico. A constatação de uma minoria que indicou dificuldades não invalida o sucesso da metodologia, mas reforça a importância de aprimorar a explicação inicial dos objetivos e de oferecer acompanhamento mais individualizado durante a introdução de novos instrumentos tecnológicos.

**Questão nº 8:** Os exemplos práticos apresentados possuíram clareza para a compreensão do tema aplicado à sua formação?

A incorporação desta questão no questionário final justifica-se pela necessidade de avaliar a efetividade pedagógica dos exemplos práticos utilizados durante a aplicação da metodologia baseada em *VAR-Learning* no ensino de projeto arquitetônico. A clareza dos exemplos práticos constitui elemento fundamental no processo de aprendizagem significativa, uma vez que, segundo Ausubel (2003), os novos conhecimentos se ancoram em estruturas cognitivas preexistentes por meio de organizadores prévios que facilitam a compreensão.

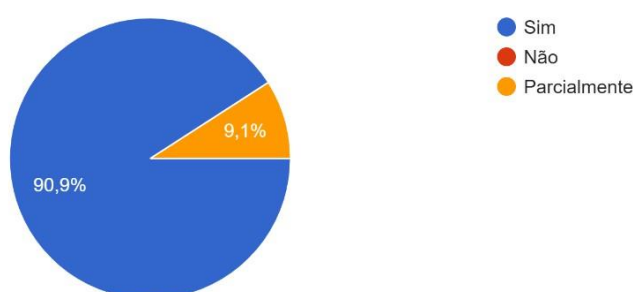
No contexto específico do ensino de engenharia, a utilização de exemplos práticos claros e contextualizados torna-se ainda mais relevante, considerando as dificuldades históricas dos

estudantes em visualizar e interpretar representações bidimensionais de projetos arquitetônicos. A questão busca verificar se os exemplos apresentados durante a experiência com RA e RV conseguiram estabelecer pontes cognitivas entre os conceitos teóricos e sua aplicação prática na formação profissional dos discentes, aspecto essencial para a consolidação do modelo *VAR-Learning* como estratégia pedagógica eficaz. O gráfico 21 apresentam os resultados.

Gráfico 21 - Respostas sobre a questão nº 8 / final discentes.

Os exemplos práticos apresentados possuíam clareza para a compreensão do tema aplicado à sua formação?

33 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

Os resultados apresentados no gráfico revelam que a maioria dos estudantes (90,9%) considerou que os exemplos práticos possuíam clareza total para a compreensão do tema, enquanto 9,1% indicaram clareza parcial, não havendo registros de ausência de clareza. Esta distribuição indica que a metodologia baseada em *VAR-Learning* conseguiu, em grande medida, cumprir seu objetivo de tornar mais acessível a compreensão dos conceitos relacionados ao projeto arquitetônico através de exemplos práticos contextualizados. A predominância de avaliações positivas sugere que a integração entre tecnologias imersivas e exemplos concretos de aplicação profissional atendeu às necessidades pedagógicas dos discentes, contribuindo para a superação das dificuldades de visualização espacial tradicionalmente enfrentada no ensino de disciplinas gráficas em engenharia.

Questão nº 9: Você sentiu dificuldades em manipular o software de projeto 2D durante a aplicação do exercício?

Esta questão foi formulada com o objetivo de identificar possíveis barreiras técnicas que poderiam comprometer a efetividade da metodologia baseada em *VAR-Learning*, especificamente relacionadas ao manuseio de *softwares* bidimensionais utilizados como base comparativa para a experiência imersiva. O domínio de ferramentas computacionais constitui competência essencial na formação contemporânea em engenharia, sendo fundamental

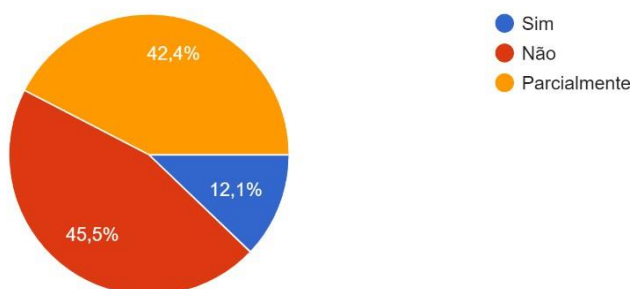
verificar se as dificuldades técnicas não se tornaram obstáculos ao processo de aprendizagem.

A questão permite, ainda, avaliar o nível de familiaridade prévia dos estudantes com *softwares* de projeto e identificar necessidades de capacitação complementar que possam otimizar futuras aplicações da metodologia. Além disso, conforme destacam Valente (2019) e Moran (2018), a integração eficaz de tecnologias educacionais depende não apenas da qualidade dos recursos disponíveis, mas também da capacidade dos usuários em operá-los adequadamente. A resposta foi indicada através do gráfico 22.

Gráfico 22 - Respostas sobre a questão nº 9 / final discentes.

Você sentiu dificuldades em manipular o software de projeto 2D durante a aplicação do exercício?

33 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

Os dados revelam um cenário relativamente equilibrado, com 45,5% dos estudantes declarando não ter sentido dificuldades no manuseio do *software* 2D, enquanto 12,1% relataram dificuldades e 42,4% indicaram dificuldades parciais. Esta distribuição sugere diferentes níveis de familiaridade prévia dos discentes com ferramentas computacionais de projeto, aspecto que pode ter influenciado a experiência individual de aprendizagem durante a aplicação da metodologia baseada no conceito de *VAR-Learning*.

Questão nº 10: Você sentiu dificuldades em manipular o dispositivo de visualização de realidade aumentada e virtual?

A inclusão desta questão justifica-se pela necessidade de avaliar a usabilidade e acessibilidade dos dispositivos de RA e RV utilizados na pesquisa, aspectos fundamentais para o sucesso da implementação da metodologia baseada em *VAR-Learning*.

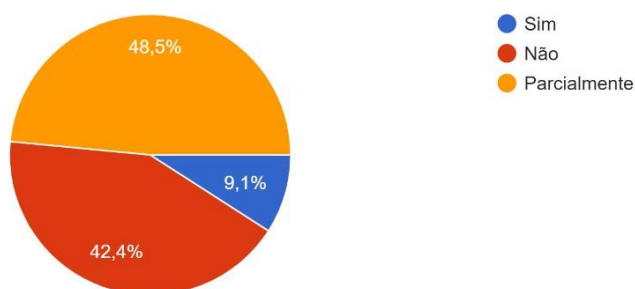
A questão permite identificar se as dificuldades técnicas no manuseio dos equipamentos constituíram barreiras significativas ao engajamento dos estudantes com o conteúdo, ou se a interface intuitiva dos dispositivos facilitou a apropriação da tecnologia. Além disso, considerando que a maioria dos discentes não possuía experiência prévia com óculos de realidade aumentada e virtual, conforme identificado no questionário diagnóstico, torna-se

essencial verificar se esta limitação inicial foi superada durante a experiência prática. O gráfico 23 indica o resultado apresentado pelos discentes.

Gráfico 23 - Respostas sobre a questão nº 10 / final discentes.

Você sentiu dificuldades em manipular o dispositivo de visualização de Realidade Aumentada e Virtual?

33 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

Os resultados demonstram que 42,4% dos estudantes não enfrentaram dificuldades significativas no manuseio dos dispositivos de RA e RV, enquanto 48,5% relataram dificuldades parciais e 9,1% indicaram dificuldades mais acentuadas. Esta distribuição revela que os dispositivos utilizados na pesquisa apresentaram boa usabilidade, permitindo que mais da metade dos participantes se adaptasse adequadamente à tecnologia durante o período de aplicação. O percentual equilibrado de usuários sem dificuldades ou com dificuldades parciais sugere que a interface dos equipamentos *Meta® Quest 3* e o *software SketchUp Viewer* ofereceram uma experiência suficientemente intuitiva para facilitar a apropriação da tecnologia pelos discentes.

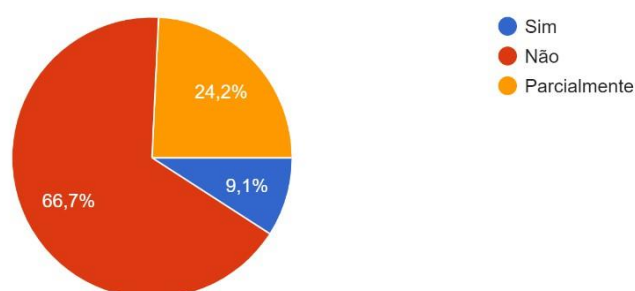
Questão nº 11: Você sentiu dificuldades em realizar as atividades propostas durante a aula nº 2?

Esta questão foi elaborada para avaliar a adequação metodológica das atividades práticas desenvolvidas na segunda etapa da sequência didática, momento em que os estudantes tiveram contato direto com as tecnologias de RA e RV aplicadas ao ensino de projeto arquitetônico. A justificativa para sua inclusão reside na necessidade de verificar se o planejamento pedagógico proposto estava alinhado com o nível de preparo e as capacidades dos discentes, aspecto fundamental para validar a efetividade da metodologia baseada em *VAR-Learning*.

Segundo Zabala (1998), a qualidade de uma sequência didática pode ser mensurada pela capacidade dos estudantes em executar as atividades propostas de forma progressiva e significativa. A questão permite identificar se eventuais dificuldades estavam relacionadas à

complexidade das tarefas, às limitações técnicas dos equipamentos, ou ao tempo disponível para a realização das atividades. Além disso, essa questão complementa as anteriores ao fornecer uma perspectiva integradora sobre a experiência prática dos estudantes. A resposta é ilustrada no gráfico 24.

Gráfico 24 - Respostas sobre a questão nº 11 / final discentes.  
Você sentiu dificuldades em realizar as atividades propostas durante a Aula nº 2?  
33 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

Os dados revelam que a maioria dos estudantes (66,7%) não enfrentou dificuldades na realização das atividades da aula nº 2, enquanto 24,2% relataram dificuldades parciais e apenas 9,1% indicaram dificuldades mais significativas. Esta distribuição evidencia que o planejamento das atividades práticas foi adequado ao perfil dos participantes, permitindo que a maior parte dos discentes executasse as tarefas propostas de forma satisfatória.

O baixo percentual de estudantes com dificuldades acentuadas sugere que a metodologia baseada em *VAR-Learning* conseguiu equilibrar adequadamente o nível de complexidade das atividades com as competências dos participantes, aspecto importante para o alcance do objetivo das propostas pedagógicas. A presença de dificuldades parciais em aproximadamente um quarto dos respondentes pode estar relacionada a fatores como diferenças individuais no ritmo de aprendizagem, variações no nível de familiaridade prévia com tecnologias ou necessidades específicas de acompanhamento personalizado.

Questão nº 12: Você percebeu alguma melhoria própria no processo de ensino e aprendizado da disciplina em relação à compreensão de projeto arquitetônico ao utilizar ferramentas de realidade aumentada e virtual?

A elaboração desta questão constitui elemento importante da avaliação da efetividade da metodologia baseada em *VAR-Learning*, pois busca captar a percepção autorreferenciada dos estudantes sobre os impactos da experiência imersiva em sua aprendizagem. Sua relevância fundamenta-se no princípio de que a aprendizagem significativa, conforme conceituada por

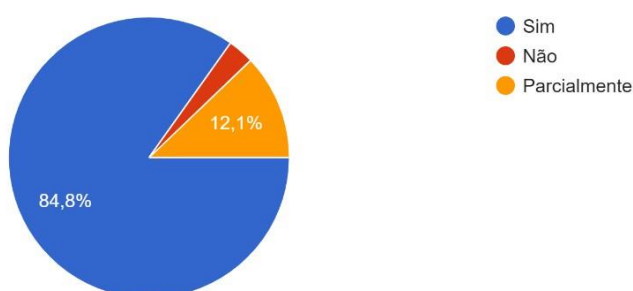
Ausubel (2003), pode ser identificada pela capacidade do próprio aprendiz de reconhecer mudanças qualitativas em sua compreensão conceitual.

No contexto específico do ensino de projeto arquitetônico, onde as dificuldades de visualização espacial e interpretação de representações bidimensionais constituem obstáculos históricos, a percepção de melhoria pelos próprios estudantes oferece indicador importante sobre o potencial das tecnologias imersivas. A questão alinha-se aos objetivos centrais da pesquisa ao verificar se a hipótese de que RA e RV podem mitigar dificuldades no ensino de projeto arquitetônico encontra um respaldo na experiência concreta dos discentes. O gráfico 25 indica o resultado do questionário aplicado.

Gráfico 25 - Respostas sobre a questão nº 12 / final discentes.

Você percebeu alguma melhoria própria no processo de ensino e aprendizado da disciplina em relação à compreensão de Projeto Arquitetônico a...ar ferramentas de Realidade Aumentada e Virtual?

33 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

Resultou-se em um total de 84,8%% dos estudantes relatando percepção de melhoria total em sua aprendizagem, 12,1% indicando melhoria parcial e apenas 3,1% não percebendo melhoria. Esta distribuição revela que a metodologia baseada em *VAR-Learning* alcançou seus objetivos principais ao proporcionar uma experiência de aprendizagem percebida como efetiva pela grande maioria dos participantes.

O percentual elevado de estudantes que reconhecem melhoria total em sua compreensão constitui forte evidência da capacidade das tecnologias imersivas de contribuir para a superação das dificuldades tradicionalmente enfrentadas no ensino de Projeto Arquitetônico.

Questão nº 13: Você acredita que esta estratégia de ensino baseada em *VAR-Learning* possa ser aplicada em outras disciplinas como um meio para otimizar o processo de ensino e aprendizado?

A inclusão desta questão objetiva avaliar a percepção dos estudantes sobre a aplicabilidade da metodologia baseada em *VAR-Learning* para além do contexto específico do

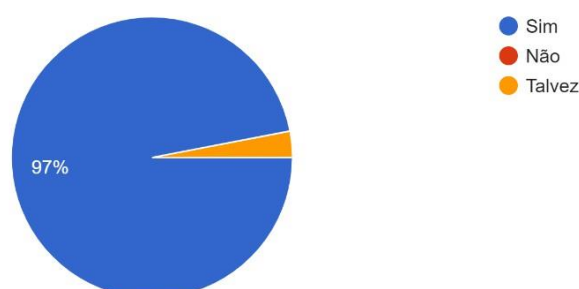
ensino de projeto arquitetônico, aspecto fundamental para compreender o potencial de escalabilidade da proposta pedagógica. Sua relevância justifica-se pela necessidade de verificar se os benefícios identificados na experiência prática são percebidos pelos discentes como específicos da área de projeto arquitetônico ou se podem ser generalizados para outras disciplinas do currículo de engenharia.

Conforme destacam Kenski (2012) e Valente (2018), a incorporação efetiva de tecnologias educacionais depende não apenas de sua eficácia em contextos específicos, mas também de sua capacidade de adaptação a diferentes áreas do conhecimento. A questão permite, ainda, captar a visão dos estudantes sobre as possibilidades de expansão da metodologia, oferecendo subsídios importantes para futuras pesquisas e implementações. Como resultado, apresenta-se o gráfico 26.

Gráfico 26 - Respostas sobre a questão nº 13 / final discentes.

Você acredita que esta estratégia de ensino baseada em VAR-Learning possa ser aplicada em outras disciplinas como um meio para otimizar o processo de ensino e aprendizado?

33 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

Os dados revelam uma percepção positiva dos estudantes sobre a aplicabilidade da metodologia integrada ao *VAR-Learning* em outras disciplinas, com 97% acreditando nesta possibilidade. Este resultado indica que a experiência vivenciada pelos discentes transcendeu os limites específicos do projeto arquitetônico, sendo percebida como uma estratégia pedagógica com potencial de contribuição para diversas áreas do conhecimento. O percentual elevado de respostas totalmente favoráveis sugere que os estudantes reconheceram nas tecnologias imersivas características que podem beneficiar disciplinas com desafios similares de visualização, compreensão espacial ou necessidade de exemplificação prática.

Questão nº 14: Gostaria de acrescentar alguma outra sugestão ou crítica acerca da sequência didática baseada em *VAR-Learning* para o ensino de Projeto Arquitetônico?

Ao contrário das questões de caráter estruturadas, que delimitam alternativas de resposta

previamente estruturadas, essa interrogação permite que os discentes expressem livremente percepções, críticas ou sugestões que não foram contempladas nas etapas anteriores. Sua relevância reside na possibilidade de emergirem contribuições espontâneas, inserindo um caráter qualitativo ao questionário.

Assim, o aspecto exploratório da questão possibilita identificar tanto pontos de melhoria quanto evidências de aceitação e engajamento com a proposta didática, fornecendo subsídios importantes para a triangulação metodológica e para ajustes futuros da estratégia de ensino. As respostas são apresentadas no quadro 9.

Quadro 9 - Respostas sobre a questão nº 14 / final discentes.

(continua)

| <b>DISCENTE</b> | <b>RESPOSTA</b>                                                                                                                                                               |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1               | Não                                                                                                                                                                           |
| 2               | Não tranquilo                                                                                                                                                                 |
| 3               | Não, trabalho excepcional!                                                                                                                                                    |
| 4               | .                                                                                                                                                                             |
| 5               | Ter mais algumas práticas dessas no Campus Quixadá.                                                                                                                           |
| 6               | Nada no momento.                                                                                                                                                              |
| 7               | Gostei muito dessa imersão                                                                                                                                                    |
| 8               | Tudo impecável! Excelente e parabéns pelo trabalho!                                                                                                                           |
| 9               | .                                                                                                                                                                             |
| 10              | Nada a acrescentar                                                                                                                                                            |
| 11              | Não tenho nada a criticar negativamente, pois achei incrível a metodologia de ensino e os softwares apresentados.                                                             |
| 12              | .                                                                                                                                                                             |
| 13              | Prefiro não opinar.                                                                                                                                                           |
| 14              | Sem sugestões                                                                                                                                                                 |
| 15              | Acredito que minhas dificuldades quanto ao manuseio do material estejam ligadas a falta de prática quanto ao mesmo, mas a didática aplicada está perfeitamente compreensível. |
| 16              | Não, a temática abordada foi essencial para o aprendizado!                                                                                                                    |

Quadro 9 - Respostas sobre a questão nº 14 / final discentes.

(conclusão)

| DISCENTE | RESPOSTA                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 17       | Palestra muito boa e, bastante dinâmica e divertida. Professor dominou bem assunto de forma clara e explicativa. Esse é um assunto muito relevante nos dias atuais, pois aborda diversas áreas de engenharia e tecnologia.                  |
| 18       | Deveria ser aplicado em um curso de extensão e daí extrair os dados para a pesquisa.                                                                                                                                                        |
| 19       | .                                                                                                                                                                                                                                           |
| 20       | No momento não                                                                                                                                                                                                                              |
| 21       | Nao                                                                                                                                                                                                                                         |
| 22       | O curso de Engenharia Civil poderia disponibilizar algumas horas da cadeira de projeto arquitetônico destinado a aprendizagem em <i>VAR-Learning</i> .                                                                                      |
| 23       | .                                                                                                                                                                                                                                           |
| 24       | .                                                                                                                                                                                                                                           |
| 25       | Colocar um pequeno mapa ao canto, para facilitar a localização no projeto                                                                                                                                                                   |
| 26       | Não. Gostei muito.                                                                                                                                                                                                                          |
| 27       | Não!                                                                                                                                                                                                                                        |
| 28       | De tentar conseguir mais equipamentos (até com a ajuda da própria universidade) para treinar mais a percepção e o controle do equipamento com alguns joguinhos simples pra depois ter uma percepção ainda maior dentro do VAR para o ensino |
| 29       | Não gostaria de acrescentar                                                                                                                                                                                                                 |
| 30       | Não                                                                                                                                                                                                                                         |
| 31       | Não                                                                                                                                                                                                                                         |
| 32       | No momento não!                                                                                                                                                                                                                             |

Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

A análise das respostas abertas fornecidas pelos discentes ao final da aplicação das sequências didáticas baseadas em *VAR-Learning* revela percepções distintas sobre a experiência pedagógica vivenciada. Em primeiro lugar, observa-se que parte significativa dos estudantes afirmou não possuir críticas ou sugestões adicionais, como registrado pelos alunos 1, 2, 3, 6, 10, 13, 14, 16, 20, 21, 26, 27, 29, 30, 31 e 32. Essa recorrência indica que, para esse grupo, a metodologia foi suficientemente clara, envolvente e efetiva, não havendo necessidade de ajustes imediatos. O aluno 3, por exemplo, descreve a experiência como “trabalho excepcional!”, evidenciando alto grau de satisfação.

Por outro lado, alguns discentes destacaram aspectos positivos da proposta, enfatizando o caráter inovador e imersivo das práticas. O aluno 7 afirmou ter “gostado muito dessa imersão”, enquanto o aluno 8 caracterizou a experiência como “tudo impecável! Excelente e parabéns pelo trabalho!”. De forma semelhante, o aluno 11 ressaltou não possuir críticas negativas, valorizando a metodologia e os *softwares* apresentados, o que reforça a pertinência do uso de RA e RV no ensino de projeto arquitetônico. Essas manifestações confirmam que os objetivos da pesquisa – proporcionar experiências significativas de visualização espacial e facilitar a compreensão de elementos projetuais – foram atingidos de maneira satisfatória.

Também foram registradas sugestões relevantes de aperfeiçoamento, que apontam para possibilidades de avanço da metodologia. O aluno 5 sugeriu a ampliação das práticas para outros momentos do curso, destacando a importância de multiplicar experiências semelhantes em outros campi. O aluno 18 recomendou que a proposta fosse aplicada em um curso de extensão, ampliando o alcance dos resultados e permitindo maior coleta de dados. Já o aluno 22 indicou a possibilidade de integrar horas da disciplina de projeto arquitetônico ao uso do *VAR-Learning*, formalizando sua incorporação ao currículo. Essas observações sinalizam que, embora reconheçam o valor da proposta, os discentes entendem que sua continuidade e institucionalização são fundamentais para consolidar os benefícios observados.

No campo das críticas construtivas, algumas respostas ressaltaram a necessidade de melhorias técnicas ou de apoio didático. O aluno 15 relacionou suas dificuldades não à didática, mas à falta de prática no manuseio do material, indicando que atividades mais frequentes poderiam auxiliar na superação dessas limitações. O aluno 25 sugeriu a inclusão de um “pequeno mapa ao canto, para facilitar a localização no projeto”, evidenciando uma preocupação com a orientação espacial dentro do ambiente imersivo.

De modo semelhante, o aluno 28 recomendou a ampliação do acesso aos equipamentos e a possibilidade de utilizá-los em exercícios mais simples antes da aplicação em projetos complexos, de modo a desenvolver maior familiaridade técnica. Essas críticas reforçam a necessidade de considerar tanto os aspectos pedagógicos quanto as condições materiais para a efetiva implementação da metodologia.

Algumas respostas ressaltaram o caráter motivador e dinâmico da prática. O aluno 17 destacou que a palestra foi “muito boa, bastante dinâmica e divertida”, valorizando tanto a clareza do professor quanto a relevância do tema para a formação em Engenharia. Essa fala reforça a dimensão motivacional do *VAR-Learning*, que, além de facilitar a aprendizagem técnica, promove engajamento e interesse dos discentes.

#### 4.4 Questionário de validação de sequência didática VAR-Learning

Ao fim da aplicação da pesquisa em sala de aula, utilizando SDs baseadas em VAR-Learning (AR-Design, VR-Design e VAR-Design), solicitou-se aos docentes “juízes” que fosse realizado um processo de validação destas. Ao fim da aplicação da pesquisa em sala de aula, solicitou-se aos docentes que fosse realizado um processo de validação destas SDs. O questionário está estruturado em três seções principais: aspectos gerais da sequência didática, avaliação da primeira etapa (aula nº 1) e avaliação da segunda etapa (aula nº 2), seguidas por considerações finais. Esta organização segue os preceitos metodológicos que recomendam a avaliação sistemática de cada componente do instrumento, tanto individualmente quanto em sua totalidade.

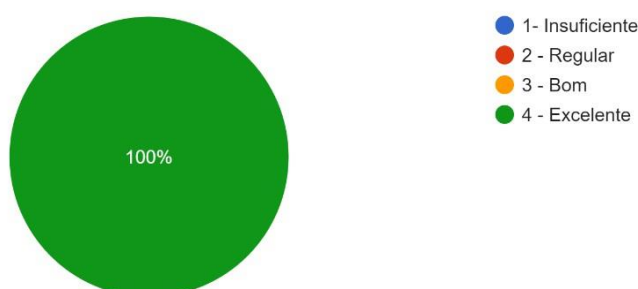
Em cada seção do questionário, há uma estrutura de avaliação estruturada por “Leitura e Compreensão”, “Relevância” e “Vocabulário”. Por meio destes dados, será possível realizar o cálculo do Índice de Validade de Conteúdo, apontado por Alexandre e Coluci (2011). Sobre a seção de “Aspectos Gerais”, apresentaram-se as seguintes questões:

Questão 1: Na sua opinião, qual o nível de relevância sobre o tema geral da sequência didática VAR-Learning? A resposta é indicada no gráfico 27.

Gráfico 27 - Respostas sobre a questão nº 1 / validação de SD.

Na sua opinião, qual o nível de relevância sobre o tema geral da Sequência Didática VAR-Learning?

3 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

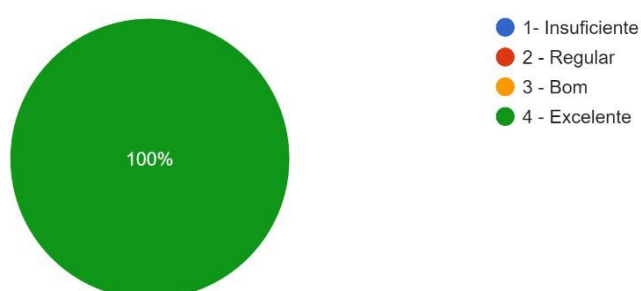
Em relação ao aspecto de “relevância do tema”, observou-se o indicativo de unanimidade na atribuição do conceito “Excelente”, evidenciando que os docentes consideraram a proposta pertinente para o contexto acadêmico e alinhada às necessidades atuais da formação em Engenharia Civil e de Produção Civil. Essa percepção reforça que o emprego de tecnologias imersivas, como a RA e RV, contribui de forma significativa para a superação

de obstáculos recorrentes no ensino de projeto arquitetônico, em especial aqueles ligados à interpretação de representações bidimensionais e ao desenvolvimento da visualização espacial dos discentes.

Questão 2: Na sua opinião, qual o nível de clareza sobre o tema geral da sequência didática *VAR-Learning*? A Resposta apresenta-se no gráfico 28.

Gráfico 28 - Respostas sobre a questão nº 2 / validação de SD.

Na sua opinião, qual o nível de clareza sobre o tema geral da Sequência Didática *VAR-Learning*?  
3 respostas



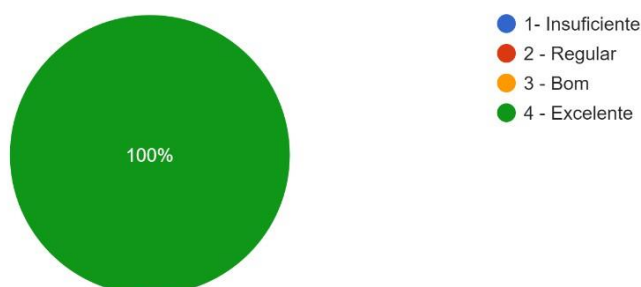
Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

Em relação ao aspecto de “clareza do tema”, as respostas também se concentraram em níveis elevados, sinalizando que os objetivos, etapas e fundamentos da sequência didática foram compreendidos de forma satisfatória pelos avaliadores, resultando em um indicativo de unanimidade no conceito “Excelente”, evidenciando que as SDs foram abordadas de modo objetivo.

Questão 3: Na sua opinião, qual o nível de vocabulário adotado para o tema geral da sequência didática *VAR-Learning*? No gráfico 29 tem-se o resultado.

Gráfico 29 - Respostas sobre a questão nº 3 / validação de SD.

Na sua opinião, qual o nível de vocabulário adotado para o tema geral da Sequência Didática *VAR-Learning*?  
3 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

No aspecto relativo ao “vocabulário adotado”, os juízes avaliaram a linguagem técnica utilizada como adequada ao nível de ensino superior em engenharia. Termos como metaverso, RA, RV e representação gráfica foram considerados apropriados e consistentes com a área de conhecimento, não havendo indicações de inadequação ou de excesso de tecnicismo. Obteve-se um resultado indicando para o conceito “Excelente”, afirmando que vocabulário presente no material direcionado à SD auxiliou ao alcance dos objetivos voltados ao ensino de projeto arquitetônico.

Sobre a seção “1ª Etapa da Sequência Didática”, foram elaboradas as seguintes questões:

Questão 4: Seguindo a metodologia *VAR-Learning*, os conceitos gerais sobre metaverso, realidade aumentada e virtual foram devidamente explicitados? Como resultado, tem-se o gráfico 30.

Gráfico 30 - Respostas sobre a questão nº 4 / validação de SD.

Seguindo a Metodologia *VAR-Learning*, os conceitos gerais sobre Metaverso, Realidade Aumentada e Virtual foram devidamente explicitados?

3 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

O Gráfico 30 evidencia que os docentes avaliadores reconheceram a clareza e a adequação da abordagem conceitual apresentada na primeira etapa da sequência didática. As respostas convergentes indicam que os fundamentos teóricos sobre metaverso, RA e RV foram introduzidos de maneira consistente, contextualizados ao ensino de projeto arquitetônico e alinhados aos princípios da metodologia baseada em *VAR-Learning*. Tal percepção positiva demonstra que a aula inicial cumpriu seu papel formativo ao promover uma compreensão abrangente e integrada dos conceitos imersivos, favorecendo a articulação entre teoria e prática no processo de ensino-aprendizagem.

Do ponto de vista pedagógico, o resultado revela que a estrutura didática da primeira aula possibilitou uma assimilação efetiva dos conteúdos, estimulando tanto o interesse discente

quanto o engajamento docente. As observações qualitativas reforçam que a explanação sobre as tecnologias imersivas foi conduzida de forma clara, coerente e significativa, incentivando a curiosidade e motivação nos participantes.

Questão 5: Os alunos sentiram-se motivados a compreender a relação entre estas tecnologias imersivas e elementos didáticos de projeto arquitetônico? Apresenta-se o gráfico 31.

Gráfico 31 - Respostas sobre a questão nº 5 / validação de SD.

Os alunos sentiram-se motivados a compreender a relação entre estas tecnologias imersivas e elementos didáticos de Projeto Arquitetônico?

3 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

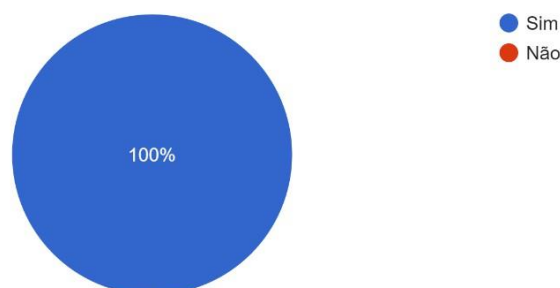
O resultado aponta que os docentes participantes perceberam a motivação dos alunos sobre os conteúdos abordados de projeto arquitetônico em sala de aula, baseados em *VAR-Learning*. Há, portanto, uma oportunidade de resgatar interesse dos alunos ao adotar, pelos docentes, esta metodologia para os demais conteúdos.

Questão 6: O tempo disposto para a etapa 1 da sequência didática foi apropriado para expor os conceitos gerais sobre o tema? O gráfico 32 ilustra a resposta.

Gráfico 32 - Respostas sobre a questão nº 6 / validação de SD.

O tempo disposto para a etapa 1 da Sequência Didática foi apropriado para expor os conceitos gerais sobre o tema?

3 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

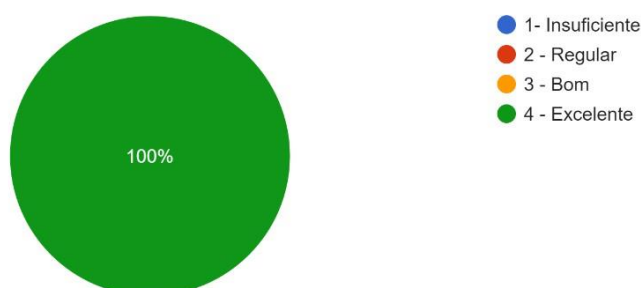
O resultado indica que todos os docentes participantes avaliaram positivamente a adequação temporal da primeira etapa, considerando que o período destinado foi suficiente para a apresentação e discussão dos conceitos de metaverso, RA e RV. As respostas convergentes sugerem que o planejamento temporal da aula permitiu abordar de forma clara e objetiva os fundamentos teóricos da metodologia integrada ao *VAR-Learning*, assegurando o cumprimento dos objetivos propostos.

Questão 7: Qual o nível de clareza da 1ª etapa da sequência didática para a compreensão correta dos objetivos presentes na pesquisa? Apresenta-se no gráfico 33 o resultado.

Gráfico 33 - Respostas sobre a questão nº 7 / validação de SD.

Qual o nível de clareza da 1ª etapa da Sequência Didática para a compreensão correta dos objetivos presentes na pesquisa?

3 respostas

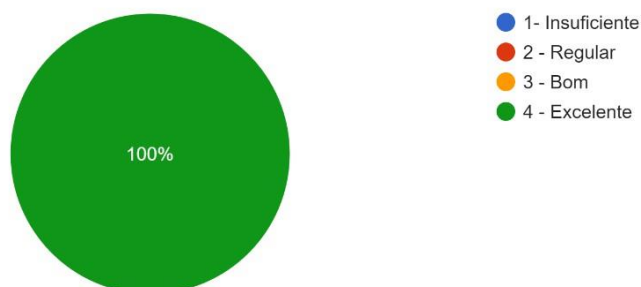


Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

As respostas demonstram que os docentes atribuíram avaliação positiva à clareza da etapa inicial, reconhecendo que os objetivos da pesquisa foram explicitados de forma compreensível e coerente com a proposta metodológica baseada em *VAR-Learning*. Estas evidenciam que a condução da aula favoreceu o entendimento dos propósitos didáticos e das etapas de aplicação, permitindo que os participantes compreendessem a relação entre os conceitos de metaverso, RA e RV e o ensino de projeto arquitetônico.

Questão 8: Qual o nível de relevância sobre os objetivos da 1ª etapa da sequência didática? O gráfico 34 ilustra o resultado obtido.

**Gráfico 34 - Respostas sobre a questão nº 8 / validação de SD.**  
Qual o nível de relevância sobre os objetivos da 1ª etapa da Sequência Didática?  
3 respostas

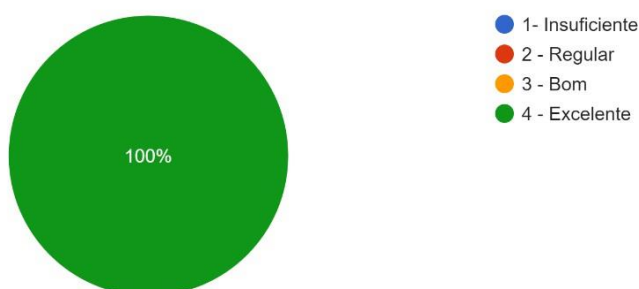


Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

A análise revela que todos os docentes participantes atribuíram bastante relevância aos objetivos propostos, reconhecendo que a etapa inicial desempenhou papel fundamental na introdução dos conceitos de metaverso, RA e RV no contexto do ensino de projeto arquitetônico. As respostas indicam que os conteúdos e atividades desenvolvidos foram pertinentes e alinhados às demandas formativas da engenharia, contribuindo para ampliar a compreensão dos alunos sobre o potencial pedagógico das tecnologias imersivas.

Questão 9: Em qual nível o vocabulário adotado para esta 1ª etapa se encontra? O gráfico 35 aponta os resultados.

**Gráfico 35 - Respostas sobre a questão nº 9 / validação de SD.**  
Em qual nível o vocabulário adotado para esta 1ª etapa se encontra?  
3 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

O resultado evidencia que os docentes avaliadores consideraram o vocabulário empregado na primeira etapa da sequência didática excelente ao contexto acadêmico e ao público-alvo. Tal resultado demonstra que a linguagem adotada manteve o rigor científico necessário, sem comprometer a clareza e a acessibilidade dos conceitos abordados.

Para a 2ª etapa da sequência didática, foram elaboradas as questões, em conjunto com a

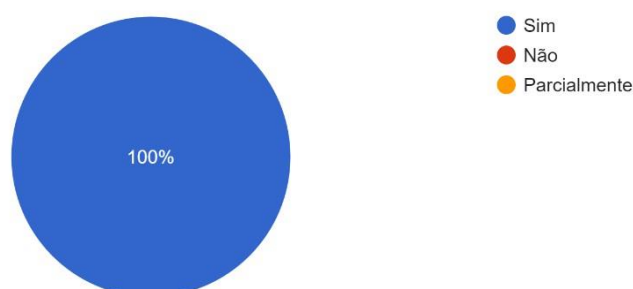
análise das respostas:

Questão 10: O objetivo referente à aula nº 2 foi devidamente explicitado antes da aplicação prática? Como resultados, é indicado o gráfico 36.

Gráfico 36 - Respostas sobre a questão nº 10 / validação de SD.

O objetivo referente à aula nº 2 foi devidamente explicitado antes da aplicação prática?

3 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

A análise mostra que os avaliadores consideraram a explicitação dos objetivos como clara e adequada, indicando que os participantes compreenderam o propósito da etapa prática antes de iniciar as atividades. Essa percepção positiva evidencia que a comunicação docente foi eficaz, permitindo que os alunos se situassem no contexto metodológico do *VAR-Learning* e compreendessem as metas relacionadas ao uso da RA e RV no ensino de projeto arquitetônico.

Questão 11: Na sua opinião, a estratégia de ensino apresentada na aula 2 foi eficaz? O gráfico 37 apresenta, como resultado:

Gráfico 37 - Respostas sobre a questão nº 11 / validação de SD.

Na sua opiniao, a estrategia de ensino apresentada na aula 2 foi eficaz?

3 respostas



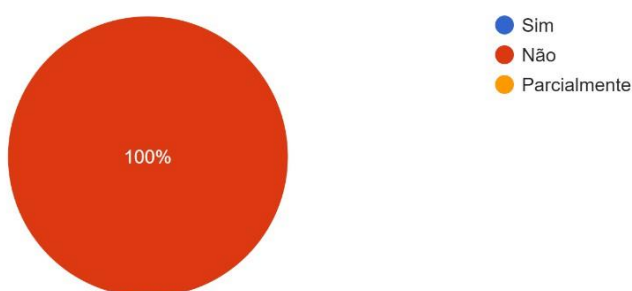
Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

As respostas apontaram para uma avaliação amplamente favorável, destacando a eficiência da abordagem prática em integrar teoria e aplicação. Os docentes relataram

entusiasmo tanto próprio quanto dos alunos, enfatizando que a experiência com os recursos imersivos potencializou a aprendizagem e despertou interesse pela temática, consolidando a efetividade da metodologia aliada ao *VAR-Learning*.

Questão 12: Os alunos tiveram dificuldades em acessar e manipular com o software de projeto arquitetônico 2D? As respostas são indicadas no gráfico 38.

**Gráfico 38 - Respostas sobre a questão nº 12 / validação de SD.**  
Os alunos tiveram dificuldades em acessar e manipular com o software de Projeto Arquitetônico 2D?  
3 respostas

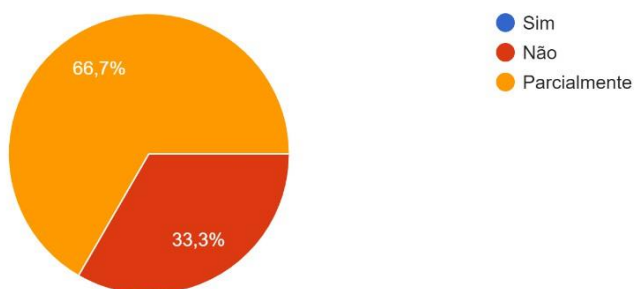


Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

Observou-se que a totalidade dos avaliadores não identificou dificuldades significativas no uso do *software*. Isso demonstra que o suporte técnico e o acompanhamento pedagógico foram adequados, permitindo uma execução fluida das atividades. Tal resultado reforça a viabilidade técnica da proposta, mesmo em ambientes de aprendizagem mediados por tecnologias digitais.

Questão 13: Os alunos tiveram dificuldade em manipular o equipamento de visualização de realidade aumentada e virtual? O gráfico 39 aponta as respostas obtidas.

**Gráfico 39 - Respostas sobre a questão nº 13 / validação de SD.**  
Os alunos tiveram dificuldade em manipular o equipamento de visualização de Realidade Aumentada e Virtual?  
3 respostas

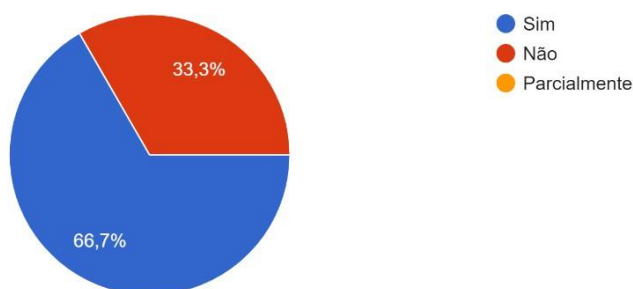


Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

Um total de 66,7% dos docentes “juízes” reconheceram dificuldades pontuais, especialmente por se tratar do primeiro contato dos estudantes com os dispositivos imersivos. Apesar disso, tais desafios foram considerados naturais e não comprometeram o desenvolvimento das atividades, revelando a necessidade de um tempo maior de familiarização nas aplicações futuras.

Questão 14: Os alunos conseguiram resolver os exercícios propostos na aula utilizando a metodologia VAR-Learning? No gráfico 40 é possível observar o resultado.

Gráfico 40 - Respostas sobre a questão nº 14 / validação de SD.  
Os alunos conseguiram resolver os exercícios propostos na aula utilizando a metodologia VAR-Learning?  
3 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

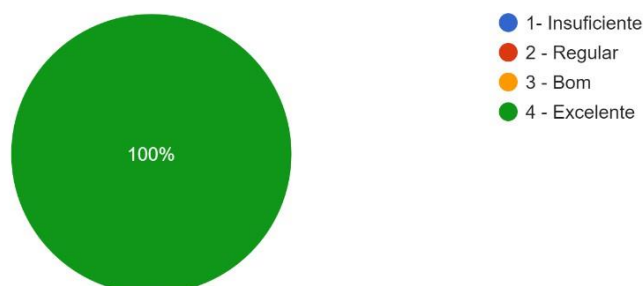
O Gráfico 40 apresentou 66,7% de respostas positivas, indicando que os alunos compreenderam as instruções e executaram as tarefas com sucesso. Essa avaliação sugere que a combinação entre instrução clara, prática guiada e o uso de recursos de RA e RV contribuiu para o aprendizado ativo e para a consolidação dos conteúdos de projeto arquitetônico.

Questão 15: Qual o nível de clareza da 2ª etapa da sequência didática para a compreensão correta dos objetivos presentes na pesquisa? Conforme demonstrado no gráfico 41 o resultado é apontado como:

**Gráfico 41 - Respostas sobre a questão nº 15 / validação de SD.**

Qual o nível de clareza da 2ª etapa da Sequência Didática para a compreensão correta dos objetivos presentes na pesquisa?

3 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

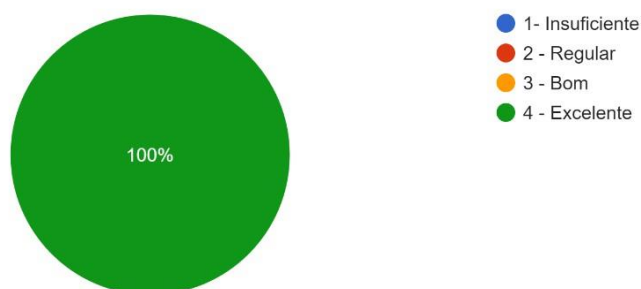
Todos os docentes classificaram a clareza como “Excelente”, reconhecendo que as etapas, instruções e finalidades da aula foram bem delineadas. Essa percepção reflete a consistência comunicativa e metodológica da segunda etapa, essencial para o alinhamento entre teoria e prática.

Questão 16: Qual o nível de relevância sobre os objetivos da 2ª etapa da sequência didática? O resultado é apresentado no gráfico 42.

**Gráfico 42 - Respostas sobre a questão nº 16 / validação de SD.**

Qual o nível de relevância sobre os objetivos da 2ª etapa da Sequência Didática?

3 respostas



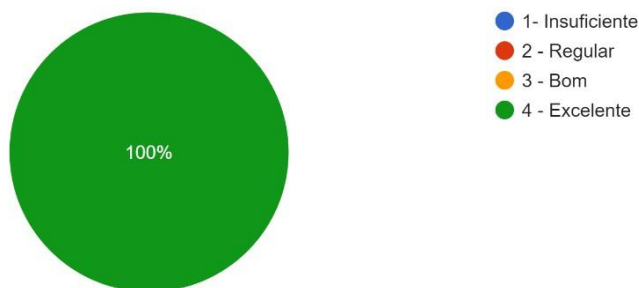
Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

O resultado evidencia que todos os avaliadores atribuíram um excelente nível de relevância à etapa prática, considerando-a fundamental para a aplicação efetiva dos conceitos de realidade aumentada e virtual no ensino de engenharia.

Questão 17: Em qual nível o vocabulário adotado para esta 2ª etapa se encontra? Os dados apresentados no gráfico 43 são ilustrados como:

Gráfico 43 - Respostas sobre a questão nº 16 / validação de SD.  
Em qual nível o vocabulário adotado para esta 2ª etapa se encontra?

3 respostas



Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

A análise é concluída de forma favorável, com destaque para a adequação terminológica ao contexto técnico e acadêmico. Os docentes apontaram que o vocabulário utilizado manteve precisão conceitual e acessibilidade, favorecendo a compreensão dos conteúdos sem excessiva complexidade, o que contribui para a efetividade da comunicação didática e científica na aplicação da metodologia.

Questão 18: Em relação às perguntas anteriores, gostaria de acrescentar algum comentário ou sugestão? O quadro 10 apresenta as respostas dos juízes participantes:

Quadro 10 - Respostas sobre a questão nº 18 / validação de SD.

| Juiz | Resposta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A    | Os alunos ficaram fascinados com o leque de possibilidades que podem surgir com a aplicação/utilização da realidade aumentada e virtual para a área de construção civil. Eu, como docente, conhecia um pouco, mas com a apresentação fiquei muito empolgado em conhecer e me aprofundar um pouco mais sobre o assunto e suas aplicações. |
| B    | Não.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| C    | Foi o primeiro contato dos alunos com o equipamento.                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

Observa-se que apenas o juiz A apresentou considerações adicionais, destacando o entusiasmo dos alunos e o impacto positivo da atividade. O avaliador relatou que os estudantes “ficaram fascinados com o leque de possibilidades” que a RA e RV oferecem para a área da construção civil, e ele próprio, como docente, afirmou sentir-se motivado a aprofundar-se no tema. Essa manifestação evidencia não apenas a aceitação da metodologia, mas também seu

potencial de inspiração e atualização docente, reforçando o caráter formativo do *VAR-Learning* para além da experiência discente. Os outros avaliadores, A e B, não apresentaram comentários adicionais, o que pode indicar satisfação com a estrutura da sequência didática e ausência de críticas quanto à condução das etapas.

Questão 19: Gostaria de acrescentar alguma outra sugestão ou crítica acerca da sequência didática baseada em *VAR-Learning* para o ensino de projeto arquitetônico? No quadro 11, estão indicados os resultados.

Quadro 11 - Respostas sobre a questão nº 19 / validação de SD.

| Juiz | Resposta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A    | Gostei muito da didática! Mas, como utilizamos meus dois dias de aula e um deles com apenas 1 hora, nem todos puderam vivenciar na prática. Como sugestão para turmas futuras, "talvez" ficasse mais interessante se fossem marcados outros horários para que os alunos interessados pudessem aplicar, vivenciar, praticar e utilizar os aplicativos e equipamentos que compõem a didática para o ensino na área de projeto. Mas, gostei muito, mesmo. Parabéns!!!! |
| B    | Creio que no cotidiano da prática docente, as instituições devem ter a quantidade adequada de equipamentos para uso simultâneo de todos os alunos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| C    | Não.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

Fonte: O Autor, adaptado do Google Formulários (2025).

As respostas convergiram em reconhecer a pertinência e o potencial da metodologia, mas também apontaram aspectos de ajuste operacional e logístico. O juiz B destacou a necessidade de que as instituições de ensino disponham de quantidade adequada de equipamentos para garantir o uso simultâneo pelos alunos, observação que remete à infraestrutura tecnológica como fator essencial para a plena execução da metodologia. O juiz C não apresentou observações adicionais, reforçando a percepção de adequação da proposta. Já o juiz A elogiou enfaticamente a didática aplicada, mas sugeriu que, em futuras aplicações, seja ampliado o tempo de prática e oferecidas sessões complementares para que os alunos possam aprofundar-se nas atividades. Sua sugestão indica uma preocupação em equilibrar teoria e vivência prática, ressaltando que o contato limitado com os dispositivos restringiu a experiência de alguns estudantes.

A seguir, apresentam-se os resultados da análise do índice de validação de conteúdo.

#### 4.5 Índice de Validação de Conteúdo (IVC)

Segundo Alexandre e Coluci (2011), os “juízes” são especialistas ou avaliadores

selecionados para participar do processo de avaliação da validade de conteúdo de um instrumento, como questionários ou escalas, especialmente na área de saúde. Esses profissionais devem possuir experiência e qualificação específicas relacionadas ao tema ou ao domínio do instrumento a ser avaliado, de forma a garantir a adequação e relevância dos itens analisados.

Desta forma, tomando como referência as respostas do questionário de validação de SD, é possível realizar o seguinte cálculo do IVC:

$$\text{IVC} = \frac{\text{Número de respostas "3" ou "4"}}{\text{Número total de respostas}}$$

De acordo com Alexandre e Coluci (2011), não há um consenso estabelecido na literatura quanto à forma mais adequada de avaliar integralmente um instrumento. Contudo, conforme apontam Polit e Beck (2006), uma taxa de concordância considerada aceitável deve ser superior a 0,78, contando com a participação de, no mínimo, seis juízes. Ainda segundo os primeiros autores, “para a participação de cinco ou menos sujeitos, todos devem concordar para ser representativo” (Alexandre e Coluci, 2011, p. 3065). O quadro 12 apresenta o resultado do cálculo dos IVCs:

Quadro 12 - Cálculo dos IVCs dos critérios de “Leitura e Compreensão”, “Relevância” e “Vocabulário”.  
(continua)

| CRITÉRIO                     | SUBITEM         | JUIZ A           | JUIZ B           | JUIZ C           | RESPOSTAS FAVORÁVEIS | IVC | INTERPRETAÇÃO      |
|------------------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|----------------------|-----|--------------------|
| <b>Leitura e compreensão</b> | Aspectos gerais | 1<br>(Excelente) | 1<br>(Excelente) | 1<br>(Excelente) | 3                    | 1   | Total concordância |
|                              | 1ª Etapa        | 1<br>(Excelente) | 1<br>(Excelente) | 1<br>(Excelente) | 3                    | 1   | Total concordância |
|                              | 2ª Etapa        | 1<br>(Excelente) | 1<br>(Excelente) | 1<br>(Excelente) | 3                    | 1   | Total concordância |
| <b>Relevância</b>            | Aspectos gerais | 1<br>(Excelente) | 1<br>(Excelente) | 1<br>(Excelente) | 3                    | 1   | Total concordância |
|                              | 1ª Etapa        | 1<br>(Excelente) | 1<br>(Excelente) | 1<br>(Excelente) | 3                    | 1   | Total concordância |
|                              | 2ª Etapa        | 1<br>(Excelente) | 1<br>(Excelente) | 1<br>(Excelente) | 3                    | 1   | Total concordância |

Quadro 13 - Cálculo dos IVCs dos critérios de “Leitura e Compreensão”, “Relevância” e “Vocabulário”.  
(conclusão)

| CRITÉRIO                         | SUBITEM         | JUIZ A           | JUIZ B           | JUIZ C           | RESPOSTAS FAVORÁVEIS | IVC      | INTERPRETAÇÃO      |
|----------------------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|----------------------|----------|--------------------|
| Vocabulário                      | Aspectos gerais | 1<br>(Excelente) | 1<br>(Excelente) | 1<br>(Excelente) | 3                    | 1        | Total concordância |
|                                  | 1ª Etapa        | 1<br>(Excelente) | 1<br>(Excelente) | 1<br>(Excelente) | 3                    | 1        | Total concordância |
|                                  | 2ª Etapa        | 1<br>(Excelente) | 1<br>(Excelente) | 1<br>(Excelente) | 3                    | 1        | Total concordância |
| <b>Média Geral dos Critérios</b> |                 |                  |                  |                  |                      | <b>1</b> | Validação plena    |

Fonte: Autor (2025).

Ao analisar o quadro 12, atende-se à concordância plena afirmada por Alexandre e Coluci (2011), devido ao número inferior a seis juízes participantes da Pesquisa de Validação. Observa-se que os três critérios analisados, leitura e compreensão, relevância e vocabulário, apresentaram IVC igual a 1,00, o que indica concordância total entre os juízes em todos os subitens avaliados. Esses resultados refletem uma percepção de excelência na clareza, pertinência e adequação linguística do instrumento proposto.

Embora o número reduzido de juízes, devido à especificidade do campo avaliativo, limite a generalização dos resultados, a homogeneidade das respostas e os comentários qualitativos positivos reforçam a validade de conteúdo do instrumento, especialmente nos aspectos ligados à legibilidade, à relevância didático-pedagógica e à adequação do vocabulário técnico.

O quadro 12, portanto, demonstra que o instrumento de avaliação foi considerado totalmente compreensível, relevante e linguística e semanticamente adequado para aplicação na sequência didática baseada em *VAR-Learning*. Seguindo o que foi informado no início deste capítulo, o apêndice J traz as tabelas que apresentam a análise das respostas obtidas, estruturadas segundo os procedimentos da estatística descritiva aplicados aos dados quantitativos.

#### 4.6 Análise dos dados qualitativos conforme técnica baseada na análise de conteúdo

Considerando as respostas do tipo qualitativo presentes nos quatro questionários analisados anteriormente, foi desenvolvida uma organização da planilha de investigação orientada pelos princípios metodológicos de Bardin (2016): pré-análise, exploração do material

e tratamento/interpretação. A planilha consta no apêndice K. Destina-se, portanto, a tornar compreensível o percurso que vai da análise inicial dos dados até as inferências interpretativas que fundamentam os resultados deste trabalho.

#### **4.6.1 Procedimentos metodológicos aplicados na planilha**

Na etapa da pré-análise, procedeu-se à seleção e organização do *corpus*: transcrição literal das respostas abertas, identificação anônima dos respondentes e agrupamento das respostas por instrumento em questão. Na exploração do material realizou-se a codificação das unidades de registro (trechos significativos) em categorias e subcategorias, construídas por procedimento misto (indutivo a partir do corpus e dedutivo a partir do referencial teórico sobre ensino baseado em RA/RV e VAR-Learning). No tratamento e interpretação foram contabilizadas as ocorrências (frequência de unidades codificadas), selecionados trechos exemplificativos e articuladas inferências que relacionam as evidências empíricas aos objetivos e hipóteses da pesquisa.

A planilha, localizada no apêndice J, é organizada por colunas que direcionam a rastreabilidade e replicabilidade: número de registro; questionário/etapa; questão analisada; unidade de registro; unidade de contexto; categoria; subcategoria; frequência (número de ocorrências identificadas no corpus); exemplos de trechos representativos; interpretação/inferência segundo Bardin (2016).

#### **4.6.2 Organização das colunas e das operações analíticas**

A planilha apresenta as seguintes informações geradas de forma analítica:

- a) unidade de registro: enunciado mínimo significativo extraído da resposta (frase ou trecho).
- b) unidade de contexto: enquadramento temático maior em que o registro se insere (por exemplo, “dificuldade de visualização espacial”, “comentários sobre a didática prática”).
- c) categoria / subcategoria: rótulos interpretativos que agrupam unidades de registro semelhantes. As categorias gerais adotadas são: dificuldades cognitivas de representação; Potencial de aprendizagem significativa; Aceitação tecnológica; Avaliação da metodologia; Clareza e coerência pedagógica; Aderência e aceitação

da metodologia baseada em *VAR-Learning*, entre outras.

- d) frequência (n): número de unidades de registro que alimentaram uma categoria (no corpus analisado).
- e) exemplos de trechos representativos: evidências textuais que sustentam a codificação.
- f) interpretação / inferência: leitura analítica que situa o sentido dos trechos frente ao objetivo da pesquisa e ao referencial teórico.

#### **4.6.3 Análise dos resultados qualitativos**

Os resultados evidenciaram três eixos interpretativos principais: as dificuldades cognitivas relacionadas à representação espacial, o potencial pedagógico das tecnologias imersivas para a aprendizagem significativa e a avaliação positiva da sequência didática baseada em *VAR-Learning*. No primeiro eixo, as respostas dos docentes apontaram de forma recorrente que os alunos apresentam dificuldades em visualizar e compreender tridimensionalmente os projetos representados em desenhos bidimensionais.

Expressões como “a visualização tridimensional a partir de desenhos 2D” e “as interpretações e análises 2D são os maiores obstáculos” demonstram uma limitação cognitiva que interfere na aprendizagem de conteúdos ligados à concepção e leitura de projetos arquitetônicos. Essa constatação reforça a necessidade de inserção de recursos tecnológicos que facilitem a abstração geométrica e estimule a compreensão espacial, aspecto que conforme Bardin (2016) emerge como um núcleo de sentido recorrente no corpus analisado.

O segundo eixo refere-se ao reconhecimento do potencial pedagógico das tecnologias imersivas no processo de ensino-aprendizagem. As falas docentes indicaram que a RA e a RV são percebidas como instrumentos capazes de otimizar o ensino por meio da imersão e da interatividade, promovendo uma compreensão mais concreta das proporções e dos espaços projetuais. Trechos como “a imersão faz com que o aluno compreenda proporções” e “facilita a compreensão de projetos em seus locais de execução” revelam a percepção de que as tecnologias imersivas favorecem a aprendizagem significativa ao permitir que o estudante associe os conteúdos teóricos às experiências práticas e sensoriais.

O terceiro eixo emergente está associado à avaliação e à aceitação da metodologia baseada em *VAR-Learning* pelos participantes. As respostas dos discentes e docentes demonstraram um elevado nível de satisfação com a proposta didática, caracterizado por

expressões de entusiasmo, engajamento e reconhecimento da relevância pedagógica da abordagem. Afirmações como “achei incrível a metodologia” e “os alunos ficaram fascinados com o leque de possibilidades” evidenciam que a integração entre RA e RV gerou experiências formativas significativas e despertou interesse nos participantes. As categorias analíticas relacionadas à “aderência e aceitação da metodologia baseada em VAR-Learning” e à “avaliação da metodologia” mostram que o modelo adotado foi percebido como eficaz na promoção de aprendizagens ativas e motivadoras.

É importante observar que algumas respostas indicaram pontos de atenção voltados ao aprimoramento da proposta. Comentários como “nem todos puderam vivenciar na prática” e “as instituições devem ter quantidade adequada de equipamentos” apontam para a necessidade de ajustes logísticos e de infraestrutura tecnológica, de modo a garantir que todos os alunos possam usufruir plenamente das experiências imersivas. Tais observações configuram subcategorias interpretativas ligadas às “sugestões e críticas construtivas”, e reforçam a importância de assegurar condições institucionais adequadas para a efetiva implementação das práticas pedagógicas baseadas em RA e RV.

Os resultados desta pesquisa também evidenciaram aspectos relacionados à viabilidade prática de implementação das tecnologias imersivas no ensino de Engenharias. Embora as atividades desenvolvidas tenham demonstrado boa receptividade entre docentes e discentes, a adoção ampla e contínua dessas ferramentas depende de uma infraestrutura mínima que nem sempre está disponível nas instituições públicas brasileiras. Entre os requisitos básicos identificados estão o acesso estável à internet, a disponibilidade de *smartphones* compatíveis com aplicativos de RA, computadores com capacidade gráfica adequada e, quando possível, dispositivos de RV.

A pesquisa também permitiu identificar barreiras institucionais relevantes para a adoção sistemática das tecnologias imersivas. Entre os desafios mais evidenciados estão a baixa presença de formação docente específica, a ausência de políticas institucionais que integrem oficialmente essas ferramentas aos currículos, as limitações de infraestrutura dos laboratórios e a inexistência de equipes técnicas permanentes para suporte tecnológico. Durante a aplicação das atividades, ocorreram dificuldades como instabilidade de conexão, incompatibilidade entre dispositivos e restrições no uso de determinados aplicativos nas redes institucionais, o que comprometeu a fluidez das experiências.

Esses resultados indicam que o potencial pedagógico das tecnologias imersivas somente se consolida de forma efetiva quando acompanhado de ações administrativas que envolvam

investimento contínuo, capacitação docente e revisão curricular que assegure condições reais de uso. Assim, compreende-se que os benefícios observados dependem diretamente da criação de condições institucionais adequadas para sua implementação.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PESQUISAS FUTURAS

O presente trabalho teve como objetivo geral analisar os impactos da integração dessas tecnologias no ensino de projeto arquitetônico, a partir da proposta inovadora do conceito *VAR-Learning*. A pesquisa permitiu consolidar o conceito de *Virtual and Augmented Reality Learning (VAR-Learning)* como uma proposta metodológica promissora, integrando fundamentos teóricos da Educação 4.0 e 5.0, princípios das metodologias ativas e fundamentos tecnológicos das realidades imersivas.

Os resultados obtidos revelaram evidências significativas de avanço na aprendizagem, no engajamento e na percepção espacial dos discentes que participaram das Sequências Didáticas aplicadas (*AR-Design*, *VR-Design* e *VAR-Design*). A utilização pedagógica de ferramentas de RA e RV demonstrou potencial para tornar o processo de ensino mais interativo, significativo e contextualizado. No âmbito da formação docente, observou-se também o fortalecimento da capacidade reflexiva dos professores, ao passo que estes incorporaram estratégias inovadoras ao planejamento das aulas, valorizando práticas mediadoras e colaborativas.

A análise dos dados quantitativos e qualitativos, fundamentada nos princípios do *Design Science Research (DSR)*, análise estatística descritiva e na análise de conteúdo de Bardin (2016), apontou para uma melhora perceptível nas habilidades de visualização espacial, bem como no entendimento de conceitos técnicos antes restritos a representações bidimensionais. Os alunos relataram maior motivação, autonomia e facilidade na compreensão dos modelos tridimensionais, confirmando as hipóteses iniciais da pesquisa sobre o potencial das tecnologias imersivas na educação em Engenharia.

A principal contribuição desta tese consiste na consolidação do conceito *VAR-Learning* como um modelo metodológico aplicável a diferentes contextos da educação profissional e tecnológica e com possibilidades em diversas áreas e modalidades de ensino. Esse conceito propõe uma articulação entre imersão, interação, aprendizagem situada, colaboração e personalização, princípios que sustentam um ensino centrado no estudante e voltado à construção ativa do conhecimento.

Do ponto de vista pedagógico, a pesquisa reforça que o uso de tecnologias imersivas não deve ser entendido apenas como uma inserção tecnológica, mas como uma mudança paradigmática no modo de ensinar e de aprender. A RA e a RV, quando integradas a sequências didáticas planejadas, estimulam a aprendizagem significativa, o pensamento crítico e a

resolução de problemas. Além disso, favorecem a interdisciplinaridade e o desenvolvimento de competências essenciais, como criatividade, autonomia e colaboração.

Entre as limitações do estudo, destacam-se o número reduzido de participantes, a disponibilidade restrita de equipamentos imersivos e o tempo limitado para a aplicação das sequências didáticas. Essas condições impuseram desafios metodológicos, sobretudo quanto à generalização dos resultados. Ainda assim, as estratégias adotadas – como a triangulação metodológica e a padronização dos procedimentos de coleta – garantiram a confiabilidade das análises e a validade interna da pesquisa.

Logo, é fundamental ressaltar que as conclusões aqui apresentadas se referem especificamente ao contexto estudado, caracterizado por turmas de cursos de Engenharia Civil e Engenharia de Produção Civil de três *campi* do IFCE, com determinadas condições materiais, disponibilidade de equipamentos, perfil dos participantes e tempo reduzido de aplicação das atividades. Não é possível, portanto, extrapolar os resultados para outros cursos, instituições, níveis de ensino ou contextos sem que sejam realizadas novas investigações e validações adicionais.

Embora o estudo evidencie potencialidades importantes, sua generalização deve ser conduzida com cautela. Fatores como infraestrutura tecnológica, formação docente, maturidade institucional e cultura digital dos estudantes influenciam de forma significativa a efetividade das experiências imersivas.

Em relação às implicações pedagógicas, observa-se que o *VAR-Learning* pode ser incorporado à formação docente como um eixo formativo para o desenvolvimento de competências digitais e didáticas. Sua adoção contribui para superar o modelo transmissivo de ensino, promovendo práticas mais interativas, reflexivas e integradas à cultura digital dos alunos. Ademais, o conceito apresenta aplicabilidade não apenas no ensino de Engenharias, mas também em outras áreas que demandam habilidades espaciais e compreensão de estruturas tridimensionais, como arquitetura, design e ciências exatas.

Com base nas conclusões alcançadas, recomenda-se a continuidade desta linha de investigação, de modo a ampliar o escopo de aplicação do *VAR-Learning* e verificar sua eficácia em outros contextos educacionais.

Futuras pesquisas podem explorar, como exemplo:

- a) ampliar o escopo da aplicação do *VAR-Learning* para outros cursos, instituições e realidades educacionais, realizando novas validações que permitam avaliar a consistência e a transferibilidade do modelo;

- b) investigar o uso do VAR-*Learning* em contextos híbridos e remotos, analisando sua integração a plataformas de gestão da aprendizagem (*learning management system* - LMS);
- c) realizem estudos longitudinais que avaliem o impacto do uso contínuo de tecnologias imersivas na formação acadêmica e profissional dos estudantes;
- d) comparar diferentes dispositivos imersivos quanto a aspectos ergonômicos, cognitivos e econômicos, analisando seus efeitos diferenciados sobre a aprendizagem;
- e) desenvolver materiais didáticos e recursos educacionais abertos que facilitem a implementação da metodologia por novos docentes;
- f) investigar processos de formação docente voltados ao uso pedagógico de RA e RV, examinando como tais tecnologias influenciam práticas e currículos.

Portanto, a consolidação desse modelo metodológico demonstra que é possível aliar inovação tecnológica, rigor científico e prática pedagógica, promovendo o desenvolvimento de competências cognitivas e socioemocionais essenciais à formação do engenheiro contemporâneo. Os resultados obtidos reforçam que o VAR-*Learning* ultrapassa o caráter instrumental das tecnologias, configurando-se como uma abordagem transformadora, capaz de potencializar a autonomia discente, valorizar o papel mediador do professor e aproximar o processo de ensino das reais demandas da sociedade.

## REFERÊNCIAS

- ACEVEDO NIETO, Javier. Una introducción al metaverso: conceptualización y alcance de un nuevo universo online. **Revista Científica de Estrategias, Tendencias e Innovación en Comunicación, Castelló de la Plana - adComunica**, [s. l.], n. 24, p. 41-56, 2022. Disponível em: <https://www.e-revistas.uji.es/index.php/adcomunica/article/view/6544>. Acesso em: 16 jul. 2025.
- ALLEN, Katherine. **Morpholio AR Sketchwalk**: a mais nova ferramenta imersiva de realidade aumentada para arquitetos. Tradução de Vinicius Libardoni. [S. l.]: AchDaily. Notícias de arquitetura. 16 mar. 2019. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/913067/morpholio-ar-sketchwalk-a-mais-nova-ferramenta-imersiva-de-realidade-aumentada-para-arquitetos>. Acesso em: 22 jul. 2025.
- ALEXANDRE, Neusa Maria Costa; COLUCI, Marina Zambon Orpinelli. Validade de conteúdo nos processos de construção e adaptação de instrumentos de medidas. **Ciência & Saúde Coletiva**, [s. l.], v. 16, n. 7, p. 3061-3068, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/5vBh8PmW5g4Nqxz3r999vrn/?lang=pt>. Acesso em: 13 ago. 2025.
- ANTÔNIO, José Carlos. **Uso pedagógico do telefone móvel (celular)**. [S. l.]: Professor Digital, 13 jan. 2010. Disponível em: <https://professordigital.wordpress.com/2010/01/13/uso-pedagogico-do-telefone-movel-celular/>. Acesso em: 18 jun. 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13532**: elaboração de projetos de edificações – Arquitetura. Rio de Janeiro, 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6492**: representação de projetos de arquitetura. Rio de Janeiro, 1994.
- AUGIN. **Comunicação otimizada em ambientes imersivos**. [S. l.: s. n.], [2025?]. Disponível em: <https://augin.app/hub/>. Acesso em: 22 jul. 2025.
- AUSUBEL, David P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano-Edições Técnicas, 2003.
- AVELAR, Andréa de Freitas. **Serious games como artefatos digitais de aprendizagem**: uma proposta para aplicação no ensino de engenharia civil. 2021. 161 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) — Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2021.
- AZEVEDO, Vinicius Francis Braga *et al.* Uso da realidade aumentada no ensino de projeto de engenharia civil. **Arq.Urb**, [s. l.], n. 36, p. 67-79, 2023. Disponível em: <https://revistaarqurb.com.br/arqurb/article/view/645>. Acesso em: 11 set. 2025.
- AZUMA, Ronald *et al.* Recent advances in augmented reality. **IEEE Computer Graphics and Applications**, [s. l.], v. 21, n. 6, p. 34-47, 2001. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/963459>. Acesso em: 17 jun. 2025.

BACKES, Luciana. **A configuração do espaço de convivência digital virtual**: a cultura emergente no processo de formação do educador. 2011. 362 p. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Université Lumière Lyon 2, São Leopoldo, 2011. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/3878>. Acesso em: 11 set. 2025.

BAILENSON, Jeremy. **Experience on demand**: what virtual reality is, how it works, and what it can do. Ney York: WW Norton & Company, 2018.

BARBOSA, Eduardo Fernandes; MOURA, Dácio Guimarães de. Metodologias ativas de aprendizagem na educação profissional e tecnológica. **Boletim Técnico Senac**, [s. l.], v. 39, n. 2, p. 48–67, 2013. Disponível em: <https://www.bts.senac.br/bts/article/view/349>. Acesso em: 29 out. 2025.

BARBOSA, Jéssica de Castro. **Raízes**: concepções teóricas, pedagógicas e tecnopráticas de um objeto educacional digital (OED) baseado na Sequência Fedathi. 2020. 93 f. Dissertação (Mestrado em Educação) — Faculdade de Educação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

BARBOSA, Rafaela Elaine. **Jogando para transitar seguro**: uma experiência de educação para o trânsito. 2015. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/169501>. Acesso em: 29 out. 2025.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BELISÁRIO, Ana Brandão et al. Relatos de experiência de inserção de tecnologias digitais no ensino de engenharia. **Revista Docência do Ensino Superior**, Belo Horizonte, v. 10, p. e015139, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rdes/article/view/15139>. Acesso em: 16 jun. 2025.

BERBEL, Neusi Aparecida Navas. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25–40, 2011. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/seminasoc/article/view/10326>. Acesso em: 29 out. 2025.

BILLINGHURST, Mark; CLARK, Adrian; LEE, Gun. A survey of augmented reality. **Foundations and Trends® in human–computer interaction**, [s. l.], v. 8, n. 2-3, p. 273-272, 2015. Disponível em: <https://www.nowpublishers.com/article/Details/HCI-049>. Acesso em: 13 ago. 2025.

BORNATTO, Gilmar. Modelagem - Simulação - Informática e a Matemática. **Revista PEC**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 67–71, 2002.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF, 1996. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm). Acesso em: 3 jun. 2025.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 19 de fevereiro de 1998.** Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências. Brasília, DF, 1998. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19610.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19610.htm). Acesso em: 3 jun. 2025.

BRASIL. **Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008.** Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. Brasília, DF, 2008. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/lei/111892.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/111892.htm). Acesso em: 4 out. 2025.

BRASIL. **Lei nº 13.415, de 16 de novembro de 2017.** Altera as Leis nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, e 11.494, de 20 de junho 2007, que regulamenta o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação, a Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e o Decreto-Lei nº 236, de 28 de fevereiro de 1967; revoga a Lei nº 11.161, de 5 de agosto de 2005; e institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral. Brasília, DF, 2017. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/lei/113415.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/113415.htm). Acesso em: 10 jul. 2025.

BRASIL. **Lei nº 15.100, de 13 de janeiro de 2025.** Dispõe sobre a utilização, por estudantes, de aparelhos eletrônicos portáteis pessoais nos estabelecimentos públicos e privados de ensino da educação básica. Brasília, DF, 2025. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2023-2026/2025/lei/115100.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2025/lei/115100.htm). Acesso em: 10 out. 2025.

BUENO Thaísa; ALVES Marcela. Triangulação metodológica: conceitos e perspectivas de aplicação. **Revista Íterim**, [s. l.], v. 25, n. 2, p. 188-204, 2020.

BUNEMER, Ricardo. **Construção 4.0:** proposta de inovações tecnológicas digitais para o setor da construção civil – estudo de caso de uma smart house. 2020. 137 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) — Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1641561>. Acesso em: 4 out. 2025.

BURKE, Brian. **Gamificar:** como a gamificação motiva as pessoas a fazerem coisas extraordinárias. Tradução: Sieben Gruppe. São Paulo: DVS Editora, 2015.

CALDERON, Angel. **What higher education be like in 2040?** University World News. [S. l.], 11 set. 2015. Disponível em: <https://www.universityworldnews.com/post.php?story=20150908145912643>. Acesso em: 19 jun. 2025.

CALIXTO, Clarisse Machado Chaves *et al.* Inovações tecnológicas e o ensino de geometria descritiva: possibilidades do metaverso. **Revista Brasileira de Expressão Gráfica**, [s. l.], v. 12, n. 2, 2024. Disponível em: <https://rbeg.net/index.php/rbeg/article/view/195>. Acesso em: 15 ago. 2025.

CANDIDO, Jorge *et al.* O porquê da necessidade de se investir em um programa de formação docente nos cursos de engenharias no Brasil. **Revista de Ensino de Engenharia**, [s. l.], v. 38,

n. 3, p. 126-136, 2019. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/364311520\\_O\\_PORQUE\\_DA\\_NECESIDADE\\_DE\\_SE\\_INVESTIR\\_EM\\_UM\\_PROGRAMA\\_DE\\_FORMACAO\\_DOCENTE\\_NOS\\_CURSOS\\_DAS\\_ENGENHARIAS\\_NO\\_BRASIL\\_REASON\\_FOR\\_THE\\_NEED\\_TO\\_INVEST\\_IN\\_A\\_TEACHING\\_TRAINING\\_PROGRAM\\_FOR\\_ENGINEERING\\_COURSES\\_IN\\_B](https://www.researchgate.net/publication/364311520_O_PORQUE_DA_NECESIDADE_DE_SE_INVESTIR_EM_UM_PROGRAMA_DE_FORMACAO_DOCENTE_NOS_CURSOS_DAS_ENGENHARIAS_NO_BRASIL_REASON_FOR_THE_NEED_TO_INVEST_IN_A_TEACHING_TRAINING_PROGRAM_FOR_ENGINEERING_COURSES_IN_B). Acesso em: 8 set. 2025.

CARDOSO, Mikaele Barboza. **Sequências didáticas**: orientações para iniciantes na pesquisa em educação matemática. Iguatu-CE: Quipá Editora, 2024. Disponível em:

<https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/742078/2/SEQUENCIAS%20DIDATICAS.pdf>. Acesso em: 2 mai. 2025.

CAVALCANTE, Luis Carlos Duarte. **Caracterização arqueométrica de pinturas rupestres pré-históricas, pigmentos minerais naturais e eflorescências salinas de sítios arqueológicos**. 2012. 204 f. Tese (Doutorado em Ciências – Química) — Instituto de

Ciências Exatas, Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/items/89e7b814-4003-45eb-b1d0-5ecb5ae0c5f3>. Acesso em: 2 out. 2025.

CHOI, Jean. Sex differences in spatial abilities in humans: two levels of explanation. *In*: VOKEY, John R.; ALLEN, Scott W. (ed.). **Psychological sketches**. 8. ed. Lethbridge, Alberta: Psyence Ink, 2007. p. 39-46.

CORTES, Dinis Ferreira. **Narrativas, algoritmos e o controle tentativo no processo de gamificação**: dos agenciamentos dos processos à materialização da experiência mental. 2022. 204 f. Tese (Doutorado em Ciências da Comunicação) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo/RS, 2022. Disponível em:

<https://repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/11826?locale-attribute=en>. Acesso em: 2 mai. 2025.

DEDE, Christopher J.; JACOBSON, Jeffrey; RICHARDS, John. Introduction: virtual, augmented, and mixed realities in education. *In*: LIU, Dejian *et al* (ed.). **Virtual, augmented, and mixed realities in education**. Singapore: Springer Singapore, 2017. p. 1-16.

DETERDING, Sebastian *et al*. From game design elements to gamefulness: defining "gamification". *In*: PROCEEDINGS OF THE 15TH INTERNATIONAL ACADEMIC MINDTREK CONFERENCE: ENVISIONING FUTURE MEDIA ENVIRONMENTS, 15., 2015, Tampere-Finland. **Anais [...]**. Tampere-Finland: ACM, 2011. p. 9-15. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/230854710\\_From\\_Game\\_Design\\_Elements\\_to\\_Gamefulness\\_Defining\\_Gamification](https://www.researchgate.net/publication/230854710_From_Game_Design_Elements_to_Gamefulness_Defining_Gamification). Acesso em: 27 ago. 2025.

DUNLEAVY, Matt; DEDE, Chris. Augmented reality teaching and learning. *In*: SPECTOR, J. Michael *et al*. (org.). **Handbook of research on educational communications and technology**. New York: Springer, 2014. p. 735-745. Disponível em:

[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-3185-5\\_59](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-3185-5_59). Acesso em: 30 out. 2025.

EXLER, Rodolfo *et al*. Potencial da educação OnLIFE e da aprendizagem imersiva para enfrentar os desafios do ensino-aprendizagem da engenharia. *In*: V CONGRESSO INTERNACIONAL DA RIEOnLIFE E IX FESTIVAL INTERNACIONAL DO WE, LEARNING WITH THE CIBRICITY – WLC, V., 2024. **Anais [...]**. Montes Claros: IFNMG,

2024. Disponível em: [https://eventos.ifnmg.edu.br/riconlife\\_pt/anais/trabalho/1703](https://eventos.ifnmg.edu.br/riconlife_pt/anais/trabalho/1703). Acesso em: 30 out. 2025.

FARIAS, Florence Moellmann Cordeiro de *et al.* Construção de um Modelo Molecular: uma abordagem interdisciplinar Química-Matemática no Ensino Médio. **Revista Virtual de Química**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 849-863, 2015. Disponível em: <https://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/888>. Acesso em: 2 out. 2025.

FAROUK, Abdelrahman M. *et al.* Exploring the economic viability of virtual reality in architectural, engineering, and construction education. **Buildings**, [s. l.], v. 14, n. 9, p. 2655, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-5309/14/9/2655>. Acesso em: 8 set. 2025.

FASCE-HENRY, Eduardo, RAMIREZ, Luis, IBANEZ, Pilar. Results of a problem-based learning experience applied to first year medical students. **Revista Medica de Chile**, [s. l.], v. 122, n. 1, p. 1257-1262, 1994. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7659895/>. Acesso em: 2 mai. 2025.

FOGLI, Felipe. **Caixa de areia com realidade aumentada permite estudo topográfico**. [S. l.]: TechTudo, 17 mai. 2012. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/noticias/2012/05/caixa-de-areia-com-realidade-aumentada-permite-estudo-topografico.ghml>. Acesso em: 19 set. 2025.

FRANÇA, Carlos; SILVA, Tatiana da. A realidade virtual e aumentada dedicada ao processo ensino-aprendizagem de física: socialização da concepção e validação do aplicativo RVA\_360 – Momento Angular. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Curitiba, v. 13, n. 1, 2020. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/9101>. Acesso em: 30 out. 2025.

FRANCELINO, Martonio José Marques; SALGADO, Tania Denise Miskinis. Metodologia PBL: uma prática docente no curso de engenharia civil. **Revista Prática Docente**, [s. l.], v. 8, p. e23016, 2023. Disponível em: <https://periodicos.cfs.ifmt.edu.br/periodicos/index.php/rpd/article/view/161>. Acesso em: 17 ago. 2025.

FURTADO, Jackirlei Amoras; RODRIGUES, Wanderly Cardoso. **O uso do celular em sala de aula como ferramenta pedagógica no processo ensino aprendizagem**. 2019. 18 f. Artigo Acadêmico (Licenciatura em Informática) - Instituto Federal do Amapá, Macapá, AP, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ifap.edu.br/items/b09dba92-c86a-4c67-b779-5b41a7602eac>. Acesso em: 29 out. 2025.

GAMMA AR. **Explore the future of construction with GAMMA AR**. [S. l.]: GAMMA Technologies S.à.rl, c2025. Disponível em: <https://gamma-ar.com/gamma-ar/?lang=pt-br>. Acesso em: 11 ago. 2025.

GARRETT, Filipe. **O que é Unreal Engine?** Entenda tecnologia de gráficos de jogos e consoles. [S. l.]: TechTudo, 24 jul. 2020. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/noticias/2020/07/o-que-e-unreal-engine-entenda-tecnologia-de-graficos-de-jogos-e-consoles.ghml>. Acesso em: 11 ago. 2025.

GEE, James Paul. **Good video games and good learning**: collected essays on video games,

learning, and literacy. New York: Peter Lang Inc., 2007.

GERMANO, Beta. **Do sofá de casa: 10 museus para visitar via Google Arts & Culture**. [S. l.]: Arte que Acontece. 20 mar. 2020. Disponível em: <https://www.artequaeacontece.com.br/do-sofa-de-casa-10-museus-para-visitar-via-google-arts-culture/>. Acesso em: 11 ago. 2025.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GOOGLE ARTS & CULTURE. **Google Arts & Culture**. Página inicial. [S. l.: s. n.], [2025]. Disponível em: <https://artsandculture.google.com/>. Acesso em: 11 ago. 2025.

GOOGLE PLAY. **SketchUp viewer**. [S. l.: s. n.], [2025?]. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.trimble.buildings.sketchup&hl=pt&gl=US>. Acesso em: 11 ago. 2025.

GOOGLE PLAY. **Tabela periódica**. [S. l.: s. n.], 2024. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=jqsoft.apps.periodictable.hd&hl=pt-OB&pli=1>. Acesso em: 11 ago. 2025.

GOOGLE PLAY. **VR Space**. [S. l.: s. n.], 2024. Disponível em: [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.bce.VR&hl=pt\\_BR](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.bce.VR&hl=pt_BR). Acesso em: 11 ago. 2025.

GUIA DAS ARTES. **Museu do vaqueiro**. [S. l.: s. n.], c2015. Disponível em: <https://www.guiadasartes.com.br/ceara/morada-nova/museu-do-vaqueiro>. Acesso em: 19 set. 2025.

HAMARI, Juho; KOIVISTO, Jonna; SARSA, Hari. Does gamification work? - a literature review of empirical studies on gamification. In: HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES, 47., 2014, Waikoloa-Hi. **Anais [...]**. Waikoloa-Hi: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2014. p. 3025-3034. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6758978>. Acesso em: 13 jun. 2025.

HEVNER, Alan R. *et al.* Design science in information systems research. **MIS Quarterly**, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 75–105, 2004. Disponível em: [https://wise.vub.ac.be/sites/default/files/thesis\\_info/design\\_science.pdf](https://wise.vub.ac.be/sites/default/files/thesis_info/design_science.pdf). Acesso em: 4 nov. 2025.

HOUNSELL, Marcelo da Silva; TORI, Romero; KIRNER, Claudio. Realidade aumentada. In: TORI, Romero; HOUNSELL, Marcelo da Silva (org.). **Introdução à realidade virtual e aumentada**. 3. ed. Porto Alegre: Editora SBC, 2020. p. 30-59. <https://professordigital.wordpress.com/2010/01/13/uso-pedagogico-do-telefone-movel-celular/>. Acesso em: 16 jun. 2025.

IMBERNÓN, Francisco. **Qualidade do ensino e formação do professorado**. São Paulo: Cortez, 2016.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ. **Cursos**. Fortaleza, c2025. Disponível em:

<https://portal.ifce.edu.br/cursos/buscar/?texto=Engenharia+civil>. Acesso em: 19 out. 2025.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ.

**Missão, visão e valores.** [Fortaleza]: IFCE, 2024. Disponível em:

<https://acervo.ifce.edu.br/proap/pdi/menu/missao-visao-e-valores>. Acesso em: 17 out. 2025.

JACKSON, Hester; THAKUR, Surendra; OLANREWAJU, Oludolapo Akanni. The potential of extended reality in engineering education: a systematic review. **Cogent Education**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 2541442, 2025. Disponível em:

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/2331186X.2025.2541442>. Acesso em: 18 set. 2025.

JAPUR, Léa Maria Dorneles. **Habilidades espaciais e entendimento geométrico dos**

**calouros na engenharia:** um diagnóstico necessário. 2021. 194 f. Dissertação

(Mestrado em Design) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia,

Porto Alegre, 2021. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/235882>. Acesso em:

18 ago. 2025.

JERALD, Jason. **The VR book:** human-centered design for virtual reality. Ney York: ACM Books, 2015.

JEREISSATI, Tatiana; MACAYA, Javiera F. M.; CANTONI, Stefania Lapolla. Vazamento de nudes e gênero: para além dos muros da escola. *In*: NÚCLEO DE INFORMAÇÃO E COORDENAÇÃO DO PONTO BR (ed.). **Pesquisa sobre o uso das tecnologias de**

**informação e comunicação nas escolas brasileiras:** TIC Educação 2017. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2018. p. 75. Disponível em:

[https://www.cetic.br/media/docs/publicacoes/2/tic\\_edu\\_2017\\_livro\\_eletronico.pdf](https://www.cetic.br/media/docs/publicacoes/2/tic_edu_2017_livro_eletronico.pdf). Acesso em: 14 set. 2025.

JÓFILI, Zélia. Piaget, Vygotsky, Freire e a construção do conhecimento na escola. **Educação: Teorias e Práticas**, [s. l.], n. 2, p. 191–208, 2002. Disponível em:

<https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/7560/7560.PDF>. Acesso em: 4 nov. 2025.

JOHNSON, Larry *et al.* **NMC horizon report:** 2016 higher education edition. Austin-Texas: The New Media Consortium, 2016.

JOHNSON, Wendy; BOUCHARD JR., Thomas. Sex differences in mental ability: a proposed means to link them to brain structure and function. **Intelligence**, [s. l.], v. 35, n. 3, p. 197-209, 2007. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0160289606000754>. Acesso em: 5 mar. 2024.

KALEMPA, Vivian Cremer. **Decisão consensual em sistemas multirrobôs.** 2021. 126 p.

Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial) – Universidade

Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2021.

KENSKI, Vani Moreira. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação.** Campinas: Papirus. 2012.

KOTZ, John; TREICHEL, Paul. **Química e reações químicas.** 6. ed. São Paulo: Pioneiro

Thomson Learning, 2005. v. 1.

KUHAIL, Mohammad Amin *et al.* Exploring immersive learning experiences: a survey. **Informatics**, [s. l.], v. 9, n. 4, p. 75, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-9709/9/4/75>. Acesso em: ago. 2025.

KUHN, Thomas Samuel. **A estrutura das revoluções científicas**. Tradução de Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. 12. ed. São Paulo: Perspectiva, 2013. Disponível em: <https://ppec.ufms.br/files/2020/10/A-estrutura-das-revolu%C3%A7%C3%B5es-cient%C3%ADficas-Kuhn.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2025.

LAVE, Jean; WENGER, Etienne. **Situated learning: legitimate peripheral participation**. Reino Unido: Cambridge University Press, 1991.

LEE, T. *et al.* Investigation of virtual & augmented reality classroom learning environments in university STEM education. **Interactive Learning Environments**, [s. l.], v. 30, n. 7, p. 1094-1112, 2022. Disponível em: [https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10494820.2022.2155838?utm\\_source=researchgate.net&utm\\_medium=article](https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10494820.2022.2155838?utm_source=researchgate.net&utm_medium=article). Acesso em: 30 out. 2025.

LEITE, Bruno Silva. Aplicativos de realidade virtual e realidade aumentada para o ensino de química. **Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico (EDUCITEC)**, [s. l.], v. 6, p. e097220, 2020. Disponível em: <https://sistemascmc.ifam.edu.br/educitec/index.php/educitec/article/view/972>. Acesso em: 13 set. 2025.

LÉVY, Pierre. **A inteligência coletiva: por uma antropologia do ciberespaço**. 4. ed. São Paulo: Loyola, 2003.

LIMA, M. Análise de conteúdo: estudo e aplicação. **Revista Logos**, [s. l.], v. 1, p. 53-58, 1993.

LING, Haibin. Augmented reality in reality. **IEEE MultiMedia**, [s. l.], v. 24, n. 3, p. 10-15, 2017. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7999155>. Acesso em: 12 fev. 2024.

LOURENÇO, Cíntia de Carvalho; CARDOSO JUNIOR, Moacyr Machado. Inovação na educação em engenharia por meio do desenvolvimento de competências e habilidades referenciado nos modelos de Educação 4.0 e 5.0. **Latin American Journal of Business Management**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 25–38, 2022. Disponível em: <https://www.lajbm.com.br/journal/article/view/689>. Acesso em: 18 ago. 2025.

LUCENA, Arthur Felipe Echs. **Realidade estendida na construção civil: método para capacitação de estudantes de engenharia civil no gerenciamento de perdas não-físicas no canteiro de obras**. 2024. 230 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2024. Disponível em: <https://repositorio.uel.br/items/ed8488ad-1e0e-454b-a433-bed8dbbbbf4b>. Acesso em: 11 set. 2025.

LYNCH, Patrick. **SketchUp Viewer permite manipular modelos 3D sob a forma de**

**hologramas no mundo real.** Traduzido por Romullo Baratto. [S. l.]: AchDaily. Notícias de Arquitetura. 22 nov. 2016. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/799822/sketchup-viewer-permite-manipular-modelos-3d-sob-a-forma-de-hologramas-no-mundo-real>. Acesso em: 11 ago. 2025.

MANCIA, Letícia Beraldi. **Relações de aprendizagem em ambiente virtual imersivo para a formação de operadores no setor elétrico.** 2019. 150 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Sociedade) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

MARINHO JUNIOR, Josué Luiz; MARTINS, Priscila Bernardo. Formação didático-pedagógica do professor de engenharia no Brasil: uma revisão de literatura. **Revista de Ensino de Engenharia**, [s. l.], v. 41, p. 397-406, 2022. Disponível em: <https://revista.abenge.org.br/index.php/abenge/article/view/1801>. Acesso em: 29 out. 2025.

MARQUES, Walter Rodrigues. Metaverso e educação: uma revisão da literatura. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, [s. l.], v. 3, n. 10, p. e3102064, 2022. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/2064>. Acesso em: 11 set. 2025.

MARTÍN RAMALLAL, Pablo Martín; SABATER-WASALDUA, Jesús; RUIZ-MONDAZA, Mercedes. Metaversos y mundos virtuales, una alternativa a la transferencia del conocimiento: el caso Offf-2020. **Fonseca, Journal of Communication**, [s. l.], n. 24, p. 87-107, 2022. Disponível em: <https://revistas.usal.es/cuatro/index.php/2172-9077/article/view/28287>. Acesso em: 18 ago. 2025.

MARTINS, Kerley. **Teorias de aprendizagem e avaliação de software educativo.** 2002. 39 f. Monografia (Especialização em Informática Educativa) — Faculdade de Educação, Universidade Federal do Ceará, 2002. Disponível em: [https://blogs.multimeios.ufc.br/wp-content/blogs.dir/33/files/2020/10/Monografia\\_kerley.pdf](https://blogs.multimeios.ufc.br/wp-content/blogs.dir/33/files/2020/10/Monografia_kerley.pdf). acesso em: 2 out. 2025.

McGEE, Mark. Human spatial abilities: psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. **Psychological Bulletin**, [s. l.], v. 86, n. 5, p. 899-918, 1979. Disponível em: <https://psycnet.apa.org/record/1979-32746-001>. Acesso em: 13 ago. 2025.

MEDEIROS, R. K. S. *et al.* Modelo de validação de conteúdo de Pasquali nas pesquisas em enfermagem. **Revista de Enfermagem Referência**, [s. l.], v. 4, n. 4, p. 127-35, 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3882/388239974007.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2025.

MILGRAM, Paul *et al.* Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. In: PROCEEDINGS OF SPIE - THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING, 2351., 1994. **Anais [...]**. Boston, MA, Estados Unidos: Photonics for Industrial Applications, 1994. p. 282-292. Disponível em: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/2351/1/Augmented-reality-a-class-of-displays-on-the-reality/10.1117/12.197321.short>. Acesso em: 30 out. 2025.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento:** pesquisa qualitativa em saúde. 14 ed. São Paulo: Hucitec, 2014.

MONTENEGRO, Maria Thereza Fraga. **Habilidade visuo-espacial:** conceitos, avaliação e

aplicações. Campina Grande: Editora Universitária da UFPB, 2003.

MOORE, Kevin; JONES, Carol; FRAZIER, Robert Scott. Engineering education for generation z. **American Journal of Engineering Education**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 111-126. 2017. Disponível em: <https://psycnet.apa.org/record/1979-32746-001>. Acesso em: 11 set. 2025.

MORAN, José Manuel. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: BACICH, Lilian; MORAN, José Manuel (org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018. p. 2–25.

MORGADO, Leonel. Ambientes de aprendizagem imersivos. **Video Journal of Social and Human Research**, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 102–116, 2022. Disponível em: <https://vjshr.uabpt.uema.br/index.php/ojs/article/view/19>. Acesso em: 29 out. 2025.

MUJICA-SEQUERA, Ruth. El metaverso como un escenario transcomplejo de la tecnoeducación. **Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 20-28. Disponível em: <https://ojs.docentes20.com/index.php/revista-docentes20/article/view/268/735>. Acesso em: 18 ago. 2025.

MUNHOZ, Vinicius. **Veja 11 games perfeitos para jogar com o Cardboard, o óculos VR acessível**. [S. l.]: TechMundo. Produto. 11 dez. 2015. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/google-cardboard/91702-veja-11-games-perfeitos-jogar-cardboard-o-oculos-vr-acessivel.htm>. Acesso em: 11 ago. 2025.

MYSTAKIDIS, Stylianos; LYMPOURIDIS, Vangelis. Immersive learning. **Encyclopedia**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 396–405, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673-8392/3/2/26>. Acesso em: 18 ago. 2025.

OLIVA, Alberto. Da atitude crítica à sociedade aberta. In: PEREIRA, Julio Cesar R. (org.). **Popper: as aventuras da racionalidade**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1995. p. 69-116.

OLIVEIRA, Noé. **Uma proposta de avaliação de softwares educacionais**. 2001. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/81485>. Acesso em: 19 ago. 2025.

OLIVINDO, Adson Cassio Cardoso *et al.* O uso do celular em sala de aula: uma perspectiva de letramento digital. **Lingu@ Nostr@**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 72–88, 2020. Disponível em: <https://abciber.org.br/simposios/index.php/abciber/abciber14/paper/download/1713/823>. Acesso em: 18 ago. 2025.

PALINCSAR, Annemarie Sullivan. Social constructivist perspectives on teaching and learning. **Annual Review of Psychology**, [s. l.], v. 49, p. 345–375, 1998. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev.psych.49.1.345>. Acesso em: 30 out. 2025.

PARASURAMAN, A. **Marketing research**. 2. ed. Boston: Addison Wesley Publishing Company, 1991.

PELUSO, Luis Alberto. **A filosofia de Karl Popper: epistemologia e racionalismo crítico**. Campinas: Papirus, 1995.

PEREIRA, Anderson Luís. **Realidade aumentada e o ensino de cálculo: possibilidades para a constituição do conhecimento**. 2022. 225 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/48612c24-d95c-4af8-a791-135a9c9bff03/content>. Acesso em: 4 out. 2025.

PERNISA JÚNIOR, Carlos. Metaverso: para além de uma “segunda vida”. In: SIMPÓSIO NACIONAL DA ABCIBER – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PESQUISADORES EM CIBERCULTURA, 14., 2021, [s. l.]. **Anais [...]**. [s. l.], 2021. Disponível em: <https://abciber.org.br/simposios/index.php/abciber/abciber14/paper/download/1713/823>. Acesso em: 28 abr. 2025.

PINTO, Rafael Bartalotti. Figura 12 - "marcador 2D" um exemplo de um marcador 2D. In: PINTO, Rafael Bartalotti. **Realidade aumentada e suas aplicações: com foco na educação**. Monografia (Graduação em Análise e Desenvolvimento de Sistemas) – Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-12-Marcador-2D-um-exemplo-de-um-marcador-2D\\_fig9\\_308657938](https://www.researchgate.net/figure/Figura-12-Marcador-2D-um-exemplo-de-um-marcador-2D_fig9_308657938). Acesso em: 11 ago. 2025.

POLIT, Denise F.; BECK, Cheryl Tatano. The content validity index: are you sure you know what's being reported? Critique and recommendations. **Research in Nursing & Health**, [s. l.], v. 29, n. 5, p. 489-497, 2006.

POPPER, Karl R. **A lógica da investigação científica**. 6. ed. São Paulo: Cultrix, 1982.

PROENÇA, Adriana Porto. **MAAVA3D: modelo de affordance para educação mediada por ambientes virtuais tridimensionais**. 2018. 186 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

QUEIROZ, Anna Carolina; TORI, Romero; NASCIMENTO, Alexandre. Realidade virtual na educação: panorama dos grupos de pesquisa no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, VI., 2017, Fortaleza-CE. **Anais [...]**. Fortaleza-CE: UFPE, 2017. p. 203-212. Disponível em: <https://br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/7549>. Acesso em: 14 jun. 2025.

REDE ESCOLA DIGITAL. **Software Modellus**. [S. l.]: Escola web, [2025?]. Disponível em: <https://escolaweb.educacao.al.gov.br/odas/software-moellus>. Acesso em: 11 ago. 2025.

REIS, Vasco; SANTOS, João Baptista; DUARTE, Joana. Immersive tools in engineering education – a systematic review. **Applied Sciences**, [s. l.], v. 15, n. 11, p. 6339, 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/15/11/6339>. Acesso em: 16 ago. 2025.

RESENDE, Bruno; SANTOS, Márcio Gabriel dos. Virtualização e educação: desafios além da realidade. **Revista Educacional Interdisciplinar**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 12-18 novembro, 2019. Disponível em:

<https://seer.faccat.br/index.php/redin/article/view/1420>. Acesso em: 15 jun. 2025.

RODRIGUES JÚNIOR, Aduari Silveira *et al.* A potentially significant material for the teaching of civil engineering using 3D printer and augmented reality: an experience with students of high school and higher education. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 10855–10868, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/7447/6490>. Acesso em: 12 set. 2025.

ROHDE, Treana Eileen; THOMPSON, Lee Anne. Predicting academic achievement with cognitive ability. **Intelligence**, [s. l.], v. 35, n. 1, p. 83-92, 2007. Disponível em: <https://psycnet.apa.org/record/2006-23573-008>. Acesso em: 14 ago. 2025.

ROSENBERG, Marc J. **E-Learning strategies for delivering knowledge in the digital age**. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2001.

SANTOS, Carlos Leandro Rodrigues dos; RESENDE, Gisele Silva Lira de; LUZ, Gisele Rodrigues dos Santos. Metodologias ativas: uma análise sobre seu uso e sobre a superação de desafios no ensino superior. **Scientific Electronic Archives**, [s. l.], v. 14, n. 8, 2021. Disponível em: <https://scientificelectronicearchives.org/index.php/SEA/article/view/1390>. Acesso em: 29 out. 2025.

SANTOS, Ricardo Silva *et al.* Realidade aumentada no processo de ensino-aprendizagem da topografia em projeto de engenharia civil. In: CONGRESSO SOBRE TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO (Ctrl+E 2018), 3., 2018, Fortaleza-CE. **Anais [...]**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2018. p. 582.-589. Disponível em: [https://ceur-ws.org/Vol-2185/CtrlE\\_2018\\_paper\\_78.pdf](https://ceur-ws.org/Vol-2185/CtrlE_2018_paper_78.pdf). Acesso em: 14 ago. 2025.

SCHLEMMER, Eliane; BACKES, Luciana. Metaversos: novos espaços para construção do conhecimento. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 8, n. 24, p. 519-532, 2008. Disponível em: [http://educa.fcc.org.br/scielo.php?pid=S1981-416x2008000200015&script=sci\\_abstract](http://educa.fcc.org.br/scielo.php?pid=S1981-416x2008000200015&script=sci_abstract). Acesso em: 14 ago. 2025.

SEABRA, Rodrigo Duarte. **Uma ferramenta em realidade virtual para o desenvolvimento da habilidade de visualização espacial**. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-22042010-154613/pt-br.php>. Acesso em: 15 jun. 2025.

SEBATA, Claudio Ernesto. **Aprendendo a imaginar moléculas**: uma proposta de ensino de geometria molecular. 2006. 165 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências) - Universidade de Brasília, Brasília, 2006. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/6442>. Acesso em: 14 set. 2025.

SELAU, Luiza Grazziotin; BOCCHESI, Pedro; SCHWETZ, Paulete Fridman. Metaverso: contribuições no ensino superior de design e engenharia. In: PEREIRA, Waldir Fernandes; RIBEIRO, Felipe Vitorio (org.). **Educação e metaverso**: relatos de experiências pedagógicas. Guarujá-SP: Científica Digital, 2023. v. 1. p. 102-111. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/230212159.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2025.

SILVA, Alexandre. **Uma solução para integração de sistemas de realidade virtual e tradicionais de operação de subestações de energia elétrica**. 2020. 97 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/31380>. Acesso em: 15 jun. 2025.

SILVA, Eduardo Jorge Lira Antunes da. **Sistema de monitoramento de docas com recursos da Indústria 4.0: estudo de caso com uma interface em realidade aumentada e IoT em uma fábrica de televisores**. 2022. 103 f. Dissertação (Mestrado em Design) — Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2022. Disponível em: [https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/9116/12/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_EduardoSilva\\_PPGD.pdf](https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/9116/12/Disserta%C3%A7%C3%A3o_EduardoSilva_PPGD.pdf). Acesso em: 4 out. 2025.

SILVA, Jonathan Felipe da. **Tecnologias imersivas no ensino de projeto arquitetônico: desenvolvimento e validação do conceito var-learning**. 2025. 222 f. Tese (Doutorado em Ensino) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza-CE, 2025.

SILVA, Jonathan Felipe da *et al.* O ensino da disciplina de projeto arquitetônico auxiliado pela realidade aumentada. **Revista Educar Mais**, [s. l.], v. 4, n. 3, p. 756-772, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/educarmais/article/view/2014>. Acesso em: 14 set. 2025.

SILVA, Jonathan Felipe da *et al.* A integração da realidade aumentada como ferramenta educacional na formação em engenharia mecânica. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 53-72, 2025. Disponível em: <https://san.uri.br/revistas/index.php/encitec/article/view/1222>. Acesso em: 14 set 2025.

SILVA, Jonathan Felipe da *et al.* Ensino-aprendizado de ciências sociais aplicadas e engenharias IV integrado à realidade virtual e aumentada. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia-GO, v. 18, n. 37, p. 610, 2021. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2021C/ensino.pdf>. Acesso em: 14 set. 2025.

SILVA, Jonathan Felipe da; JUCÁ, Sandro César Silveira; SILVA, Solonildo Almeida da. Tecnologias imersivas para o ensino de engenharia: uma abordagem aplicada ao ensino superior. **Revista Educar Mais**, [s. l.], v. 9, p. 1–14, 2025. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/educarmais/article/view/4178>. Acesso em: 14 ago. 2025.

SILVA, Jonathan Felipe da; JUCÁ, Sandro César Silveira; SILVA, Solonildo Almeida da. A utilização da realidade aumentada como ferramenta tecnológica no processo de ensino da engenharia mecânica. **Conexões – Ciência e Tecnologia**, Fortaleza, v. 17, p. e022019, 2023. Disponível em: <https://conexoes.ifce.edu.br/index.php/conexoes/article/view/3473>. Acesso em: 14 set. 2025.

SILVA, Mateus Oliveira da; HOFFMANN, Douglas Gustavo. **Realidade aumentada móvel no desenvolvimento de uma aplicação baseada em marcadores para auxílio do ensino da engenharia**. [S. l.]: Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), 2021.

SILVA, Sandra Cristina da. **Qualidade e equidade da infraestrutura escolar e da conectividade digital na educação básica brasileira**. 2025. 113 f. Dissertação (Mestrado

Profissional em Educação) — Universidade de Brasília, Brasília, 2025.

SILVA, Wanderson. **Construct 2** – uma ferramenta ideal para quem deseja se iniciar no desenvolvimento de jogos. Techenet, 14 jun. 2006. Disponível em: <https://www.techenet.com/2013/06/construct-2-uma-ferramenta-ideal-para-quem-deseja-se-iniciar-no-desenvolvimento-de-jogos/>. Acesso em: 17 set. 2025.

SORBY, S. A. *et al.* Developing 3-D spatial visualization skills for engineering students. In: AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING EDUCATION ANNUAL CONFERENCE & EXPOSITION, 2005, Portland, Oregon. **Anais [...]**. Portland, Oregon: American Society for Engineering Education, 2005. Disponível em: <https://peer.asee.org/developing-3-d-spatial-visualization-skills-for-non-engineering-students>. Acesso em: 13 set. 2025.

SORBY, Sheryl.; DRUMMER, Thomas David; MOLZON, Raymond. Experiences in using spatial skills testing instruments with younger audiences. **Journal for Geometry and Graphics**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 227-235, 2006. Disponível em: <https://heldermann-verlag.de/jgg/jgg10/j10h2sorb.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2025.

SOUZA, Cristiane Belarmino de. **A afetividade na visão de docentes da educação infantil**. 2013. 84 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Educação: Métodos e Técnicas de Ensino) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.

SOUZA, Eduardo. **9 tecnologias de realidade aumentada para construção**. [S. l.]: AchDaily. Artigos. 5 abr. 2019. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/914441/8-tecnologias-de-realidade-aumentada-para-construcao>. Acesso em: 11 ago. 2025.

SOUZA, Lana Priscila *et al.* Utilização do Itreal, um ambiente de introdução à realidade aumentada no ensino de química. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 63., 2024, Salvador-BA. **Anais [...]**. Salvador-BA: CBQ, 2024. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/387645285\\_UTILIZACAO\\_DO\\_ITREAL\\_UM\\_AMBIENTE\\_DE\\_INTRODUCAO\\_A\\_REALIDADE\\_AUMENTADA\\_NO\\_ENSINO\\_DE\\_QUIMICA](https://www.researchgate.net/publication/387645285_UTILIZACAO_DO_ITREAL_UM_AMBIENTE_DE_INTRODUCAO_A_REALIDADE_AUMENTADA_NO_ENSINO_DE_QUIMICA). Acesso em: 13 set. 2025.

SOUZA, Lana Priscila, JUCÁ, Sandro César Silveira. Inserção de realidade aumentada no ensino de matemática: uma revisão sistemática de literatura. **Revista Contexto & Educação**, [s. l.], v. 39, n. 121, p. e14831, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.21527/2179-1309.2024.121.14831>. Acesso em: 14 set. 2025.

SOUZA, Lana Priscila; JUCÁ, Sandro César Silveira; SILVA NETA, Maria de Lourdes da. Aplicações de realidade aumentada na educação profissional e tecnológica utilizando navegadores WEB. **Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica**, [s. l.], v. 1, n. 25, p. e15803, 2025. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/RBEPT/article/view/15803>. Acesso em: 15 set. 2025.

SUTHERLAND E O PROJETO SKETCHPAD, no MIT (1963). 1 Fotografia. 247 x 204 pixels. Disponível em: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTiTozXqTbqDmO9ENP1zvXiFa6l6wflDvjcx4igbltjo69lmd>. Acesso em: 11 ago. 2025.

TAVARES, Jéssika Lima. **Modelos, técnicas e instrumentos de análise de softwares**

**educacionais**. 2017. 97 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Pedagogia) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Educação, João Pessoa, 2017.

TEIXEIRA, Adriano; BRANDÃO, Edemilson. Software educacional: difícil começo. **Revista Novas Tecnologias na Educação – RENOTE**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 1-7, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.13629>. Acesso em: 15 jun. 2025.

TEIXEIRA, Guilherme Augusto de Matheucci e Silva *et al.* Aplicação de experiências de gamificação em turmas de ensino superior em engenharia. **#Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, [s. l.], v. 13, n. 1, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/tear/article/view/7048>. Acesso em: 14 ago 2025.

TEIXEIRA, Ricardo Luiz Perez; SILVA, Priscilla Chantal Duarte; BRITO, Max Leandro de Araújo. Gamificação para o ensino de engenharia no contexto da indústria 4.0: metodologia estratégica para a motivação dos estudantes. **Revista de Casos e Consultoria**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. e23964, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/casoseconsultoria/article/view/23964>. Acesso em: 14 ago. 2025.

TORI, Romero; HOUNSELL, Marcelo da Silva (org.). **Introdução à realidade virtual e aumentada**. 3. ed. Porto Alegre: SBC, 2018. Disponível em: <https://books-sol.sbc.org.br/index.php/sbc/catalog/book/66>. Acesso em: 11 ago. 2025.

TORI, Romero; HOUNSELL, Marcelo da Silva; KIRNER, Claudio. Realidade virtual; *In*: TORI, Romero; HOUNSELL, Marcelo da Silva (org.). **Introdução à realidade virtual e aumentada**. 3. ed. Porto Alegre: Editora SBC, 2020. p. 11-29.

TORI, Romero; KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson Augusto (ed.). **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**. Editora SBC, 2006.

TRIVINOS, Augusto Nivaldo Silva. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

UNITY. **Criar**. [S. l.]: Unity Technologies, c2025. Disponível em: <https://unity.com/pt>. Acesso em: 11 ago. 2025.

UNITY. **Art & Design solutions**. Ferramentas criativas para artistas e designers. [S. l.]: Unity Technologies, c2025. Ferramentas criativas para artistas e designers. Disponível em: <https://unity.com/pt/solutions/artist-designers>. Acesso em: 29 set. 2025.

UNREAL ENGINE. **Unreal engine**. Nós criamos a engine. Você a torna unreal. [S. l.]: Epic Games, c2025. Disponível em: <https://www.unrealengine.com/pt-BR>. Acesso em: 11 ago. 2025.

VALENCIA, Maylee Lisbeth Ordoñez *et al.* Análisis de herramientas del metaverso y su impacto en contextos educativos. **Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 610-630, 2022. Disponível em: <https://journals.sapienzaeditorial.com/index.php/SIJIS/article/download/366/237>. Acesso em: 15 jun. 2025.

VALENTE, José Armando. Tecnologias e educação a distância no ensino superior: uso de metodologias ativas na graduação. **Trabalho & Educação**, Belo Horizonte, v. 28, n. 1, p. 97–113, 2019.

VASCONCELLOS, Isadora Lopes Barbosa. **Gamificação como estratégia pedagógica: desenvolvimento e experimentação do ambiente virtual de aprendizagem gamificado AGILE**. 2019. 163 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino e suas Tecnologias) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2019. Disponível em: [https://portal1.iff.edu.br/o-iffuminense/pesquisa/pos-graduacao-stricto-sensu/mestrado-profissional-em-ensino-e-suas-tecnologias/producao-academica/copy\\_of\\_dissertacoes/gamificacao-como-estrategia-pedagogica-desenvolvimento-e-experimentacao-do-ambiente-virtual-de-aprendizagem-gamificado-agile](https://portal1.iff.edu.br/o-iffuminense/pesquisa/pos-graduacao-stricto-sensu/mestrado-profissional-em-ensino-e-suas-tecnologias/producao-academica/copy_of_dissertacoes/gamificacao-como-estrategia-pedagogica-desenvolvimento-e-experimentacao-do-ambiente-virtual-de-aprendizagem-gamificado-agile). Acesso em: 29 out. 2025.

VRUM SERGIPE. **Vrum Sergipe**. [S. l.]: Thinkbox, c2020. Disponível em: <https://se.jogovrum.com.br/>. Acesso em: 11 ago. 2025.

WALLON, Henri Paul Hyacinthe. Les milieux, les groupes et la psychogenèse de L'enfant. **Enfance**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 287-296, 1959.

WENGER, Etienne. **Communities of practice: learning, meaning, and identity**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.

YU, L.; ONG, Soh-Khim; NEE, Andrew YC. A tracking solution for mobile augmented reality based on sensor-aided marker-less tracking and panoramic mapping. **Multimedia Tools and Applications**, [s. l.], v. 75, n. 6, p. 3199-3220, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11042-014-2430-3#citeas>. Acesso em: 30 out. 2025.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa - como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

Os apêndices apresentados a seguir complementam e subsidiam a compreensão do desenvolvimento da pesquisa, reunindo documentos, materiais e instrumentos elaborados pelo autor ao longo do estudo. Neles estão incluídas as publicações realizadas durante o período de doutorado, sequências didáticas aplicadas, os questionários utilizados para coleta e validação de dados, os roteiros de atividades e demais registros que sustentam a análise e os resultados apresentados nos capítulos anteriores.

### **APÊNDICE A - PRODUÇÕES ACADÊMICAS SUBMETIDAS E PUBLICADAS NO CURSO DO DOUTORADO**

Seguem, no Quadro 13, as publicações do autor, entre artigos, livros, capítulos de livro, anais de congressos, entre outros, no período de curso do doutorado (2022-2025):

Quadro 1 - Produções submetidas / aprovadas pelo autor.

| Tipo                 | Sítio                                                                                                                                                                               | <i>QR Code</i>                                                                        |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Publicações do autor | <a href="https://drive.google.com/file/d/1sJWb4FXIrrNDGsCkN2LXGFXUx7B9Ucs9/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1sJWb4FXIrrNDGsCkN2LXGFXUx7B9Ucs9/view?usp=sharing</a> |  |

Fonte: Autor (2025).

## APÊNDICE B - QUADRO RESUMO DAS PUBLICAÇÕES SELECIONADAS SOBRE RA E RV APLICADAS NO ENSINO DE ENGENHARIAS

Segue, por meio de um *link* abaixo, no quadro 2, a análise de algumas das principais produções entre os anos de 2016 a 2025 nos bancos de dados Google Acadêmico, ASCE Library, Scopus, Engineering Village e Catálogo de Teses & Dissertações - CAPES, aplicando descritores como “Realidade Aumentada”, “Realidade Virtual”, “Realidade Aumentada e Virtual no Ensino de Engenharias”, “*Augmented Reality*”, “*Virtual Reality*”, “*Augmented and Virtual Reality in Engineering Education*”. Além disso, aplicou-se o critério de exclusão definido como “trabalhos que não possuem aplicações de metodologias de RA ou RV no ensino de engenharia de forma direta ou não possuem revisões de literatura sobre os resultados destas aplicações”:

Quadro 2 - *QR Code* da tabela de análise de produções.

| Sítio                                                                                                                                                                               | QR Code                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <a href="https://drive.google.com/file/d/1IRJqnSE0wPW44lvy7NR4-70dyYWvyPa0/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1IRJqnSE0wPW44lvy7NR4-70dyYWvyPa0/view?usp=sharing</a> |  |

Fonte: Autor (2025).

### APÊNDICE C - PROGRAMAS DE UNIDADES DIDÁTICAS (PUDS)

A seguir, no quadro 3, apresentam-se os Programas das Unidades Didáticas das Disciplinas abordadas nesta pesquisa, que representam documentos que detalham um conjunto de objetivos, metodologias, conteúdos, estratégias de avaliação e um cronograma para o ensino de um tema específico dentro de uma disciplina, organizando o processo de ensino-aprendizagem de forma coerente e significativa para o aluno.

Quadro 3 - Acesso aos PUDs dos cursos participantes da pesquisa.

| <b>Curso</b>                                | <b>Disciplina</b>                      | <b>Campus</b> | <b>PUD</b>                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------|----------------------------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bacharelado em Engenharia Civil             | Desenho Técnico II                     | Fortaleza     | <a href="https://drive.google.com/file/d/1GgBarJaEAqUjwy7cIpfy_bI8U63ZUYh/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1GgBarJaEAqUjwy7cIpfy_bI8U63ZUYh/view?usp=sharing</a>   |
| Bacharelado em Engenharia Civil             | Projeto Arquitetônico II               | Morada Nova   | <a href="https://drive.google.com/file/d/1EnMa_L-T8R7BWSg1JfKN4eGeSJejo96J/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1EnMa_L-T8R7BWSg1JfKN4eGeSJejo96J/view?usp=sharing</a> |
| Bacharelado em Engenharia de Produção Civil | Desenho Assistido por Computador (DAC) | Quixadá       | <a href="https://drive.google.com/file/d/1EShcTM3hjNJqrF7eZb4s9uWiH0cV9S2f/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1EShcTM3hjNJqrF7eZb4s9uWiH0cV9S2f/view?usp=sharing</a> |

Fonte: o Autor (2025).

## APÊNDICE D - TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE PROJETO ARQUITETÔNICO

Para que fosse viável a utilização de forma educacional dos projetos arquitetônicos nesta pesquisa, visto que estes pertencem a uma empresa e que possui a edificação construída, foi solicitado que o autor do projeto autorizasse a utilização destes, através do termo do quadro 4:

Quadro 4 - *QR Code* do termo de autorização de uso de projeto.

| Sítio                                                                                                                                                                               | <i>QR Code</i>                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <a href="https://drive.google.com/file/d/1gWmiQHXBXGAzgSOY40pHeflL0JL6V225/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1gWmiQHXBXGAzgSOY40pHeflL0JL6V225/view?usp=sharing</a> |  |

Fonte: o Autor (2025).

## APÊNDICE E - TERMOS DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Neste Apêndice serão indicados os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Representa um documento de caráter ético e legal que assegura a voluntariedade e a autonomia dos participantes em pesquisas envolvendo seres humanos. Seu objetivo é garantir que o indivíduo compreenda plenamente os propósitos, procedimentos, riscos e benefícios da investigação, bem como seus direitos à confidencialidade, ao anonimato e à desistência a qualquer momento, sem prejuízo pessoal.

O TCLE constitui, ainda, requisito fundamental estabelecido pelas normas éticas nacionais, como as diretrizes da Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde, que regulamenta as pesquisas em Ciências Humanas e Sociais, e reflete o compromisso do pesquisador com a transparência, o respeito à dignidade humana e a integridade científica do estudo. No quadro 5 apresenta o acesso a estes documentos utilizados na pesquisa:

Quadro 5 - TCLEs obtidos na pesquisa.

| TCLE      | Sítio                                                                                                                                                                               | QR Code                                                                               |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Docentes  | <a href="https://drive.google.com/file/d/1MW66lsE_ZV1IWszNZfLkbf-ybEkMq8hV/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1MW66lsE_ZV1IWszNZfLkbf-ybEkMq8hV/view?usp=sharing</a> |  |
| Discentes | <a href="https://drive.google.com/file/d/19Q8FBby7ETL7OA9pFfwigFX5ErCLvDsn/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/19Q8FBby7ETL7OA9pFfwigFX5ErCLvDsn/view?usp=sharing</a> |  |

Fonte: o Autor (2025).

## APÊNDICE F - SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS *AR-DESIGN* E *VR-DESIGN* / TUTORIAL DE UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS EDUCACIONAIS

O presente apêndice apresenta as sequências didáticas desenvolvidas nesta pesquisa (*AR-Design* e *VR-Design*) (quadro 6). Além disso, apresenta o tutorial de utilização das ferramentas educacionais empregadas nas sequências didáticas elaboradas no contexto desta pesquisa. O material tem como objetivo orientar docentes e discentes quanto ao uso dos recursos tecnológicos integrados ao processo de ensino-aprendizagem, em especial no que se refere à aplicação das tecnologias de realidade aumentada, virtual e mista.

Quadro 6 - Sequências didáticas desenvolvidas na pesquisa.

| Sequência Didática | Sítio                                                                                                                                                                               | QR Code                                                                               |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>AR-Design</i>   | <a href="https://drive.google.com/file/d/1W3s0WB1Fp2mezio5L82uITILGjAVp9_r/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1W3s0WB1Fp2mezio5L82uITILGjAVp9_r/view?usp=sharing</a> |   |
| <i>VR-Design</i>   | <a href="https://drive.google.com/file/d/1D-ujBB_r674Lh4DU7hp4PfaWolRNvryt/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1D-ujBB_r674Lh4DU7hp4PfaWolRNvryt/view?usp=sharing</a> |  |

Fonte: o Autor (2025).

O tutorial, por sua vez, detalha os procedimentos necessários para a configuração dos *softwares* e dispositivos utilizados, oferecendo instruções passo a passo que possibilitam a reprodução das atividades desenvolvidas. Dessa forma, este apêndice busca assegurar a reprodutibilidade e a acessibilidade metodológica do estudo, favorecendo a adoção do modelo *VAR-Learning* em diferentes contextos educacionais de engenharia. O quadro 7 apresenta o documento:

Quadro 7 - Tutorial baseado em *VAR-Learning*.

| Sítio                                                                                                                                                                               | QR Code                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <a href="https://drive.google.com/file/d/1g1g1DrhS1m55BmUnSUt5kOPZ8YhhTWJ8/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1g1g1DrhS1m55BmUnSUt5kOPZ8YhhTWJ8/view?usp=sharing</a> |  |

Fonte: o Autor (2025).

## APÊNDICE G - QUESTIONÁRIOS UTILIZADOS NA PESQUISA

Nesta seção, no quadro 8, serão apresentados os sítios dos modelos dos questionários aplicados aos participantes da pesquisa e, em seguida, serão indicados os documentos de respostas.

Quadro 8 - Questionários utilizados na pesquisa.

| Questionário                    | Modelo                                                                                                                                                                              | Respostas                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Diagnóstico Docentes            | <a href="https://drive.google.com/file/d/17kMf3tXtOThqT_aw5kS7yY25juLF-fAH/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/17kMf3tXtOThqT_aw5kS7yY25juLF-fAH/view?usp=sharing</a> | <a href="https://drive.google.com/file/d/12gxw4aXO43GeGv1ZRyheI5FBeJqBFNYO/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/12gxw4aXO43GeGv1ZRyheI5FBeJqBFNYO/view?usp=sharing</a> |
| Diagnóstico Discentes           | <a href="https://drive.google.com/file/d/1xxcTenb26RUNMw6OLPJwmLpCh88KZC5m/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1xxcTenb26RUNMw6OLPJwmLpCh88KZC5m/view?usp=sharing</a> | <a href="https://drive.google.com/file/d/1CiR0fTIOV-uUX66ljBx2r2qqd2FU5KDk/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1CiR0fTIOV-uUX66ljBx2r2qqd2FU5KDk/view?usp=sharing</a> |
| Final Discentes                 | <a href="https://drive.google.com/file/d/1QFzjodG4DvBOIGRB3f8QUJMCKMO1pm8-/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1QFzjodG4DvBOIGRB3f8QUJMCKMO1pm8-/view?usp=sharing</a> | <a href="https://drive.google.com/file/d/12TSIfXshAxieYhMVEIzo7OWwC94yseyK/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/12TSIfXshAxieYhMVEIzo7OWwC94yseyK/view?usp=sharing</a> |
| Validação de Sequência Didática | <a href="https://drive.google.com/file/d/1ON8P91Kca4O3U00tpRdMmT95z6f3yUDn/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1ON8P91Kca4O3U00tpRdMmT95z6f3yUDn/view?usp=sharing</a> | <a href="https://drive.google.com/file/d/1-ixRIrvejoEtKw-F9cKVAVM6TZYBPSyc/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1-ixRIrvejoEtKw-F9cKVAVM6TZYBPSyc/view?usp=sharing</a> |

Fonte: o Autor (2025).

## APÊNDICE H - PROJETOS UTILIZADOS NA PESQUISA

Os projetos arquitetônicos utilizados na aplicação da pesquisa, em formato .dwg (para o *software* Autodesk® Autocad ou similar versão educacional) e .SKP (para o *software* Trimble® SketchUp versão educacional), estão indicados a seguir, no quadro 9:

Quadro 9 - *QR code* dos projetos arquitetônicos utilizados na pesquisa.

| Sítio                                                                                                                                                                                         | <i>QR Code</i>                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <a href="https://drive.google.com/drive/folders/1vFmT7U9UGNuLHNvgpqOu0yVjI_DDv0GR?usp=drive_link">https://drive.google.com/drive/folders/1vFmT7U9UGNuLHNvgpqOu0yVjI_DDv0GR?usp=drive_link</a> |  |

Fonte: o Autor (2025).

## APÊNDICE I - REGISTROS FOTOGRÁFICOS DA APLICAÇÃO DA PESQUISA

O presente apêndice reúne os registros fotográficos referentes à aplicação prática da pesquisa, documentando as etapas de desenvolvimento e implementação das sequências didáticas junto aos participantes. As imagens apresentadas têm finalidade exclusivamente científica e ilustram os momentos de interação dos alunos com as tecnologias imersivas, os ambientes de aprendizagem e os recursos utilizados durante as atividades.

Esses registros visuais, apresentados no quadro 10, complementam a descrição metodológica e os resultados discutidos nos capítulos anteriores, contribuindo para evidenciar o caráter experimental, participativo e propositivo do processo de ensino mediado pelo conceito *VAR-Learning*.

Quadro 10 - Registros fotográficos da aplicação da pesquisa.

| Sítio                                                                                                                                                                                 | QR Code                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <a href="https://drive.google.com/drive/folders/1FpaGIsFQx5GA1r-sajmsP7h-UMrkRIM?usp=sharing">https://drive.google.com/drive/folders/1FpaGIsFQx5GA1r-sajmsP7h-UMrkRIM?usp=sharing</a> |  |

Fonte: o Autor (2025).

## APÊNDICE J - QUADRO DE ANÁLISE DE DADOS QUANTITATIVOS

A seguir, no quadro 11, serão apresentados os quadros resultantes das análises quantitativas por meio de Análise Estatística Descritiva dos questionários aplicados na pesquisa:

Quadro 11 - Análises estatísticas descritivas dos resultados dos questionários.

| Questionário                                 | Análise Estatística Descritiva                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Questionário Diagnóstico Docentes            | <a href="https://drive.google.com/file/d/1hZ9NZOsjVLABRnsMiUXWf5WLtbfSEvOi/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1hZ9NZOsjVLABRnsMiUXWf5WLtbfSEvOi/view?usp=sharing</a> |
| Questionário Diagnóstico Discentes           | <a href="https://drive.google.com/file/d/1dmQTe68N3CK8mtLzBEAD73dq-41Iwlol/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1dmQTe68N3CK8mtLzBEAD73dq-41Iwlol/view?usp=sharing</a> |
| Questionário Final Discentes                 | <a href="https://drive.google.com/file/d/1Nsds8tq9VsC_i6uDntBWWXwNW027SrR1/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1Nsds8tq9VsC_i6uDntBWWXwNW027SrR1/view?usp=sharing</a> |
| Questionário Validação de Sequência Didática | <a href="https://drive.google.com/file/d/1VzNwYzxWotUWXf_zuWhuVkwXQFC6LDcR/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1VzNwYzxWotUWXf_zuWhuVkwXQFC6LDcR/view?usp=sharing</a> |

Fonte: o Autor (2025).

## APÊNDICE K - QUADRO DE ANÁLISE DE DADOS QUALITATIVOS

Este Apêndice apresenta, no quadro 12, a análise qualitativa, através de análise de conteúdo proposta por Bardin (2016), agrupando respostas em categorias temáticas.

Quadro 12 - Análise qualitativa dos resultados dos questionários.

| Questionário                                 | Análise Qualitativa                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Questionário diagnóstico docentes            | <a href="https://drive.google.com/file/d/1-ioVoezIYPi5Kjhi7aTo-3FBvA0czbXq/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1-ioVoezIYPi5Kjhi7aTo-3FBvA0czbXq/view?usp=sharing</a> |
| Questionário final discentes                 |                                                                                                                                                                                     |
| Questionário validação de sequência didática |                                                                                                                                                                                     |

Fonte: o Autor (2025).